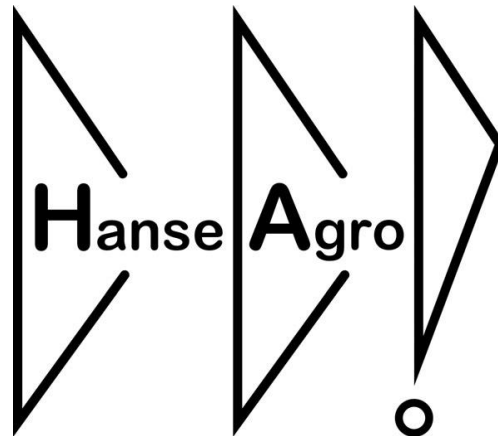


Versuchsbericht



Entwicklung von Strategien zur Vermeidung von Ausfallraps

gefördert durch die
Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft

Dr. Pia Heibach
Hanse Agrarforschung e.V.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Standortbeschreibung	1
1.2	Witterungsverlauf	2
1.2.1	Erntejahr 2016.....	2
1.2.2	Erntejahr 2017.....	3
1.2.3	Erntejahr 2018.....	4
2	Material und Methoden	4
2.1	Variantenlisten	4
2.1.1	Erntejahr 2016.....	4
2.1.2	Erntejahr 2017 und 2018.....	5
2.2	Bonituren.....	9
2.2.1	Pflanzenzählungen.....	9
2.2.2	Vegetationsbeginn	9
2.2.3	Beerntung	9
2.3	Verrechnung und Statistik	9
3	Ergebnisse: Strategien zum Umgang mit Ausfallraps im Nacherntemanagement .10	
3.1	Altrapsaufschlag in der Folgefrucht Winterweizen	10
3.1.1	Erntejahr 2016.....	10
3.1.2	Erntejahr 2017.....	12
3.1.3	Erntejahr 2018.....	14
3.2	Bestandesentwicklung der Folgefrucht Winterweizen.....	16
3.2.1	Erntejahr 2016.....	16
3.2.2	Erntejahr 2017.....	18
3.2.3	Erntejahr 2018.....	20
3.3	Ertrag und Qualität der Folgefrucht Winterweizen	21
3.4	Rapsrertrag und Qualität in der folgenden Rotation	23
4	Diskussion	25
4.1	Methodenkritik.....	25
4.2	Eignung der Bodenbearbeitungssysteme für die Ausfallrapskontrolle	25
4.3	Einfluss der Bodenbearbeitungssysteme auf die Folgefrucht Winterweizen	28
4.4	Rapsrertrag in der Folgerotation.....	28
5	Fazit	28
6	Literatur	30

1 Einleitung

In von der Hanse-Agro auf Praxisschlägen angelegten Großstreifenversuchen wurden ab 2015 Strategien zum Umgang mit Ausfallraps in engen Rapsfruchtfolgen untersucht. Langjähriger Anbau von Raps in einer engen Fruchtfolge bereitet Probleme, wenn aufgrund der lange andauernden Keimfähigkeit und der jahresabhängig divergierend ausgeprägten sekundären Dormanz ein Samenpool im Boden aufgebaut wird. Durchwuchsraps, der in den Folgejahren im Kulturraps aufläuft, verursacht unkontrollierbare Bestandesdichten, Hygieneprobleme (z. B. Kohlhernie), intraspezifische Konkurrenzwirkungen, vermindert die Überwinterungsleistung, erhöht die Lagergefahr und kann eine Ertrags- und Qualitätsminderung verursachen. Auch auf die direkte Folgekultur kann unzureichend dezimierter Ausfallraps schädigend wirken, ist jedoch durch chemischen Pflanzenschutz üblicherweise gut kontrollierbar. Besondere Relevanz erhält die Ausfallrapsproblematik bei Anbau Imidazolinon-toleranter Winterrapsorten, die eine partielle Kreuzresistenz gegenüber anderen Wirkstoffen aus der Gruppe der ALS-Hemmer aufweisen. Aus dieser Problemstellung heraus sollen Maßnahmen zum Umgang mit vorhandenen Ausfallrapsamen im Boden entwickelt werden, um die negativen Auswirkungen so gering wie möglich zu halten. Form, Zeitpunkt und Intensität der Bodenbearbeitung bestimmen, wie viele Samen aus der Samenbank vor der Aussaat der Folgefrucht zum Keimen angeregt werden und wie hoch im Gegensatz dazu der Anteil derer ist, die tief genug verschüttet werden, um in Keimruhe zu gehen und ein erhöhtes Samenpotenzial aufzubauen. Die Notwendigkeit einer möglichst flachen, wenig mischenden Bodenbearbeitung nach Raps ist hinlänglich bekannt. Dabei ist das Ziel, entweder einen möglichst hohen Anteil des Ausfallrapses zum Keimen zu bringen oder durch fehlende Feuchtigkeit die Mortalitätsrate der ausgefallenen Körner zu erhöhen.

1.1 Standortbeschreibung

Die Standorte befinden sich auf der wagrischen Halbinsel im Naturraum Östliches Hügelland in Schleswig-Holstein (s. Abbildung 1). Durch die unsortierte Ablagerung des hier anzutreffenden Geschiebematerials während der Weichsel-Eiszeit ist das Gelände oftmals durch einen kleinräumigen Wechsel von Kuppen und Senken sowie der Bodenart (im Bereich der Lehme und Sandlehme/Lehmsande) charakterisiert. Die Bodengüte ist mit 50-70 Bodenpunkten als gut zu bewerten.

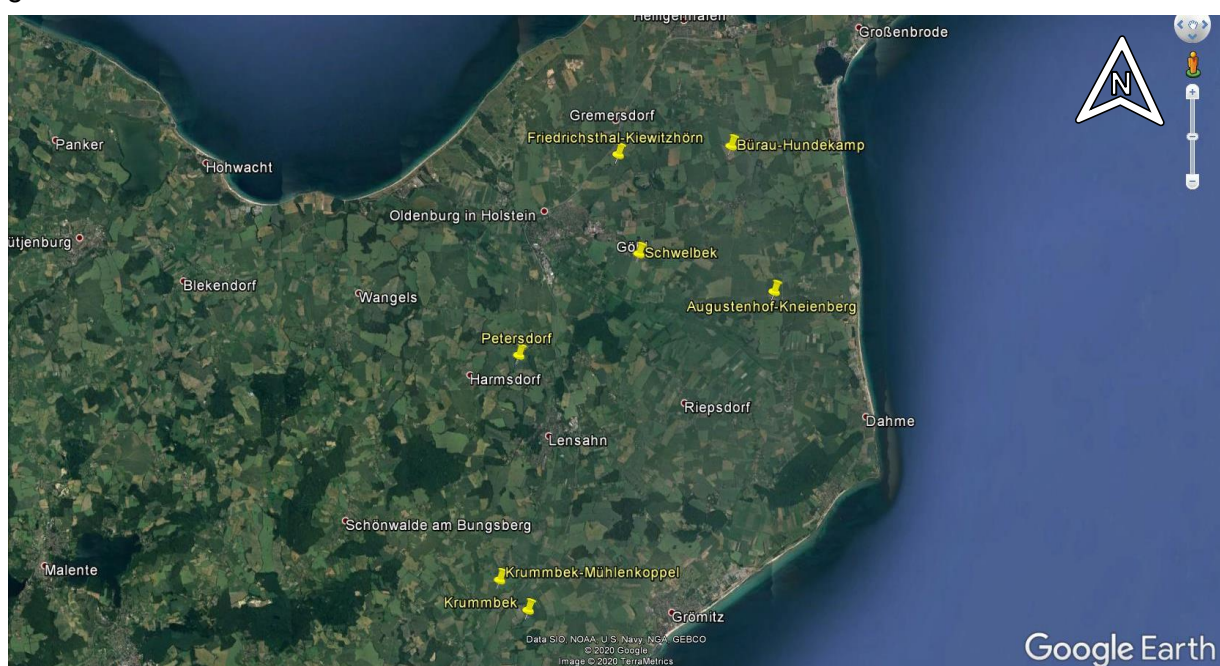


Abbildung 1: Lage der Versuchsstandorte (gelbe Markierungen) im Naturraum Östliches Hügelland.

Der Übersichtlichkeit halber werden in den Abbildungen im Folgenden Kürzel für Standorte und Erntejahre verwendet, die Tabelle 1 zu entnehmen sind.

Tabelle 1: Übersicht der Versuchsstandorte über die drei Erntejahre mit den in den Abbildungen verwendeten Kürzeln.

Erntejahr	Standort	Kürzel
2016	Schwelbek	Sb-16
2016	Friedrichsthal	Ft-16
2017	Augustenhof	Au-17
2017	Bürau	Bü-17
2017	Krummbek	Kr-17
2018	Krummbek	Kr-18
2018	Petersdorf	Pd-18

1.2 Witterungsverlauf

Die Standorte werden durch die Wetterstation auf der Insel Fehmarn abgedeckt. Die Durchschnittstemperatur im langjährigen Mittel (1981-2010) liegt hier bei 9,0 °C und es fallen 571 mm Niederschlag. Im Folgenden wird auf die Versuchsjahre einzeln eingegangen. Dabei liegt besonderes Augenmerk auf der Witterung zwischen der Rapserte und der Aussaat der Folgekultur, um Rückschlüsse auf die Bedingungen zuzulassen, unter denen die Bodenbearbeitungsmaßnahmen nach Raps stattfanden. Es ist also zu beachten, dass für das jeweilige Erntejahr immer das Wetter vor der Aussaat **im Vorjahr** abgebildet ist.

1.2.1 Erntejahr 2016

Das Jahr 2015 war mit einer Niederschlagssumme von 608 mm und 10 °C Durchschnittstemperatur etwas nasser und deutlich wärmer als das langjährige Mittel. Diese Abweichungen sind besonders auf den Winter zurückzuführen: In den Monaten Januar bis März sowie November und Dezember fielen 120 mm mehr Niederschlag als im Durchschnitt der Jahre 1981-2010 und die Temperaturen waren gegenüber dem Referenzzeitraum im Monatsmittel bis zu 5 °C

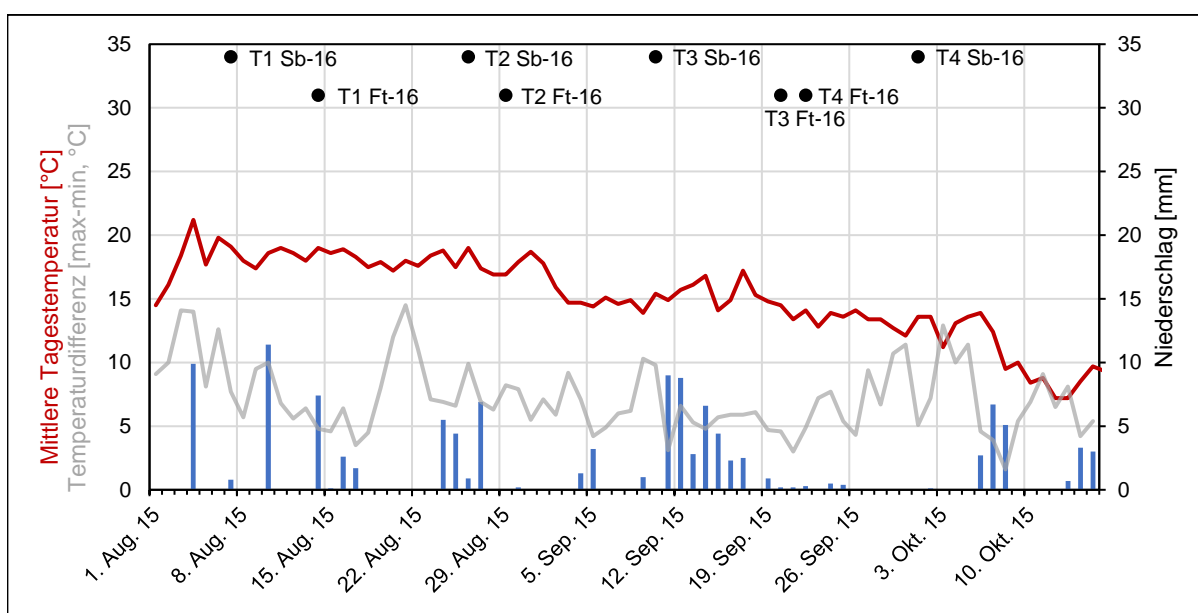


Abbildung 2: Witterung zwischen dem Rapsdrusch und der Getreideaussaat im Jahr 2015 (Erntejahr 2016). Schwarze Punkte markieren die Zeitpunkte, an denen Bodenbearbeitungsmaßnahmen stattfanden (Details zur Bodenbearbeitung sind Tabelle 2 und

erhöht. Abbildung 2 zeigt die Witterung zwischen dem Rapsdrusch und der darauffolgenden Weizenaussaat sowie die Zeitpunkte der einzelnen Bodenbearbeitungsmaßnahmen. Der Niederschlag zwischen August und Oktober lag nur geringfügig unter dem Durchschnitt, sodass die Bedingungen für die Bodenbearbeitung und die danach erwünschte Keimung des Ausfallrapses gut waren. Die Tag-Nacht-Amplitude der Temperatur bewegte sich weitgehend unter 10 °C, erreichte jedoch in Einzelfällen Werte, die bis zu 14,5 °C reichten.

1.2.2 Erntejahr 2017

Die Aussaat 2016 erfolgte Ende September nach einer fünf Monate andauernden Periode unterdurchschnittlicher Niederschläge (vgl. Abbildung 3). Insgesamt war das Jahr mit 485 mm

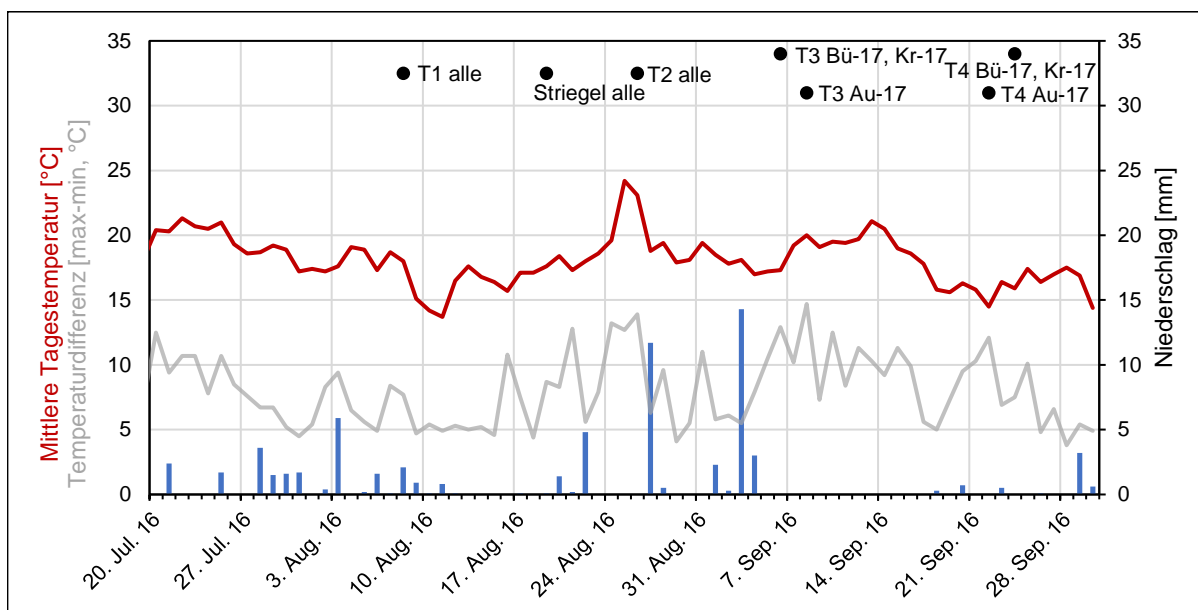


Abbildung 3: Witterung zwischen dem Rapsdrusch und der Getreideaussaat im Jahr 2016 (Erntejahr 2017). Schwarze Punkte markieren die Zeitpunkte, an denen Bodenbearbeitungsmaßnahmen stattfanden (Details zur Bodenbearbeitung sind Tabelle 4 zu entnehmen).

und einer mittleren Temperatur von 9,9 °C wärmer und trockener als der langjährige Durchschnitt. Zwischen dem Rapsdrusch und der Weizenaussaat herrschten hohe Temperaturen und es fanden nur zwei Niederschlagsereignisse statt, die die 10 mm-Marke überstiegen. Nach der dritten Bodenbearbeitung fiel über Wochen kein nennenswerter Niederschlag. Die Tag-Nacht-Schwankung der Temperatur erreichte an 21 Tagen Werte über 10 °C, sodass im Oberboden ungünstige Keimbedingungen herrschten.

1.2.3 Erntejahr 2018

Während die erste Jahreshälfte 2017 noch durchschnittliche Niederschlagsmengen mit sich brachte, gab es Ende Juni die ersten ergiebigen Niederschläge, auf die nach einem August mit moderaten Regenmengen ein nasser Herbst und Winter folgte. Insgesamt summierte sich

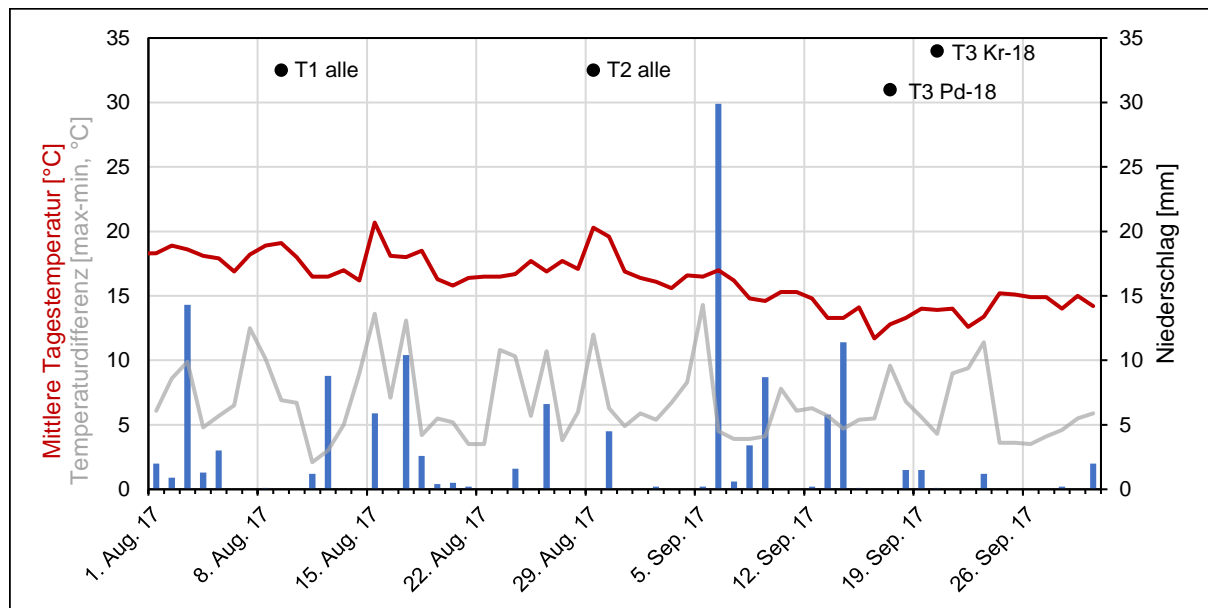


Abbildung 4: Witterung zwischen dem Rapsdrusch und der Getreideaussaat im Jahr 2017 (Erntejahr 2018). Schwarze Punkte markieren die Zeitpunkte, an denen Bodenbearbeitungsmaßnahmen stattfanden (Details zur Bodenbearbeitung sind Tabelle 4 zu entnehmen).

der Niederschlag bis zum Ende des Jahres auf 658 mm; die Temperatur lag mit durchschnittlich 10 °C erneut 1 °C über dem langjährigen Mittel. Die Temperaturen von August bis Oktober lagen jedoch niedriger als im Vorjahr und die Tag-Nacht-Amplitude erreichte an nur zehn Tagen Werte von über 10 °C.

2 Material und Methoden

2.1 Variantenlisten

Im Folgenden werden die verschiedenen Varianten zur Ausfallrapskontrolle beschrieben. Das Erntejahr 2016 wird dabei separat betrachtet, da die Versuchspläne in diesem Jahr als Grundlage für diejenigen der Folgejahre 2017 und 2018 dienten und sich somit noch geringfügige Unterschiede zwischen 2016 und den übrigen Jahren ergeben.

2.1.1 Erntejahr 2016

Der Versuchsplan für das Erntejahr 2016 sah ein Maximum von vier Überfahrten zwischen dem Rapsdrusch und der Aussaat von Winterweizen vor. Während am Standort Schwelbek (vgl. Tabelle 2) die Grundbodenbearbeitung zwei Wochen vor Saat tief (15-18 cm) mit dem Grubber erfolgte und unmittelbar vor der Saat noch einmal mit dem Allrounder auf 5 cm gearbeitet wurde, verschob sich der tiefe Arbeitsgang in Friedrichsthal (vgl. Tabelle 3) auf den Zeitpunkt unmittelbar vor der Aussaat. Hier wurde lediglich in Variante 4, *intensiv*, eine flache Bearbeitung mit der Kurzscheibenegge kurz vor dem Grubbergang eingeschoben.

Die Varianten unterschieden sich am deutlichsten in der ersten Stoppelbearbeitung, die entweder flach mit einer Kurzscheibenegge (KSE, 2-4 cm) oder mit kaum (Striegel, 0-2 cm) oder ganz ohne Bodenbewegung (Mulcher) erfolgte. Durch Auslassen der ersten Stoppelbearbeitung unmittelbar nach der Ernte (Variante 1, *erst nix*) konnte untersucht werden, wie sich ein längerer Ruhezeitraum auf das Auflaufverhalten des Ausfallrapses auswirkt (direkter

Vergleich: Variante 2, *Standard alt*). In der zweiten Stoppelbearbeitung blieb lediglich in Variante 8, *Glyphosat*, der Boden unangetastet, in allen anderen Varianten folgte ein flacher Gang mit der Kurzscheibenegge (3-5 cm).

Zwei Wochen vor der Saat erfolgte in Schwelbek (Tabelle 2) ein Grubbergang, der in Variante 7, *Mulchen & flach*, bei 5-8 cm blieb und in allen weiteren Varianten bis auf 15-18 cm reichte. Die drei *Standard*-Varianten unterschieden sich in der Saatbettbereitung wie folgt: Während in Variante 2, *Standard alt*, die Saatbettbereitung 5 cm tief mit dem Allrounder erfolgte, wurde der Ausfallraps in Variante 3, *Standard Gly*, mit Glyphosat abgetötet. In Variante 4, *Standard ohne*, wurde ohne weitere Bearbeitung gesät.

Die erste und zweite Stoppelbearbeitung wurde in Schwelbek und Friedrichsthal identisch durchgeführt. Dagegen fand in Friedrichsthal kurz vor der Aussaat ein Vergleich zwischen dem chemischen Abtöten des Aufwuchses und einem etwas tieferen KSE-Gang sowie dem Unterbleiben jeglicher Bearbeitung statt. Unmittelbar vor der Aussaat erfolgte hier dann die Saatbettbereitung auf 15-18 cm Tiefe mit dem Grubber.

2.1.2 Erntejahr 2017 und 2018

Auch in den Erntejahren 2017 und 2018 (vgl. Tabelle 4) waren die größten Unterschiede in der ersten Stoppelbearbeitung zu finden. Während in den beiden *Standard*-Varianten flach mit einer Kreiselegge gearbeitet wurde, wurde in den übrigen Varianten mit abnehmender Eingriffsintensität gearbeitet (Messerwalze Hektor > Striegel > Mulcher). In den Varianten 5, *Striegel 3x* und 8, *Glyphosat*, erfolgte vor der zweiten Maßnahme noch ein Striegelgang. Während zur zweiten Stoppelbearbeitung in allen anderen Varianten flach mit einer Kurzscheibenegge gearbeitet wurde, erfolgte in den beiden zuvor genannten ein weiterer Gang mit dem Striegel bzw. das Abtöten des Ausfallrapses mit Glyphosat. Die Grundbodenbearbeitung mit dem Grubber wurde in der Variante 7, *Mulchen & flach*, 5-8 cm tief durchgeführt, in den übrigen Varianten erfolgte sie auf 15-18 cm Tiefe. Die Saatbettbereitung mit Grubber lief unmittelbar vor dem Drillen auf 5-8 cm Tiefe. In Variante 3, *Standard Gly*, wurde diese durch Glyphosat ersetzt.

Tabelle 2: Variantenliste für das Erntejahr 2016 am Standort Schwelbek (Sb-16).

Variante	Bezeichnung	T1		T2		T3		Glyphosat	T4	
		Gerät	Tiefe [cm]	Gerät	Tiefe [cm]	Gerät	Tiefe [cm]		Gerät	Tiefe [cm]
		direkt nach Ernte (Raps)		2 Wochen nach Ernte		2 Wochen vor Saat		direkt vor Saat	direkt vor Saat	
1	erst nix	-	-	KSE	3-5	Grubber	15-18	-	Allrounder	5
2	Standard alt	KSE	2-4	KSE	3-5	Grubber	15-18	-	Allrounder	5
3	Standard Gly	KSE	2-4	KSE	3-5	Grubber	15-18	+	-	-
4	Standard ohne	KSE	2-4	KSE	3-5	Grubber	15-18	-	-	-
5	Striegel	Striegel	0-2	KSE	3-5	Grubber	15-18	-	Allrounder	5
6	Mulchen	Mulcher	0	KSE	3-5	Grubber	15-18	-	Allrounder	5
7	Mulchen & flach	Mulcher	0	KSE	3-5	Grubber	5-8	-	Allrounder	5
8	Glyphosat	-	-	Gly		Grubber	15-18	-	Allrounder	5

Tabelle 3: Variantenliste für das Erntejahr 2016 am Standort Friedrichsthal (Ft-16).

Variante	Bezeichnung	T1		T2		Glyphosat	T3		T4	
		Gerät	Tiefe [cm]	Gerät	Tiefe [cm]		Gerät	Tiefe [cm]	Gerät	Tiefe [cm]
			direkt nach Ernte (Raps)	2 Wochen nach Ernte	kurz vor Saat		kurz vor Saat	direkt vor Saat		
1	erst nix	-	-	KSE	3-5	-	-	Grubber	15-18	
2	Standard alt	KSE	2-4	KSE	3-5	-	-	Grubber	15-18	
3	Standard Gly	KSE	2-4	KSE	3-5	+	-	Grubber	15-18	
4	intensiv	KSE	2-4	KSE	3-5	-	4-6	Grubber	15-18	
5	Striegel	Striegel	0-2	KSE	3-5	-	-	Grubber	15-18	
6	Mulchen	Mulcher	0	KSE	3-5	-	-	Grubber	15-18	
7	Mulchen & flach	Mulcher	0	KSE	3-5	-	-	Grubber	5-8	
8	Glyphosat	-	-	Gly		-	-	Grubber	15-18	

Tabelle 4: Variantenliste Büro Erntejahr 2017 beispielhaft für alle Standorte in den Erntejahren 2017 und 2018. Kleine Änderungen zwischen den Jahren haben stattgefunden, diese beeinflussen jedoch nicht die generelle Bodenbearbeitungsstrategie.

Variante	Bezeichnung	T1		T1a	T2		T3		Glyphosat	T4	
		Gerät	Tiefe [cm]		Gerät	Tiefe [cm]	Gerät	Tiefe [cm]		Gerät	Tiefe [cm]
		direkt nach Ernte (Raps)			2 Wochen nach Ernte		kurz vor Saat		direkt vor Saat	direkt vor Saat	
1	erst nix	-	-		KSE	3-5	Grubber	15-18	-	Grubber	5-8
2	Standard alt	Kreiselegge	2-4		KSE	3-5	Grubber	15-18	-	Grubber	5-8
3	Standard Gly	Kreiselegge	2-4		KSE	3-5	Grubber	15-18	+	-	-
4	Hektor	Hektor	2-4		KSE	3-5	Grubber	15-18	-	Grubber	5-8
5	Striegel 3x	Striegel	0-2	Striegel	Striegel	0-2	Grubber	15-18	-	Grubber	5-8
6	Mulchen	Mulcher	0		KSE	3-5	Grubber	15-18	-	Grubber	5-8
7	Mulchen & flach	Mulcher	0		KSE	3-5	Grubber	5-8	-	Grubber	5-8
8	Glyphosat	Striegel	0-2	Striegel	Gly		Grubber	15-18	-	Grubber	5-8

2.2 Bonituren

2.2.1 Pflanzenzählungen

Etwa 10-12 Tage nach jeder Bearbeitungsmaßnahme sowie zwei Wochen nach der Weizen-
aussaat wurde der aufgelaufene Ausfallraps auf einer definierten Fläche gezählt und auf den
Quadratmeter umgerechnet. Da die Zählflächen aufgrund der zwischendurch stattfindenden
Bodenbearbeitung nicht dauerhaft abgesteckt werden konnten, wurden ihre Koordinaten ge-
speichert, sodass die Zählungen (im Rahmen der Genauigkeit des GPS-Geräts) immer an der
gleichen Stelle innerhalb der Varianten stattfanden.

2.2.2 Vegetationsbeginn

Zur Erfassung der Einzelpflanzenentwicklung der Folgekultur Winterweizen wurden Ende Feb-
ruar/Anfang März aus jedem Streifen (entspricht jeder Versuchsvariante) vier Pflanzenproben
gezogen. Dabei wurden auf einer Länge von 50 cm alle Pflanzen aus zwei Saatreihen ent-
nommen, gewaschen und ihre Triebzahl festgestellt.

2.2.3 Beerntung

Die Ernte erfolgte mit dem jeweiligen Betriebsdrescher. Zunächst wurden die Ränder und quer
zu den Varianten zwei Zwischenwege in den Versuch gedroschen. Seitlich neben der Fahr-
gasse wurde dann im Kerndrusch der so entstandene Block in ein Big-Bag gedroschen. Somit
ergaben sich je Variante drei Wiegeergebnisse. Aus den Bigbags wurden Unterproben ge-
nommen, an denen Feuchte, Protein sowie das TKG bestimmt wurden. Nach Ablauf der Ro-
tation erfolgte die Beerntung des folgenden Rapses auf die gleiche Art, um eventuelle Ertrags-
effekte feststellen zu können.

2.3 Verrechnung und Statistik

Die statistische Verrechnung der Versuchsdaten erfolgte mit der Software SPSS (IBM SPSS
Statistics 19).

Alle erhobenen Parameter zeigen in den dargestellten Abbildungen als Streuungsmaß der
Wiederholungen um den Mittelwert den Standardfehler. Für die multiplen Vergleiche der Mit-
telwerte wurde der Tukey-B-Test mit einem Signifikanzniveau von 0,05 verwendet.

Enthalten die Abbildungen bzw. Tabellen eine Kennzeichnung mit Buchstaben (a,b,c,d,...),
konnten mittels Tukey-B Test signifikante Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungs-
varianten festgestellt werden. Unterschiedliche Formatierungen der Buchstaben (groß, klein, fett,
kursiv...) kennzeichnen die Gruppen, innerhalb derer verglichen wurde.

3 Ergebnisse: Strategien zum Umgang mit Ausfallraps im Nacherntemanagement

Im Folgenden werden die verschiedenen Bodenbearbeitungsmaßnahmen zunächst hinsichtlich ihrer Auswirkung auf den Altrapsaufschlag beleuchtet. Anschließend erfolgt die Betrachtung der Bestandesentwicklung des folgenden Winterweizens sowie dessen Ertrag und Qualitätsparameter.

3.1 Altrapsaufschlag in der Folgefrucht Winterweizen

3.1.1 Erntejahr 2016

An den Standorten **Schwelbek** und **Friedrichsthal** wurden nach dem Rapsdrusch 2015 drei Zählungen des aufgelaufenen Ausfallrapses durchgeführt. Diese sind in Abbildung 5 und Abbildung 6 dargestellt.

Während am ersten Zähltermin am Standort **Schwelbek** (vgl. Abbildung 5) zwischen 700 und knapp 1.300 Rapspflanzen/m² gezählt wurden, lagen die Pflanzenzahlen am zweiten Zähltermin nur bei maximal 200. Im Oktober wurden nur noch vereinzelt Ausfallrapspflanzen gefunden.

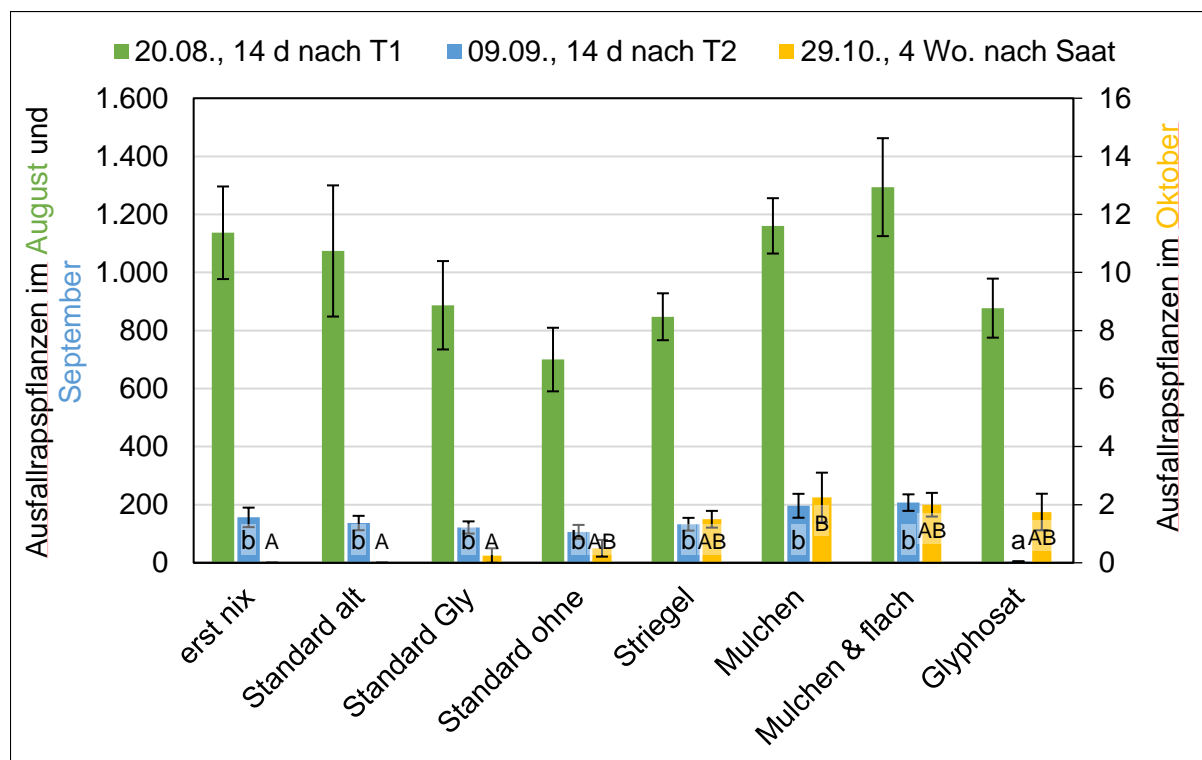


Abbildung 5: Ausfallrapspflanzen pro m² zu den verschiedenen Zählterminen 2015 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung am Standort **Schwelbek**. Balken zeigen Mittelwerte aus 4-12 Wiederholungen, Fehlerbalken den Standardfehler. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Tukey-B-Test ($p = 0,05$).

Auffällig waren die beiden Mulch-Varianten sowie Variante 1. Hier wurde bei der ersten Stoppelbearbeitung der Boden nicht bewegt und der Ausfallraps zeigte die höchsten Pflanzenzahlen zur ersten Zählung. Die Pflanzenzahlen der drei *Standard*-Varianten waren sehr unterschiedlich, obwohl hier bis unmittelbar vor der Weizenaussaat die gleiche Bodenbearbeitung stattfand. Über alle Varianten befanden sich die Ausfallrapszahlen zum zweiten Zähltermin auf einem ähnlichen Niveau. Auch hier war von Variante 2 über 3 nach 4 eine Abnahme des Altrapsaufschlages zu verzeichnen, wenn auch weniger deutlich als zum ersten Zähltermin. Am saubersten war die *Glyphosat*-Variante in der zwei Wochen zuvor der Aufwuchs chemisch abgetötet wurde. Vier Wochen nach der Aussaat des Winterweizens wiesen die *Mulchen*- und die

Mulchen & flach- sowie die *Glyphosat*- und die *Striegel*-Variante die höchsten Ausfallrapss-zahlen auf, wobei diese sich auf einem geringen Niveau zwischen null und vier Pflanzen/m² bewegten.

Am Standort **Friedrichsthal** (vgl. Abbildung 6) lagen die Ausfallrapspflanzen zum ersten Zähltermin insgesamt zahlenmäßig auf einem niedrigeren und an den anderen beiden Zählterminen auf einem höheren Niveau als am Standort Schwelbek.

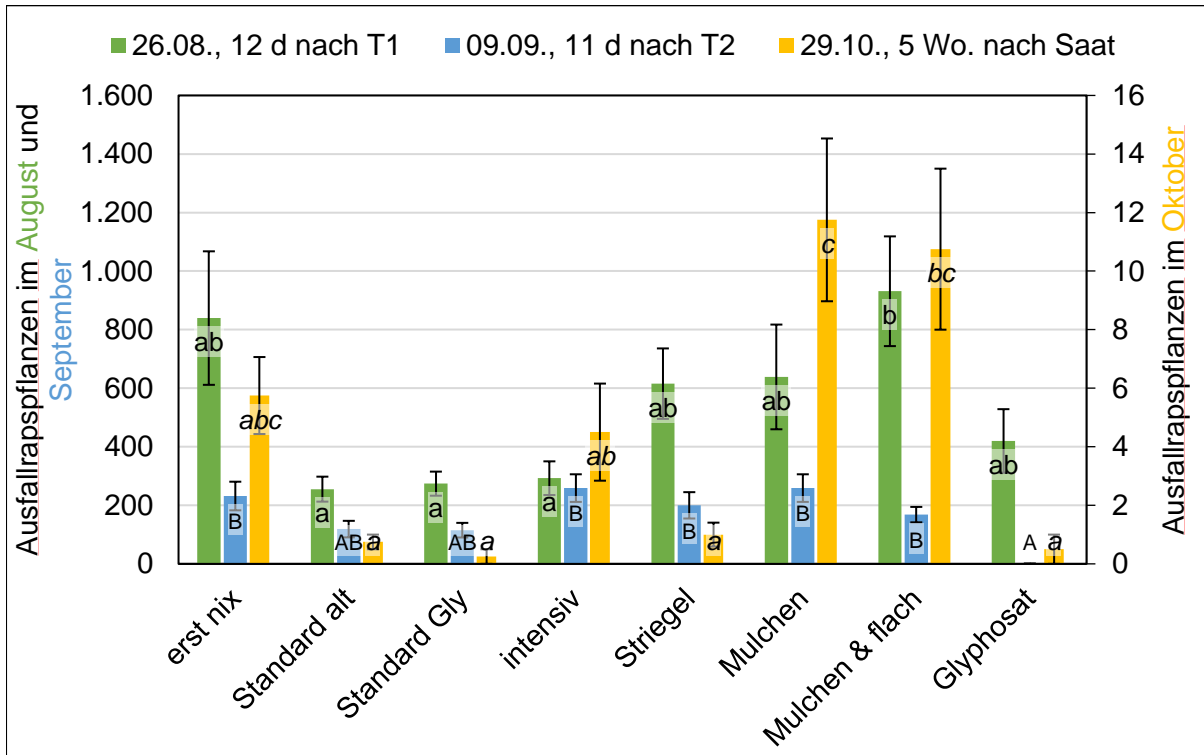


Abbildung 6: Ausfallrapspflanzen pro m² zu den verschiedenen Zählterminen 2015 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung am Standort **Friedrichsthal**. Balken zeigen Mittelwerte aus 4-12 Wiederholungen, Fehlerbalken den Standardfehler. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Tukey-B-Test ($p = 0,05$).

Zwei Wochen nach der ersten Stoppelbearbeitung wurden Pflanzenzahlen von 255 bis 931/m² erfasst. Dabei zeigten die beiden *Standard*- sowie die *Intensiv*-Variante, die zu diesem Zeitpunkt einheitlich auf 2-4 cm mit der Kurzscheibenegge bearbeitet worden waren, der Bodenbearbeitung entsprechend ähnliche Werte auf dem niedrigsten Niveau. Davon unterschied sich die Variante 7, *Mulchen & flach*, signifikant; sie zeigte zu diesem Termin die höchsten Ausfallrapsszahlen und lag damit noch vor der gleich bearbeiteten Variante 6, *Mulchen*. Variante 1, *erst nix*, lag nur wenig unterhalb von Variante 7, unterschied sich aber aufgrund der großen Streuung der Werte nicht signifikant von den Varianten 2-4. Zum zweiten Zähltermin wurden in Variante 4, *intensiv*, mehr Ausfallrapspflanzen gezählt als in Varianten 2 und 3, obwohl deren Bodenbearbeitung bis zu diesem Termin nicht voneinander abwich. Dieser Unterschied ist zwar deutlich zu erkennen, dennoch nicht statistisch abzusichern. Wie am Standort Schwelbek ist hier die *Glyphosat*-Variante statistisch signifikant die sauberste. Zum dritten Zähltermin zeigen die beiden *Mulch*-Varianten den stärksten Altrapsaufschlag. Dabei liegt die tiefer bearbeitete Variante 6 sogar noch etwas vor der *Mulchen & flach*-Variante. Variante 4, *intensiv*, wurde im Gegensatz zu Variante 2, *Standard alt*, vor der Saattbettbereitung noch einmal 4-6 cm tief mit der Kurzscheibenegge bearbeitet. Hier wurden zum dritten Zähltermin mehr Ausfallrapspflanzen gezählt als in der Variante ohne Kurzscheibenegge.

3.1.2 Erntejahr 2017

An den Standorten **Augustenhof** und **Bürau** wurden nach der Rapsernte 2016 fünf, am Standort **Krummbek** vier Zählungen des Altrapsaufschlages vorgenommen. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 7 bis 9 dargestellt.

Am Standort **Augustenhof** wurden eine gute Woche nach der ersten Stoppelbearbeitung zwischen 27 und 500 Ausfallrapspflanzen/m² gezählt (vgl. Abbildung 7). Im Gegensatz zu den vorherigen beiden Abbildungen war in der Variante ohne jegliche Bearbeitung gleich nach der Rapsernte (Variante 1, *erst nix*) zum ersten Zähltermin deutlich weniger Ausfallraps zu verzeichnen. Die Variante 8, *Glyphosat*, wies zu diesem Zeitpunkt die niedrigste Ausfallrapspflanzendichte

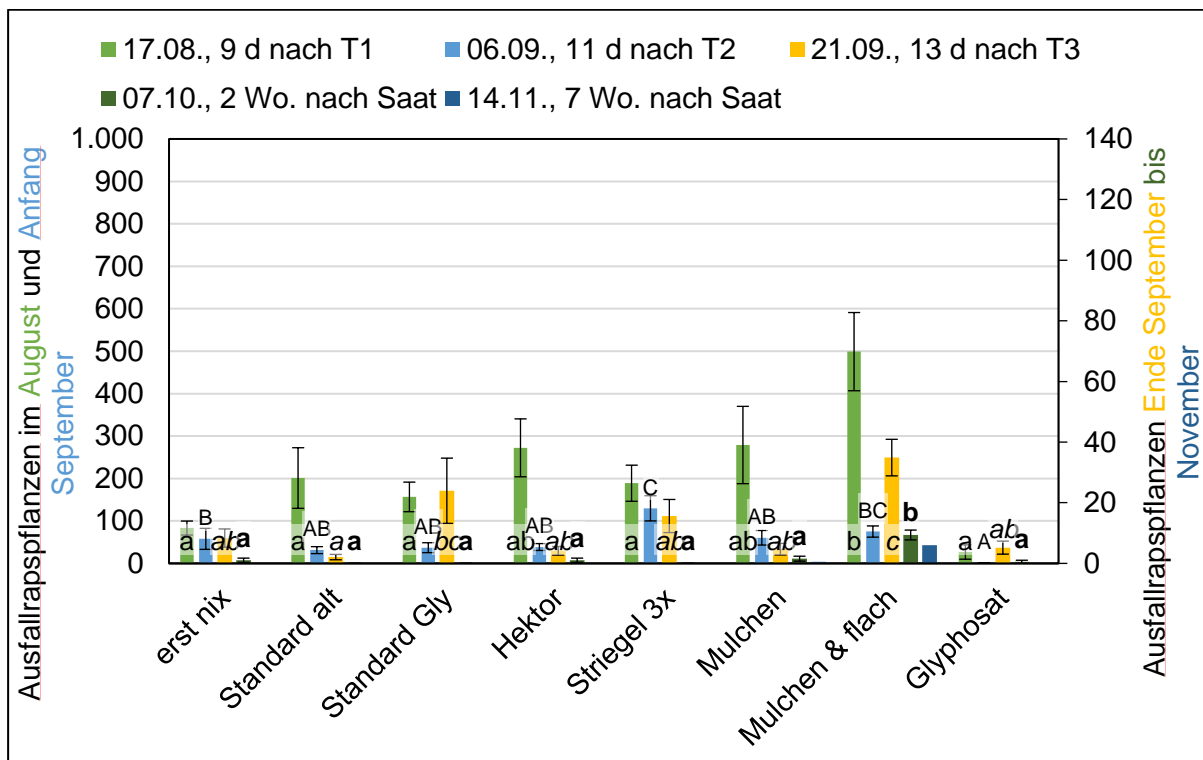


Abbildung 7: Ausfallrapspflanzen pro m² zu den verschiedenen Zählterminen 2016 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung am Standort **Augustenhof**. Balken zeigen Mittelwerte aus 4-12 Wiederholungen, Fehlerbalken den Standardfehler. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Tukey-B-Test ($p = 0,05$).

auf; im Gegensatz zum Vorjahr wurde hier allerdings nach der Rapsernte gestriegelt. Die höchsten Pflanzenzahlen zeigten die beiden Mulchvarianten – deren Altrapsaufkommen sich trotz gleicher Bearbeitung deutlich unterschied – dicht gefolgt von Variante 4, *Hektor*. Hier wurde die erste Stoppelbearbeitung mit einer Messerwalze durchgeführt, die nur in sehr geringem Maße in den Boden eingreift, da das Arbeitsgerät zwar 2-4 cm tief in den Boden eintaucht, jedoch keine Durchmischung stattfindet. Die gestriegelte Variante unterschied sich nach der ersten Stoppelbearbeitung in ihrem Altrapsaufkommen kaum von den beiden Standardvarianten und wies, trotz gleicher Bearbeitung, zu diesem Zeitpunkt deutlich mehr Ausfallraps auf als die *Glyphosat*-variante. Zum zweiten Zähltermin, anderthalb Wochen nach der zweiten Stoppelbearbeitung, wies Variante 5, *Striegel 3x*, am meisten aufgelaufenen Ausfallraps auf. Sie unterschied sich damit signifikant von Variante 1, *erst nix*, und Variante 8, *Glyphosat*. Am dritten Zähltermin unterschieden sich die Varianten 2, *Standard alt* und 3, *Standard Gly*, signifikant voneinander, obwohl in beiden Varianten zuvor die gleiche Bodenbearbeitung stattgefunden hatte. *Mulchen & flach* wies die höchste Altrapsdichte auf, während die dreifach gestriegelte Variante nur etwa halb so viele Rapspflanzen aufwies. Am vierten und fünften Zähltermin wurden nicht in allen Varianten überhaupt Ausfallrapspflanzen gefunden. *Mulchen & flach* wies auch hier wieder die höchsten Werte auf.

Die erste Zählung am Standort **Bürau** ergab zwischen 254 und 871 Altrapspflanzen/m². Hier lag Variante 1, *erst nix*, deutlich vorn: Nur von Variante 6, *Mulchen*, unterschied sie sich nicht signifikant (vgl. Abbildung 8). *Striegel 3x*, *Mulchen & flach* und *Glyphosat* lagen etwa auf dem gleichen Niveau, obwohl sich die erste Stoppelbearbeitung von Varianten 6 und 7 nicht unter-

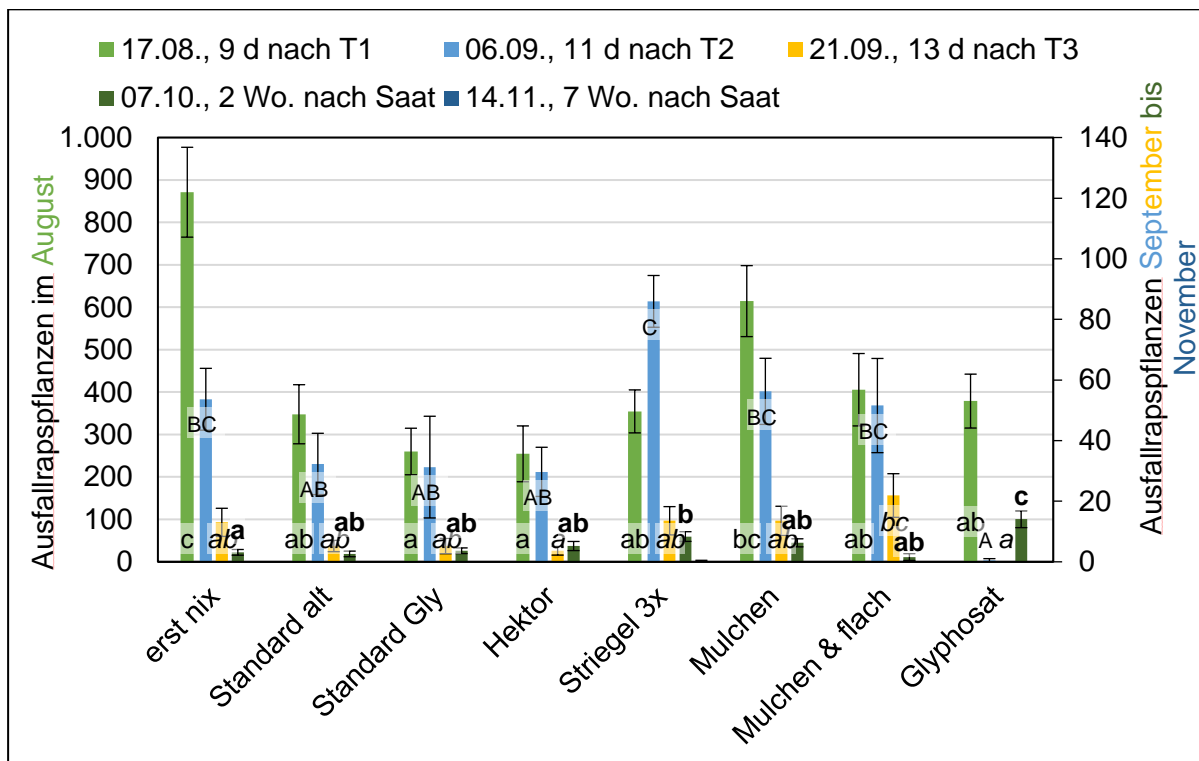


Abbildung 8: Ausfallrapspflanzen pro m² zu den verschiedenen Zählterminen 2016 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung am Standort **Bürau**. Balken zeigen Mittelwerte aus 4-12 Wiederholungen, Fehlerbalken den Standardfehler. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Tukey-B-Test ($p = 0,05$).

schied. Im Gegensatz zum Vergleich der Varianten 5, *Striegel 3x* und 8, *Glyphosat* am Standort Augustenhof lagen die beiden Varianten hier nach gleicher Bearbeitung hinsichtlich des Altrapsaufschlages gleichauf. Anderthalb Wochen nach der zweiten Stoppelbearbeitung war in der Variante 5 nach dem dritten Mal striegeln das deutlich höchste Ausfallrapsaufkommen zu verzeichnen. Die beiden *Standard*varianten und die *Hektor*variante lagen auf gleichem Niveau, während *erst nix*, *Mulchen* und *Mulchen & flach* zwischen den beiden Extremen eingeordnet werden konnten. Wie an allen zuvor beschriebenen Standorten wies auch hier Variante 8, *Glyphosat*, mit Abstand die geringste Altaufschlagdichte auf. Etwa zwei Wochen nach der Grundbodenbearbeitung zeigte Variante 7, *Mulchen & flach*, die höchste Anzahl Rapspflanzen. Die Unterschiede zwischen den Varianten ließen sich hier jedoch aufgrund der Streuung der Werte nicht statistisch absichern; lediglich im Vergleich zu Variante 4, *Hektor*, lag die *Mulchen & flach*-Variante signifikant höher. Zwei Wochen nach der Weizenaussaat wies Variante 5, *Striegel 3x*, die höchsten Pflanzenzahlen auf; nur übertroffen von Variante 8, *Glyphosat*. Fünf Wochen später konnte nur in Variante 5, *Striegel 3x*, überhaupt noch gekeimter Ausfallrapspflanzen gefunden werden.

Zum ersten Zähltermin am Standort **Krummbek**, gut eine Woche nach der ersten Stoppelbearbeitung, wurden zwischen 42 und 660 aufgelaufene Ausfallrapspflanzen/m² gezählt. Variante 1, *erst nix*, zeigte, wie am Standort Bürau, die signifikant höchste Anzahl Rapspflanzen. *Hektor*, *Striegel 3x* und *Mulchen* lagen etwa auf einem Niveau, ebenso wie *Mulchen & flach* und *Glyphosat*, obwohl letztere Variante bis zu diesem Zeitpunkt die gleiche Bodenbearbeitung erfahren hatte, wie Variante 5, *Striegel 3x*. Bei Weitem der geringste Altaufschlag war in Variante 2, *Standard alt*, zu verzeichnen, nur leicht übertroffen von Variante 3, *Standard Gly*.

Auch hier gab es bis zum Zähltermin keinen Unterschied in der Bodenbearbeitung. Zum zweiten Zähltermin stach Variante 5, *Striegel 3x*, besonders hervor. Hier war der signifikant meiste gekeimte Ausfallraps zu finden, gefolgt von Variante 7, *Mulchen & flach*. Im Gegensatz dazu zeigte die Variante mit Glyphosat (Variante 8, *Glyphosat*) den mit Abstand geringsten Altauf-

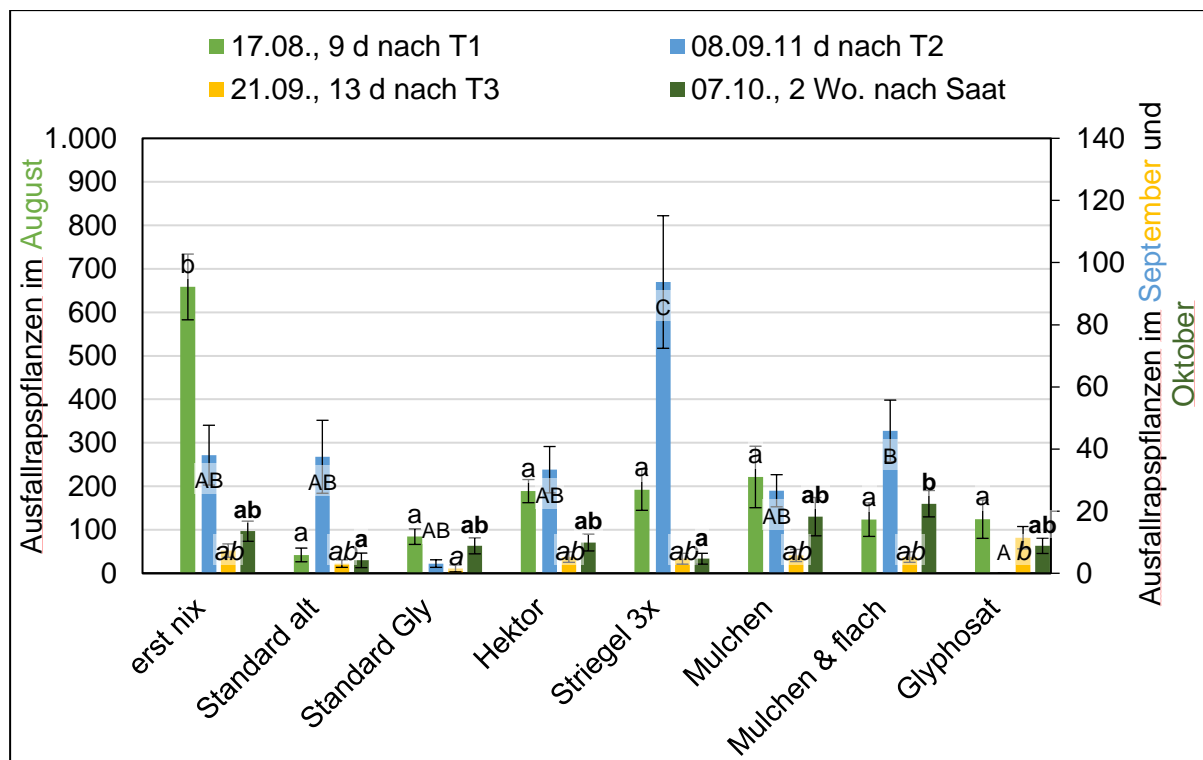


Abbildung 9: Ausfallrapspflanzen pro m² zu den verschiedenen Zählterminen 2016 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung am Standort **Krummbek**. Balken zeigen Mittelwerte aus 4-12 Wiederholungen, Fehlerbalken den Standardfehler. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Tukey-B-Test ($p = 0,05$).

schlag. *Standard alt* und *Standard Gly* unterschieden sich deutlich in ihren Pflanzenzahlen, obwohl bis zu diesem Zeitpunkt die Bodenbearbeitung identisch verlaufen war. Etwa zwei Wochen nach der Grundbodenbearbeitung befanden sich die Ausfallrapsmengen weitgehend auf einem Niveau, wobei in Variante 3, *Standard Gly*, noch vor der Herbizidapplikation etwas geringere und in Variante 8, *Glyphosat*, bereits nach der Herbizidapplikation etwas höhere Pflanzenzahlen erfasst wurden. Diese unterscheiden sich jedoch nicht signifikant von den Pflanzenzahlen der übrigen Varianten. Zwei Wochen nach der Weizenaussaat hatte in den meisten Varianten der Ausfallraps zugenommen. In den Mulchvarianten wurden die meisten Rapspflanzen gezählt, gefolgt von Variante 1, *erst nix*, und in absteigender Reihenfolge Varianten 4, 8 und 3.

3.1.3 Erntejahr 2018

Am Standort **Krummbek** wurden nach dem Rapsdrusch 2017 zwei, am Standort **Petersdorf** vier Zählungen des gekeimten Ausfallrapses vorgenommen. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 10 und 11 zu sehen.

Die Pflanzenzählungen am Standort **Krummbek** ergaben zum ersten Zähltermin zwischen 33 und 1.114 Rapse. In den beiden Standardvarianten wurden signifikant am wenigsten Rapspflanzen gezählt, während die beiden Mulchvarianten den stärksten Altaufschlag aufwiesen. Die Variante *Striegel 3x* zeigte über 200 Ausfallrapspflanzen mehr als Variante 8, *Glyphosat*, obwohl die Bodenbearbeitung bis zu diesem Zeitpunkt in beiden Varianten gleich verlief. Variante 4, *Hektor*, bewegte sich zusammen mit Variante 8, *Glyphosat*, auf einem hohen Niveau von etwa 800 Rapspflanzen/m². Zum zweiten Zähltermin gute zwei Wochen nach der zweiten Stoppelbearbeitung hob sich Variante 5, *Striegel 3x*, signifikant gegen die anderen Varianten

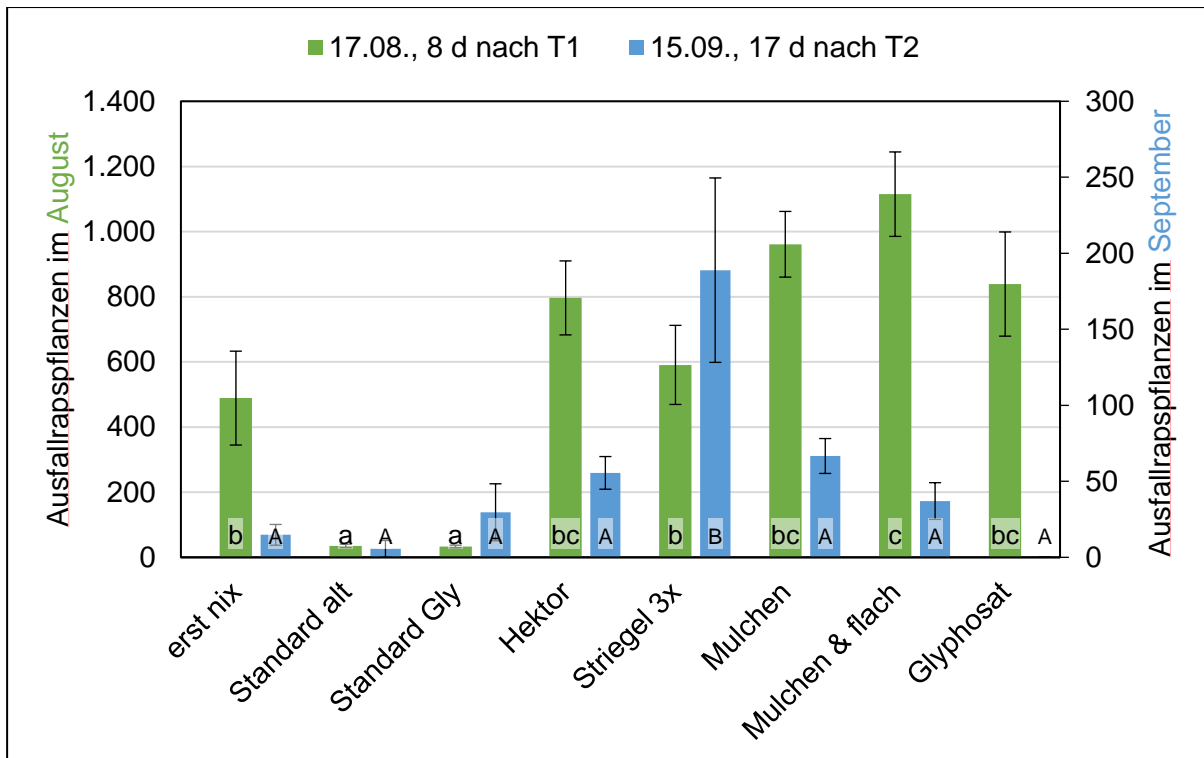


Abbildung 10: Ausfallrapspflanzen pro m² zu den verschiedenen Zählterminen 2017 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung am Standort **Krummbek**. Balken zeigen Mittelwerte aus 4-12 Wiederholungen, Fehlerbalken den Standardfehler. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Tukey-B-Test ($p = 0,05$).

ab, welche einen deutlich geringeren Altrapsaufschlag zeigten. Zwei Wochen nach dem Abtöten des Aufwuchses mit Glyphosat war Variante 8 frei von Rapspflanzen. Variante 1, *erst nix*, und Variante 2, *Standard alt*, bewegten sich auf dem nächstniedrigsten Niveau; Variante 3, *Standard Gly* und Variante 7, *Mulchen & flach*, folgten kurz darauf.

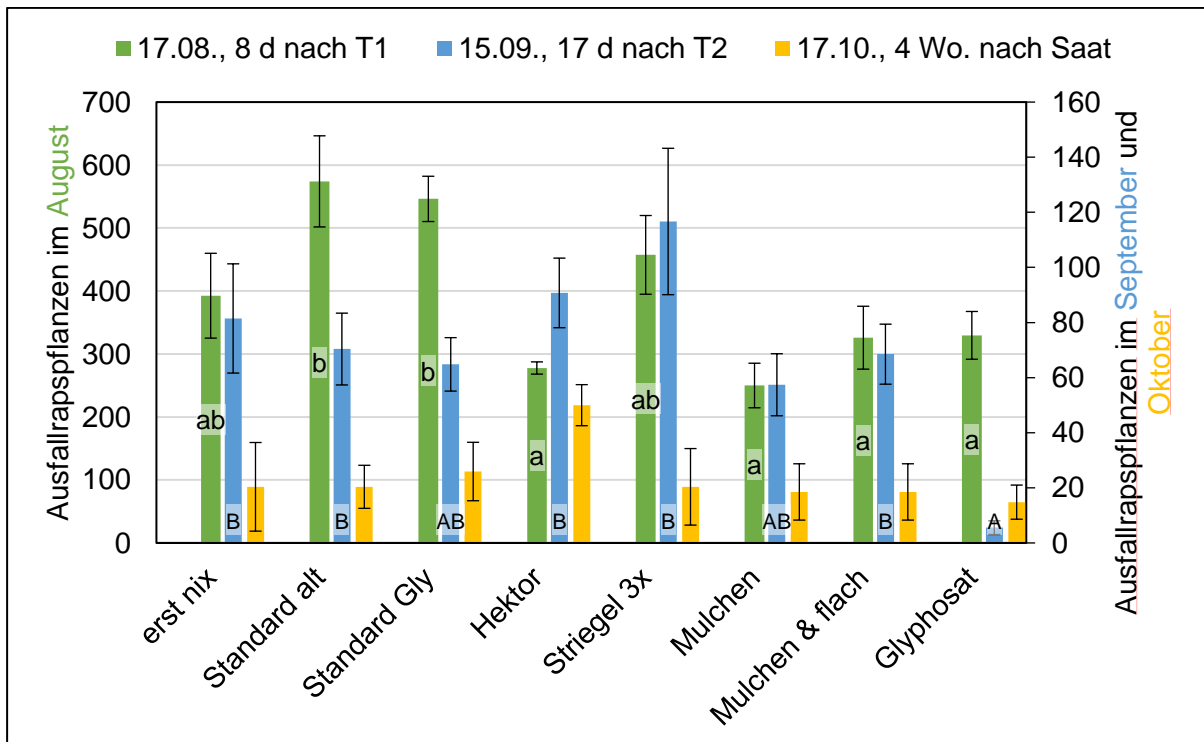


Abbildung 11: Ausfallrapspflanzen pro m² zu den verschiedenen Zählterminen 2017 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung am Standort **Petersdorf**. Balken zeigen Mittelwerte aus 4-12 Wiederholungen, Fehlerbalken den Standardfehler. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Tukey-B-Test ($p = 0,05$).

Am Standort **Petersdorf** befanden sich die Ausfallrapszahlen insgesamt auf einem niedrigeren Niveau als am Standort Krumbek. Zum ersten Zähltermin wurden hier zwischen 250 und 574 Raps erfasst. Hier ist im Gegensatz zu Abbildung 10 zu sehen, dass die beiden Standardvarianten eine gute Woche nach der erste Stoppelbearbeitung signifikant stärkeren Altrapsaufschlag aufwiesen als die meisten anderen Varianten (vgl. Abbildung 11). Nur Variante 1, *erst nix*, und Variante 5, *Striegel 3x* unterschieden sich nicht signifikant von Varianten 2 und 3, lagen jedoch ebenso auf einem niedrigeren Niveau. Gute zwei Wochen nach der zweiten Stoppelbearbeitung wies erneut Variante 8, *Glyphosat*, in der zum Zeitpunkt der zweiten Stoppelbearbeitung der Aufwuchs abgetötet worden war, am wenigsten Altrapsaufschlag auf. Nach dem dritten Mal striegeln waren in Variante 5 die meisten Rapspflanzen zu finden. Signifikante Unterschiede zu den Varianten 1,2,4 und 7 bestanden jedoch nicht, auch wenn diese weniger Ausfallraps aufwiesen. An dem Zähltermin vier Wochen nach Winterweizenaussaat wurden Pflanzenzahlen zwischen 14 und 50 erfasst. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten bestanden nicht.

3.2 Bestandesentwicklung der Folgefrucht Winterweizen

Im Folgenden wird die Bestandesentwicklung der Folgefrucht Winterweizen anhand der Pflanzenzahl vor Winter und der Triebzahl zu Vegetationsbeginn betrachtet.

3.2.1 Erntejahr 2016

In Abbildung 12 sind die Ergebnisse der Pflanzen- und Triebzählungen vor Winter 2015 bzw. zu Vegetationsanfang 2016 am Standort **Schwelbek** zu sehen. Die Bestandesdichte lag vor dem Winter zwischen 156 und 195 Pflanzen/m². Signifikante Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten waren nicht vorhanden. Die beiden genannten Extremwerte wurden in Variante 6, *Mulchen*, gefunden. Im Mittel stand der Weizen in Variante 7, *Mulchen & flach*, mit 195 Pflanzen/m² am dichtesten. Den dünnsten Bestand bildete mit durchschnittlich 156 Pflanzen/m² Variante 5, *Striegel*.

Die Triebzahlen zu Vegetationsbeginn unterschieden sich deutlicher in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung. Dennoch sind die Unterschiede auch hier nicht signifikant. Variante 6, *Mulchen*, wies die höchste Triebdichte auf, zeigte jedoch auch die stärkste Streuung. Am schwächsten bestockt waren die Varianten 7, *Mulchen & flach*, und 8, *Glyphosat*, besonders

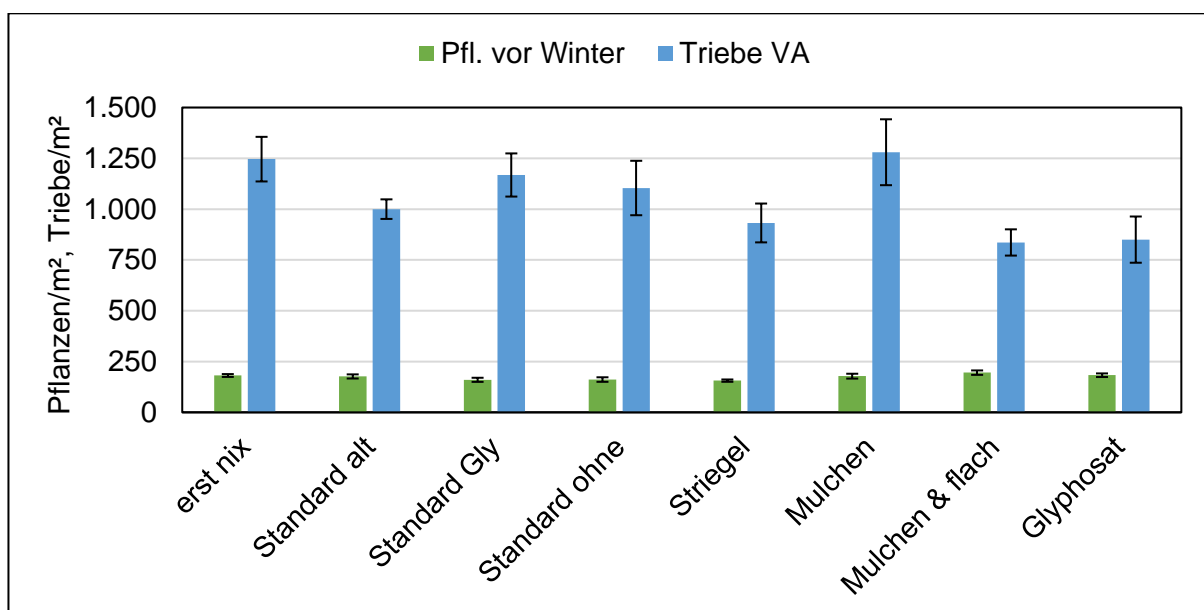


Abbildung 12: Weizenpflanzen/m² vor Winter 2015 und Triebe/m² zu Vegetationsbeginn 2016 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung am Standort **Schwelbek**. Balken zeigen Mittelwerte aus 4-12 Wiederholungen, Fehlerbalken den Standardfehler. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Tukey-B-Test ($p = 0,05$).

vor dem Hintergrund, dass Variante 7 vor dem Winter noch die höchste Pflanzenzahl je Quadratmeter aufwies.

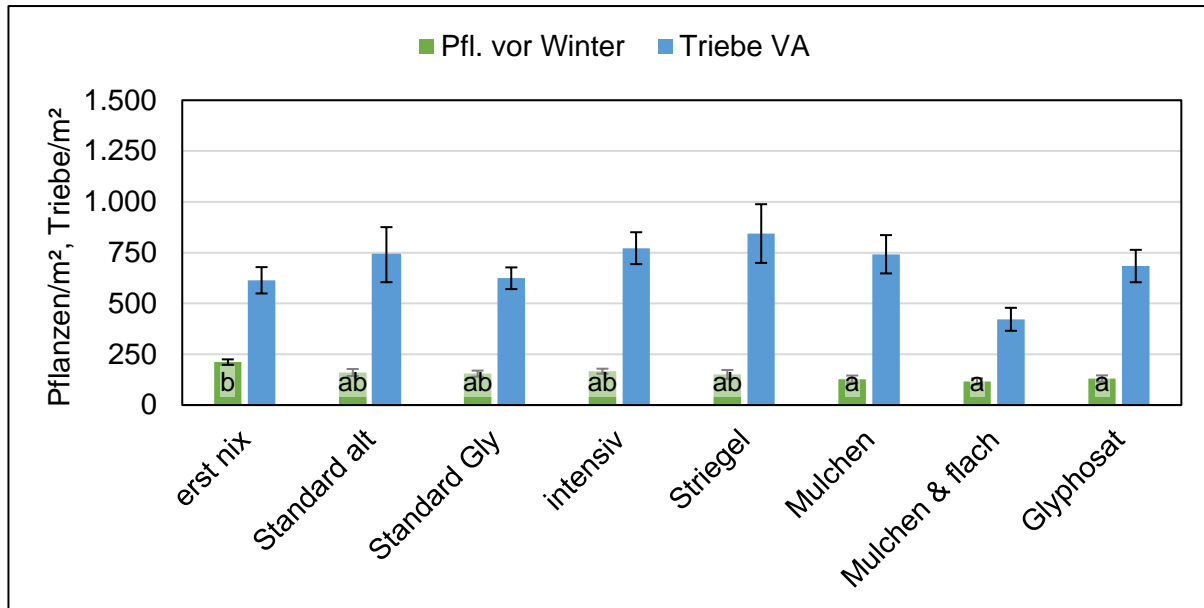


Abbildung 13: Weizenpflanzen/m² vor Winter 2015 und Triebe/m² zu Vegetationsbeginn 2016 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung am Standort **Friedrichsthal**. Balken zeigen Mittelwerte aus 4-12 Wiederholungen, Fehlerbalken den Standardfehler. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Tukey-B-Test ($p = 0,05$).

Am Standort **Friedrichsthal** war die Bestandesdichte insgesamt auf einem niedrigeren Niveau als am Standort Schwelbek, wie in Abbildung 13 zu sehen. Die beiden Mulch- und die Glyphosatvariante (6,7 und 8) zeigten hier die geringsten Pflanzenzahlen vor dem Winter. Sie unterschieden sich signifikant von Variante 1, *erst nix*, welche den dichtesten Weizenbestand aufwies. Die übrigen Varianten lagen etwa auf einem Niveau dazwischen.

Hinsichtlich der Triebdichte konnten auch hier keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Variante 7, *Mulchen & flach*, zeigte gravierend unterdurchschnittliche Werte. Selbst wenn alle gezählten Halme später eine Ähre getragen haben sollten, lag der Bestand immer noch deutlich unter dem Zielwert von 600 Ähren/m². Die übrigen Varianten erreichten diesen Wert, Variante 1, *erst nix*, und Variante 3, *Standard Gly* jedoch nur knapp.

3.2.2 Erntejahr 2017

Die Ergebnisse der Pflanzen- und Triebzählungen vor dem Winter 2016 und zu Vegetationsbeginn 2017 am Standort **Augustenhof** sind in Abbildung 14 zu sehen. Über alle Varianten wurden zwischen 186 und 219 Weizenpflanzen/m² erfasst. Signifikante Unterschiede in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung bestanden nicht; die Werte bewegen sich ohne große Abweichung um 200 Pflanzen. Den dichtesten Bestand mit im Mittel 219 Pflanzen/m² wies Variante 3, *Standard Gly* auf, während sich der Bestand in Variante 4, *Hektor*, mit 186 Pflanzen/m² am dünnsten zeigte.

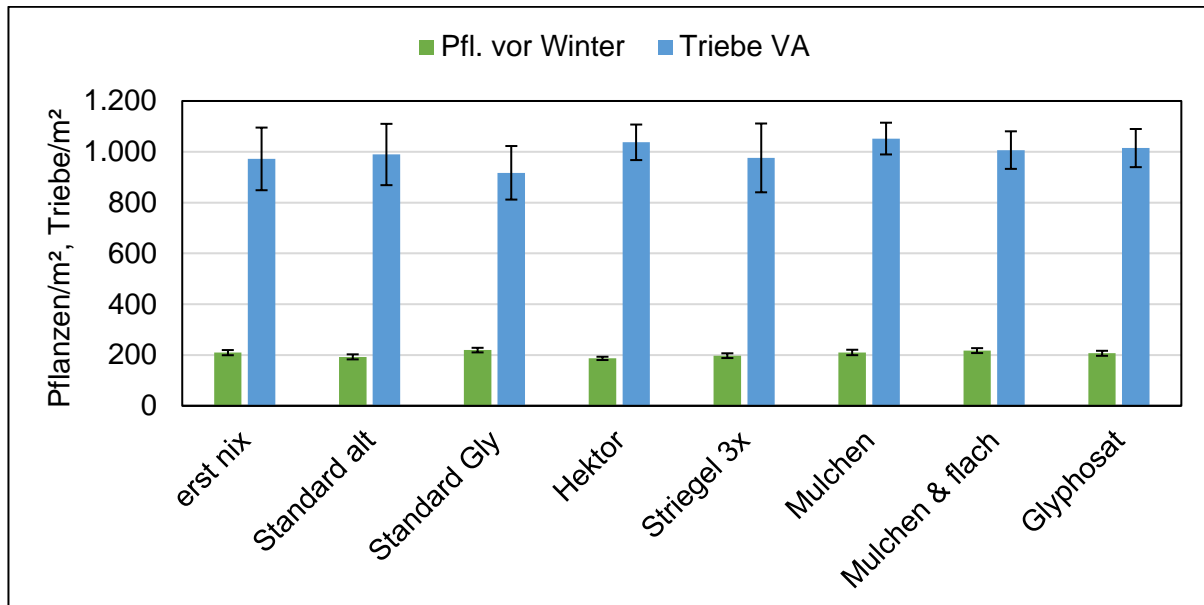


Abbildung 14: Weizenpflanzen/m² vor Winter 2016 und Triebe/m² zu Vegetationsbeginn 2017 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung am Standort **Augustenhof**. Balken zeigen Mittelwerte aus 3-12 Wiederholungen, Fehlerbalken den Standardfehler. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Tukey-B-Test ($p = 0,05$).

Die Triebzahlen unterschieden sich deutlicher zwischen den Bearbeitungsvarianten, jedoch waren auch hier die Unterschiede nicht statistisch absicherbar. *Standard Gly* zeigte trotz der höchsten Pflanzenzahl vor Winter die geringste Triebzahl/m² zu Vegetationsbeginn. *Hektor* und *Mulchen* (Varianten 4 und 6) als Variante ohne Bodenbewegung in der ersten Stoppelbearbeitung wiesen die höchsten Triebdichten auf. Variante 7, *Mulchen & flach*, die im Gegensatz zu Variante 6 in der Grundbodenbearbeitung auf 5-8 statt auf 15-18 cm Tiefe arbeitete, und die Striegelvariante erreichten eine etwas geringere Triebdichte.

Die Pflanzenzahlen am Standort **Bürau** zeigten, wie in Abbildung ersichtlich, ein mit jenen am Standort Augustenhof vergleichbares Niveau. Es wurden Pflanzenzahlen zwischen 167 und 200/m² erreicht. Variante 5, *Striegel 3x*, bildete hier mit durchschnittlich 167 Pflanzen/m² den dünnsten Bestand, während sich die beiden Standard- und die beiden Mulchvarianten mit zwischen 193 und 200 Pflanzen je Quadratmeter am dichtesten präsentierten.

Im Gegensatz dazu wurde in Variante 6, *Mulchen*, zu Vegetationsbeginn die geringste Anzahl Triebe je Quadratmeter gezählt. Hier wies die Glyphosatvariante, in der der Aufwuchs vor der Grundbodenbearbeitung chemisch abgetötet wurde, die höchste Triebdichte auf. Die beiden Standard-Varianten zeigten gegenläufige Trieb- und Pflanzenzahlen: Während in Variante 2 weniger Pflanzen gezählt wurden, bestockten diese sich bis zum Vegetationsbeginn stärker als in Variante 3.

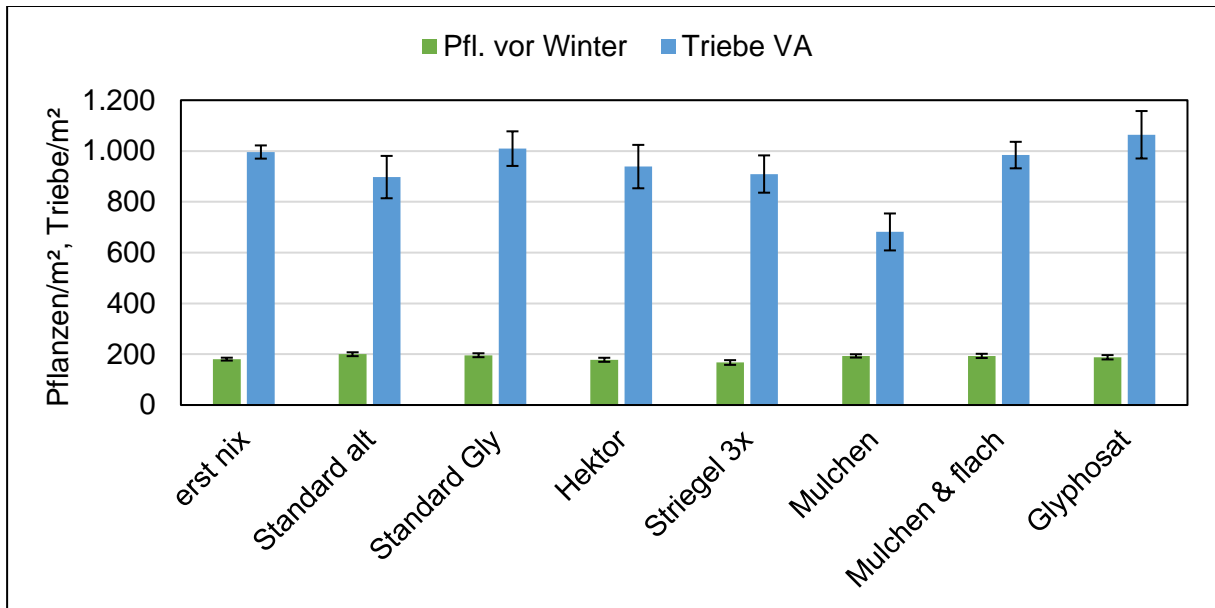


Abbildung 15: Weizenpflanzen/m² vor Winter 2016 und Triebe/m² zu Vegetationsbeginn 2017 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung am Standort **Bürau**. Balken zeigen Mittelwerte aus 3-12 Wiederholungen, Fehlerbalken den Standardfehler. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Tukey-B-Test ($p = 0,05$).

Die Pflanzen- und Triebzahlen vor Winter und zu Vegetationsbeginn am Standort **Krummbek** sind in Abbildung dargestellt. Hier bewegten sich die Pflanzenzahlen mehr oder weniger knapp unter 200/m²; nur in Variante 8, **Glyphosat**, wurden 206 Pflanzen gezählt. Die beiden Mulch- und die Striegelvariante lagen in der Bestandesdichte vergleichsweise niedrig, ebenso wie Varianten 1, **erst nix**, und 3, **Standard Gly**.

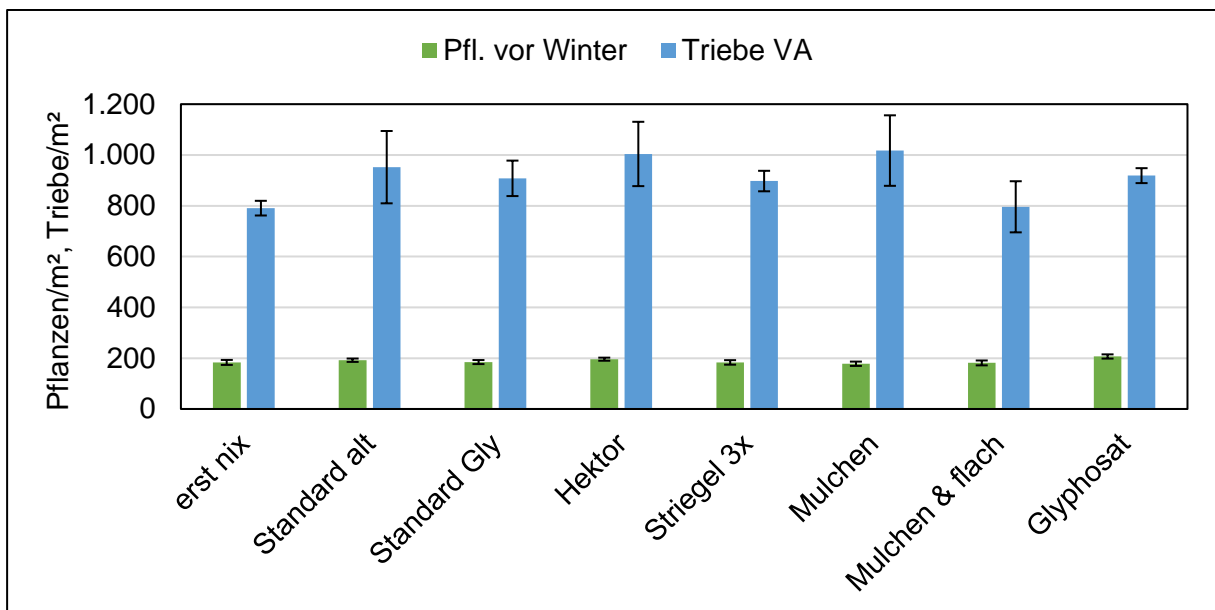


Abbildung 16: Weizenpflanzen/m² vor Winter 2016 und Triebe/m² zu Vegetationsbeginn 2017 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung am Standort **Krummbek**. Balken zeigen Mittelwerte aus 3-12 Wiederholungen, Fehlerbalken den Standardfehler. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Tukey-B-Test ($p = 0,05$).

Die Triebdichten in den Varianten 1, **erst nix**, und 7, **Mulchen & flach**, waren am geringsten. Dahingegen wurden in Variante 6, **Mulchen**, am meisten Triebe gezählt, obwohl vor dem Winter hier noch der dünnste Bestand vorgefunden wurde. Die beiden Mulchvarianten unterschieden sich um durchschnittlich rund 220 Triebe. Die tiefere Grundbodenbearbeitung lag hier in der Bestockung klar vorne, da sich die Pflanzenzahlen vor dem Winter nur marginal unterschieden.

3.2.3 Erntejahr 2018

Die Pflanzen- und Triebzahlen vor dem Winter 2017 und zu Vegetationsbeginn 2018 am Standort **Krummbek** zeigt Abbildung 15. Auf beide Parameter hatte die Bodenbearbeitung nach Raps keinen statistisch nachweisbaren Einfluss. Es wurden zwischen 150 und 185 Pflanzen je Quadratmeter erfasst. Varianten 4, *Hektor*, 5, *Striegel 3x*, 7, *Mulchen & flach*, und 8,

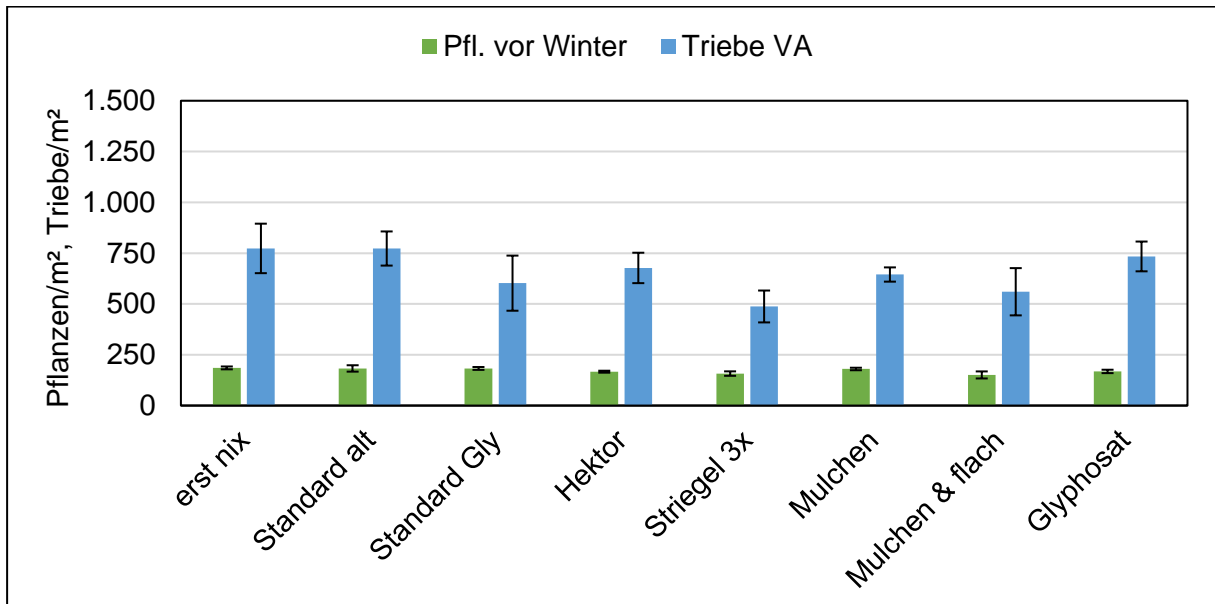


Abbildung 15: Weizenpflanzen/m² vor Winter 2017 und Triebe/m² zu Vegetationsbeginn 2018 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung am Standort **Krummbek**. Balken zeigen Mittelwerte aus 3 Wiederholungen, Fehlerbalken den Standardfehler. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Tukey-B-Test ($p = 0,05$).

Glyphosat, wiesen die niedrigsten Pflanzenzahlen auf. Hier wurde in der ersten Stoppelbearbeitung sehr flach oder ganz ohne Bodenbewegung gearbeitet. Gleiches gilt jedoch für Variante 1, *erst nix*, und 2, *Mulchen*, welche einen geringfügig dichteren Bestand bildeten, wobei Variante 1 jene mit den meisten Weizenpflanzen/m² an diesem Standort ist.

Markantere Unterschiede sind hinsichtlich der Triebdichte zu sehen. Hier schneidet Variante 5, *Striegel 3x*, mit 487 Trieben/m² deutlich am schwächsten ab. Auch Variante 7, *Mulchen & flach*,

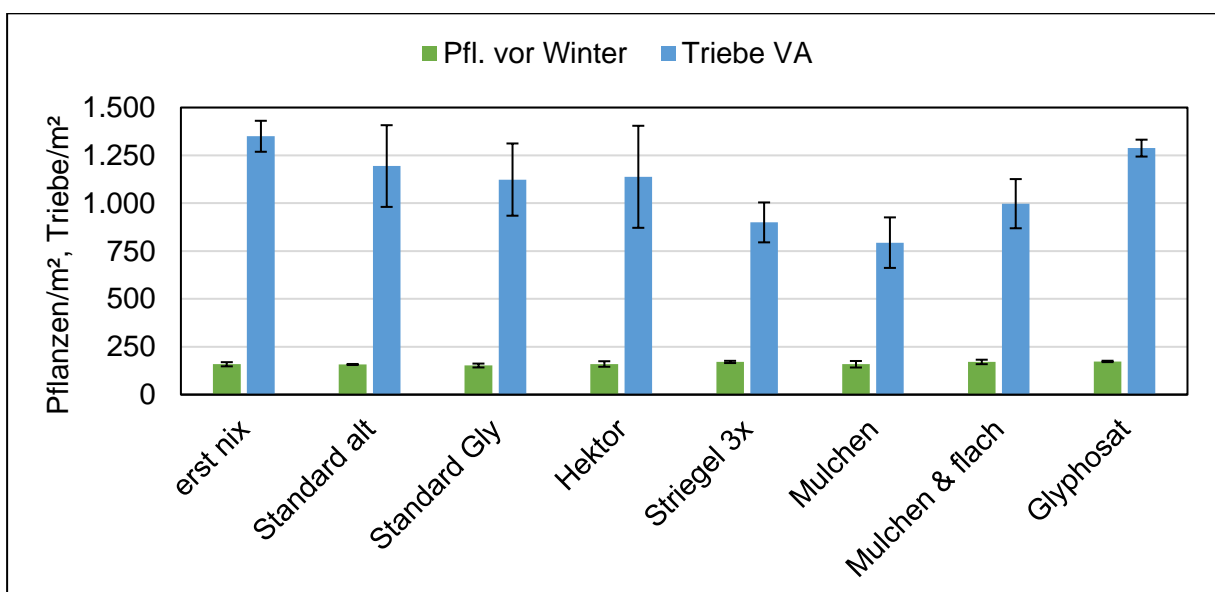


Abbildung 16: Weizenpflanzen/m² vor Winter 2017 und Triebe/m² zu Vegetationsbeginn 2018 in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung am Standort **Petersdorf**. Balken zeigen Mittelwerte aus 3 Wiederholungen, Fehlerbalken den Standardfehler. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede nach Tukey-B-Test ($p = 0,05$).

gehört zu den triebschwächsten Varianten. Die beiden Standard- sowie die Glyphosatvariante weisen mit um 750 Triebe/m² die höchste Triebdichte auf. Variante 3, *Standard Gly*, in der im Gegensatz zu Variante 2, *Standard alt*, statt einer Saatbettbereitung auf 15-18 cm der Aufwuchs chemisch abgetötet wurde, liegt deutlich hinter der mechanisch bearbeiteten Variante.

Die Pflanzenzahlen vor dem Winter 2017 am Standort **Petersdorf** bewegten sich auf einem etwas niedrigeren Niveau als am Standort Krummbek, wie aus Abbildung 16 ersichtlich wird. Hier wurden zwischen 152 und 173 Pflanzen/m² gezählt. Während Variante 7, *Mulchen & flach*, am Standort Krummbek die geringste Pflanzenzahl aufwies, wird sie hier nur noch von der Glyphosatvariante übertroffen. Die beiden Standardvarianten zeigten im Gegensatz zum Standort Krummbek den dünnsten Bestand. Insgesamt waren die variantenspezifischen Unterschiede jedoch nicht statistisch signifikant.

Die Triebdichte am Standort Petersdorf lag deutlich höher als jene am Standort Krummbek: Während hier die schwächste Variante, *Mulchen* (5), knapp über 750 Triebe bildete, liegen in Krummbek die beiden triebstärksten Varianten in diesem Bereich. Über alle Varianten wurden zwischen 794 und 1.350 Triebe/m² gezählt. Auffällig ist weiterhin, dass Variante 1, *erst nix*, trotz eher geringer Pflanzenzahl vor dem Winter im Frühjahr die höchste Triebdichte aufwies. Die Varianten 5, 6 und 7, welche in der ersten Stoppelbearbeitung den Boden höchstens auf 2-4 cm bearbeiteten, jedoch ohne zu mischen, zeigen die geringste Bestockung. Variante 4, *Hektor*, weist zwar einen höheren Mittelwert auf, ist jedoch durch eine starke Streuung charakterisiert.

3.3 Ertrag und Qualität der Folgefrucht Winterweizen

Nach der Betrachtung der Bestandesentwicklung der Folgefrucht Weizen und deren Beeinflussung durch die verschiedenen Strategien im Nacherntemanagement nach Raps werden im folgenden Kapitel die relativen Kornerträge bezogen auf das Versuchsmittel am Standort im jeweiligen Jahr sowie die Qualitätsparameter Protein und Tausendkornmasse (TKM) gezeigt. Dabei werden in den Tabellen exemplarisch die Variantenbezeichnungen aus den Erntejahren 2017 und 2018 verwendet. Da sich die Bodenbearbeitungsverfahren im Erntejahr 2016 noch von diesen unterscheiden, werden die Ergebnisse optisch abgeteilt und nicht im Mittelwert berücksichtigt.

Tabelle 5: Relative Kornerträge der Folgefrucht Winterweizen bei 14,5 % Feuchte in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung nach Raps bezogen auf das Ertragsmittel am Standort im jeweiligen Jahr. Exemplarisch werden die Variantenbezeichnungen der Erntejahre 2017 und 2018 verwendet. Zugrundeliegende Daten sind Mittelwerte aus 2-3 Wiederholungen. Grau gekennzeichnete Werte enthalten Ausreißer, deren Grund nicht nachvollziehbar ist. N.a. kennzeichnet Werte, die aufgrund von Wiegefehlern bei der Ernte verworfen werden mussten.

		Kornertrag Winterweizen relativ [%] bei 14,5 % Feuchte							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Versuchsstandort-Jahr	Ertragsmittel am Standort [dt/ha]	erst nix	Standard alt	Standard Gly	Hektor	Striegel 3x	Mulchen	Mulchen & flach	Glyphosat
Sb-16	109,3	91	95	96	77	119	99	n.a.	n.a.
Ft-16	97,8	104	101	101	103	96	97	97	102
Au-17	111,8	105	99	99	111	106	100	106	98
Bü-17	117,0	96	108	101	100	100	97	99	98
Kr-17	105,9	110	108	92	85	101	108	101	107
Kr-18	105,1	103	98	104	104	98	98	97	97
Pd-18	103,9	99	104	99	100	100	96	100	103
<i>Mittel 17/18</i>	<i>108,7</i>	<i>102</i>	<i>103</i>	<i>102</i>	<i>104</i>	<i>99</i>	<i>100</i>	<i>99</i>	<i>97</i>

Tabelle 5 verdeutlicht, dass die verschiedenen Strategien im Nacherntemanagement nach Raps sich in keinem der Versuchsjahre statistisch signifikant auf den Ertrag des nachfolgenden Winterweizens auswirkten. Es ist eine leichte Tendenz zu sehen, die Varianten 5, 7 und 8 in den Erntejahren 2017 und 2018 ertraglich etwas schlechter dastehen lässt als die übrigen. Varianten 1-4, lagen dagegen etwas höher. Ähnliches lässt sich für das Erntejahr 2016 feststellen, wobei hier Variante 8, *Glyphosat*, etwas besser abschnitt.

Die Proteingehalte in Tabelle 6 lagen über alle Standorte der Versuchsjahre 2017/18 zwischen 10,9 und 12,7 %, während im Erntejahr 2016 sogar 13,0 % Protein erreicht wurden. Signifikante Unterschiede ergaben sich nur im Erntejahr 2018 am Standort Krummbek zwischen

Tabelle 6: Proteingehalt der Folgefrucht Winterweizen bei 14,5 % Feuchte in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung nach Raps sowie das Ertragsmittel am Standort im jeweiligen Jahr. Exemplarisch werden die Variantenbezeichnungen der Erntejahre 2017 und 2018 verwendet. Zugrundeliegende Daten sind Mittelwerte aus 3 Wiederholungen.

		Proteingehalt Winterweizen [%] bei 14,5 % Feuchte								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Versuchsstandort-Jahr	mittl. Proteingehalt am Standort [g]	erst nix	Standard alt	Standard Gly	Hektor	Striegel 3x	Mulchen	Mulchen & flach	Glyphosat	
Sb-16	11,5	11,0	11,5	11,3	11,5	11,1	11,6	12,1	11,7	
Ft-16	12,9	13,0	12,9	12,7	12,8	12,9	13,0	13,0	12,8	
Au-17	12,0	12,2	11,8	12,1	11,9	11,9	11,9	12,0	12,0	
Bü-17	12,5	12,7	12,6	12,5	12,3	12,6	12,4	12,2	12,4	
Kr-17	11,5	11,3	11,7	11,3	11,6	11,3	11,9	11,3	11,6	
Kr-18	11,6	12,0 b	11,5 ab	11,8 ab	11,6 ab	11,5 ab	11,3 a	11,7 ab	11,5 ab	
Pd-18	11,1	11,4	11,6	11,0	11,1	10,9	10,9	10,9	11,0	
Mittel 17/18	11,7	11,9	11,9	11,7	11,7	11,6	11,7	11,6	11,7	

Variante 1, *erst nix*, und Variante 6, *Mulchen*. Friedrichsthal im Erntejahr 2016 stach insgesamt durch höhere Proteingehalte hervor, zwischen den Varianten waren die Unterschiede jedoch nicht statistisch nachweisbar. Variante 1, *erst nix*, und Variante 2, *Standard alt*, wiesen über alle Standorte und Jahre gesehen die höchsten Proteingehalte auf.

Es wurden während der Dauer des Versuchs Tausendkornmassen zwischen 40,2 und 51,7 g gemessen. Statistisch absicherbare Unterschiede traten nur im Erntejahr 2017 am Standort Augustenhof auf. Generell sind die Unterschiede zwischen den Jahren deutlicher als jene zwi-

Tabelle 7: Tausendkornmasse (TKM) der Folgefrucht Winterweizen bei 14,5 % Feuchte in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung nach Raps sowie das Ertragsmittel am Standort im jeweiligen Jahr. Exemplarisch werden die Variantenbezeichnungen der Erntejahre 2017 und 2018 verwendet. Zugrundeliegende Daten sind Mittelwerte aus 3 Wiederholungen.

		TKM Winterweizen [g] bei 14,5 % Feuchte							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Versuchsstandort-Jahr	mittl. TKM am Standort [g]	erst nix	Standard alt	Standard Gly	Hektor	Striegel 3x	Mulchen	Mulchen & flach	Glyphosat
Sb-16	48,8	48,5	49,1	47,0	47,3	47,4	49,0	51,7	50,6
Ft-16	47,3	47,0	47,2	46,2	47,5	47,6	47,9	47,5	47,2
Au-17	42,1	40,2 a	42,8 b	41,7 ab	42,2 ab	42,4 ab	42,7 b	43,0 b	41,8 ab
Bü-17	44,1	44,2	43,7	44,6	43,8	44,9	43,9	44,5	43,2
Kr-17	42,9	41,5	42,2	44,3	42,3	43,6	42,2	43,4	43,7
Kr-18	47,8	47,0	49,2	47,3	47,4	48,1	47,9	48,0	47,3
Pd-18	49,3	48,7	48,9	49,1	49,4	49,1	49,3	49,7	50,0
Mittel 17/18	45,2	44,3	45,3	45,4	45,0	45,6	45,2	45,7	45,2

schen den Bodenbearbeitungsvarianten. Variante 7, *Mulchen & flach*, zeigt im Mittel die höchste TKM, während Variante 1, *erst nix*, über alle Standorte und Versuchsjahre den niedrigsten Wert aufweist.

3.4 Rapsertag und Qualität in der folgenden Rotation

Die folgenden drei Tabellen zeigen die Auswirkungen des Nacherntemanagements auf den Ertrag und die Qualitätsparameter Ölgehalt und TKM des in der folgenden Rotation gesäten Rapses. Es ist dabei zu beachten, dass die hinter den Variantennummern stehenden Verfahren sich bei Sb-16 von den anderen beiden Standorten im Jahr 2017 unterscheiden

Der relative Kornertrag liegt in den Varianten 1, *erst nix*, und 4, *Hektor*, im Nachbarerntungsjahr 2019 am höchsten (s. Tabelle 8). Die beiden Mulchvarianten und Variante 3, *Standard Gly*, führten zu geringeren Kornerträgen. Statistisch signifikante Unterschiede ergaben sich jedoch nicht.

Tabelle 8: Relative Kornerträge des Rapses in der folgenden Rotation bei 9 % Feuchte in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung nach Raps bezogen auf das Ertragsmittel am Standort im jeweiligen Jahr. Exemplarisch werden die Variantenbezeichnungen der Erntejahre 2017 und 2018 verwendet. Zugrundeliegende Daten sind Mittelwerte aus 3 Wiederholungen.

		Kornertrag Raps relativ [%] bei 9 % Feuchte							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Versuchsstandort-Jahr (Erntejahr WRa)	Ertragsmittel am Standort [dt/ha]	erst nix	Standard alt	Standard Gly	Hektor	Striegel 3x	Mulchen	Mulchen & flach	Glyphosat
Sb-16 (18)	43,1	101	99	94	103	103	100	97	102
Au-17 (19)	40,4	103	96	102	99	99	97	99	103
Bü-17 (19)	40,4	102	103	94	106	101	99	96	99
Mittel 2019	40,4	103	100	98	103	100	98	98	101

Der Ölgehalt lag im Nachbeerntungsjahr 2019 in Variante 6, *Mulchen*, mit durchschnittlich 46,3 % am höchsten. Am Standort Büro wurden generell höhere Werte erreicht als am Standort Augustenhof. Die beiden Varianten, in denen Glyphosat zum Einsatz kam, sowie die Variante mit Messerwalze in der ersten Stoppelbearbeitung (4, *Hektor*) lagen ebenfalls knapp über dem Durchschnitt. Mit 45,6 % weist Variante 1, *erst nix*, den niedrigsten Ölgehalt auf.

Tabelle 9: Ölgehalt des Rapses in der folgenden Rotation bei 9 % Feuchte in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung nach Raps sowie das Ertragsmittel am Standort im jeweiligen Jahr. Exemplarisch werden die Variantenbezeichnungen der Erntejahre 2017 und 2018 verwendet. Zugrundeliegende Daten sind Mittelwerte aus 3 Wiederholungen.

		Ölgehalt Raps [%] bei 9 % Feuchte							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Versuchsstandort-Jahr (Erntejahr WRa)	mittl. Ölgehalt am Standort [%]	erst nix	Standard alt	Standard Gly	Hektor	Striegel 3x	Mulchen	Mulchen & flach	Glyphosat
Sb-16 (18)	45,7	45,6	45,8	45,6	45,4	45,7	45,8	45,8	45,8
Au-17 (19)	45,0	44,6	45,3	44,7	45,2	45,1	45,4	44,8	44,7
Bü-17 (19)	47,1	46,6	46,6	47,5	47,0	47,0	47,2	47,0	47,5
Mittel 2019	46,0	45,6	45,9	46,1	46,1	46,0	46,3	45,9	46,1

Die Tausendkornmasse zeigte im Erntejahr 2019 nahezu keine Schwankungen; sie bewegte sich zwischen 4,7 und 5,1 g (vgl. Tabelle 10). Der Unterschied zwischen den Jahren ist hier deutlich größer: Im Nachbeerntungsjahr 2018 erreichte Variante 6, *Mulchen*, beispielsweise nur eine TKM von 3,9 im Vergleich zu 4,9 g im Jahr 2019.

Tabelle 10: Tausendkornmasse (TKM) des Rapses in der folgenden Rotation bei 9 % Feuchte in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung nach Raps sowie das Ertragsmittel am Standort im jeweiligen Jahr. Exemplarisch werden die Variantenbezeichnungen der Erntejahre 2017 und 2018 verwendet. Zugrundeliegende Daten sind Mittelwerte aus 3 Wiederholungen.

		TKM Raps [g] bei 9 % Feuchte							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Versuchsstandort-Jahr (Erntejahr WRa)	mittl. TKM am Standort [g]	erst nix	Standard alt	Standard Gly	Hektor	Striegel 3x	Mulchen	Mulchen & flach	Glyphosat
Sb-16 (18)	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2	4,1	3,9	4,1	4,1
Au-17 (19)	4,9	4,9	4,9	4,8	5,0	4,8	4,9	4,9	5,0
Bü-17 (19)	4,9	5,1	4,9	5,1	4,9	5,0	4,9	4,7	4,8
Mittel 2019	4,9	5,0	4,9	4,9	5,0	4,9	4,9	4,8	4,9

4 Diskussion

In diesem Kapitel folgt zunächst eine kurze Methodenkritik, bevor auf die Eignung der verschiedenen Bodenbearbeitungssysteme für die Ausfallrapskontrolle eingegangen wird.

4.1 Methodenkritik

Aufgrund der Dynamik des Bodensamenvorrats in Rapsfruchtfolgen müssen zur Beantwortung einer Versuchsfrage hinsichtlich des Ausfallrapspotenzials eines Schrages geeignete Flächen ausgewählt werden. Diese sind natürlich am besten jungfräulich, was den Anbau von Raps angeht, um sicherzustellen, dass erfasster Ausfallrap nicht aus länger zurückliegendem Rapsanbau stammt. Die für diesen Versuch ausgewählten Flächen waren solche, die aus Erfahrung keine hohe Vorbelastung hinsichtlich des Samenpotenzials im Boden aufwiesen, da auf ihnen schon länger kein Raps angebaut wurde. Eine 100 %-ige Garantie, dass der im Versuch gezählte Ausfallrap nicht aus Altlasten stammt, gibt es selbstverständlich nicht. Auch die gleichbleibende Position der Zählquadrate für die Ausfallrapserfassung kann trotz ihrer Einmessung per GPS nicht gänzlich sichergestellt werden, da die abgesteckten Quadrate naturgemäß vor jeder Bodenbearbeitungsmaßnahme entfernt werden mussten. Ihre Lage in Bezug auf den Mähdrescher ist weiterhin von Bedeutung, da die Verteilung bei der Ernte entstehender Verluste nicht überall gleich ist. Je nachdem, ob sich die Zählstelle am Rand des Schneidwerks, zentral hinter dem Drescher oder dazwischen befindet, kommt dort unterschiedlich viel Ausfallrap zu liegen. Dieser Punkt wurde weitgehend bei der Wahl der Zählflächen berücksichtigt.

Aufgrund der in den letzten Jahren zunehmend lokal unterschiedlichen Niederschlagsverteilung ist die Verwendung der Wetterstation Fehmarn für alle Standorte kritisch zu bewerten, aufgrund fehlender Wetterdaten kleinräumigerer Auflösung jedoch die Variante, die der Wahrheit am nächsten kommt. Auf diese Weise lassen sich jedoch nicht immer gesicherte Aussagen hinsichtlich der Bodenfeuchte und damit der Keimbedingungen am jeweiligen Standort treffen.

Mechanische Bearbeitungsmaßnahmen, welche lediglich die Bodenoberfläche ankratzen, jedoch keine schneidende oder mischende Wirkung haben, schlagen den Ausfallrap zwar an und dezimieren den Aufwuchs sicherlich, die Gefahr, dass angekratztter Ausfallrap wieder anwächst, oder gar nicht erst herausgerissen wird, ist jedoch vorhanden, sodass es – hier ist besonders die Striegelvariante zu nennen – dazu kommen kann, dass hohe Ausfallrapzahlen nach wiederholten Bearbeitungsgängen nicht (nur) mit einer starken Keimung zusammenhängen, sondern dass die vorangegangenen Auflaufwellen auch bei nachfolgenden Zählungen noch miterfasst werden.

Die verwendeten Methoden wurden ausgewählt, da es keine brauchbaren Alternativen gibt. Gruber et al. (2004) konnten von 10.000 ausgebrachten Samen/m², die in einen jungfräulichen Boden eingebracht wurden, in der Summe aufgelaufener Pflanzen, geplatzter Körnern und verbliebener Samen mit wissenschaftlicher Akribie weniger als 40 % der Ausgangssamen wiederfinden.

Abschließend ist zum Variantenplan zu sagen, dass die getesteten Bodenbearbeitungssysteme sich hauptsächlich hinsichtlich der ersten Stoppelbearbeitung unterscheiden und somit die Zählungen nach dieser Bodenbearbeitung am aussagekräftigsten sind.

4.2 Eignung der Bodenbearbeitungssysteme für die Ausfallrapskontrolle

Der Erfolg oder Misserfolg einer Bodenbearbeitungsmaßnahme – nicht nur in Hinblick auf den Umgang mit Ausfallrap – hängt von mehreren Faktoren ab. Vor der ersten Stoppelbearbeitung muss eine Reihe von Fragen beantwortet werden, die das weitere Vorgehen bestimmen: Wie hoch ist das Ernterestaufkommen, wie gut verteilt und zerkleinert sind die Erntereste?

Welche Ansprüche an die Bodenstruktur stellt die Folgekultur; (wie tief) muss der Boden gelockert werden? Gilt es, Feuchtigkeit zu konservieren oder muss eine Abtrocknung des Bodens bis zur nächsten Aussaat erreicht werden? Und nicht zuletzt muss die Frage gestellt werden, wie viel Zeit bis zur Aussaat der Folgekultur bleibt, sodass nach jedem Bodenbearbeitungsgang eine genügend lange Bodenruhe für das Auflaufen eventueller Unkräuter/-gräser und Ausfallkorn gewährleistet werden kann. Letzteres ist gerade nach Raps von großer Bedeu-

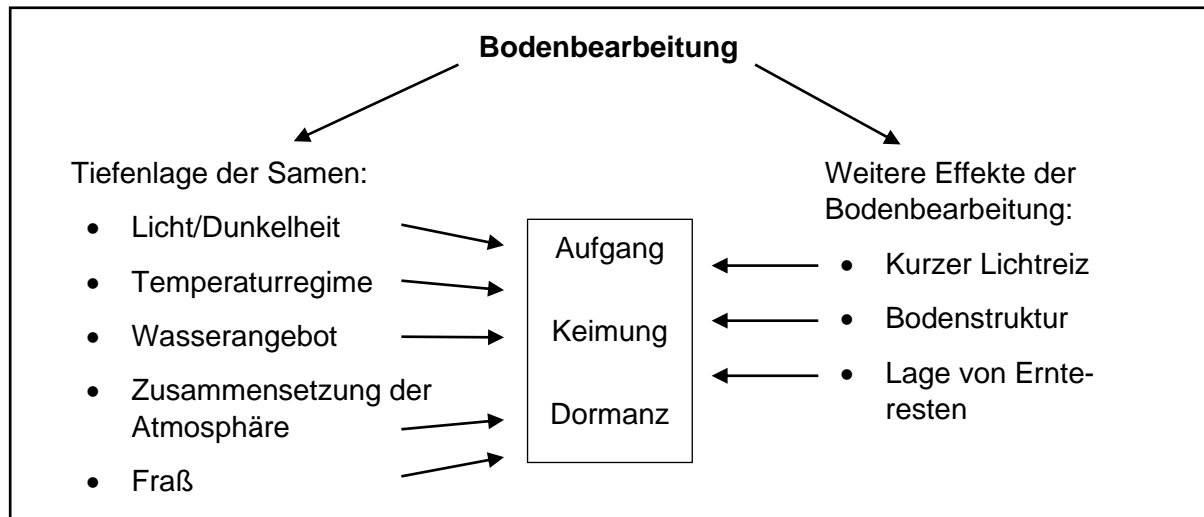


Abbildung 17: Einfluss der Bodenbearbeitung auf Dormanz, Keimung und Aufgang von Samen. Auswirkungen einer veränderten Tiefenlage auf relevante Faktoren (links) sowie weitere, mit der Bodenbearbeitung verbundene Veränderungen (rechts) (PEKRUN 2004).

tung. Nach der Ernte können, bedingt durch verfrühten Ausfall bei zu später Ernte oder ungleichmäßiger Abreife sowie durch Verluste bei der Ernte selbst, zwischen 4.000 und 6.000 Rapssamen/m² auf der Bodenoberfläche verbleiben (GRUBER ET AL. 2008). Diese dürfen keinesfalls durch die Induktion sekundärer Dormanz den Aufbau einer Samenbank verursachen. Es gilt also, die ausgefallenen Samen entweder zum Keimen zu bringen, um den Aufwuchs im Anschluss beseitigen zu können, oder eine direkte Mortalität der Samen zu erzielen. Der Einfluss, den die Bodenbearbeitung darauf nehmen kann, ist Abbildung 17 zu entnehmen.

Steht Weizen nach Raps, ist der Zeitraum zwischen Ernte der Vor- und Aussaat der Folgefrucht in der Regel relativ lang, sodass das Einhalten von Wartezeiten für die Keimung und das Auflaufen des Ausfallrapses kein Problem darstellt. Wie viel Raps nach einer Maßnahme keimt, hängt, außer von der Menge am Boden liegender Rapskörner, unter anderem von Temperatur und Bodenfeuchte ab, sowie davon, ob und wenn ja wie viel des Rapses verschüttet wurde (vgl. Abbildung 17). Temperatur- und Wasserverhältnisse im Boden sind erheblichen Schwankungen unterworfen, sodass der Altrapsaufschlag von Jahr zu Jahr stark variieren kann (PEKRUN ET AL. 2006). Raps, der bei der Stoppelbearbeitung verschüttet wird, entwickelt entsprechend seiner Tiefenlage eine sekundäre Dormanz aufgrund der dort herrschenden ungünstigen Keimbedingungen. Dabei kann schon eine geringe Bodentiefe ausreichen, da Licht in physiologisch und ökologisch wirksamen Mengen meist nicht tiefer als 4-5 mm in den Boden eindringt (TESTER & MORRIS 1987). Das Verschütten von Rapssamen wird umso wahrscheinlicher, je mehr Boden bewegt wird und je stärker mischend diese Bodenbewegung ausfällt. Der Anteil Rapssamen, der anschließend noch genug Licht erhält, um zu keimen, wird dadurch verringert. Dieser Sachverhalt ist in Ft-16, Bü-17, Kr-17 und Kr-18 (Abbildung 6, Abbildung 8, Abbildung 9 und Abbildung 10) sichtbar. Hier wurde zur ersten Stoppelbearbeitung flach mit der Kurzscheibenegge gearbeitet. Im Allgemeinen zeigen die Ergebnisse des vorliegenden Versuchs, dass die *Standard*-Varianten so gut wie nie zu den Besten gehören. Die Bodenbewegung durch die Kurzscheibenegge reicht also offenbar aus, um Ausfallraps zu vergraben, sodass er unter Lichtabschluss in sekundäre Keimruhe fällt. Unterschiede zwischen den *Standard*-Varianten sind vermutlich auf Heterogenitäten des Versuchsfeldes zurückzuführen, da

sich zum Teil auch nach gleicher Bodenbearbeitung noch deutliche Unterschiede im Altrapsaufschlag ergeben.

Es kann von Vorteil sein, die erste Stoppelbearbeitung erst nach frühestens zwei Wochen durchzuführen. Ist genug Feuchtigkeit vorhanden, kann auf diese Weise der Ausfallraps auflaufen, noch bevor bei einer Bodenbearbeitung Samen vergraben werden können. Hierfür sind – sofern etwas Bodenfeuchte vorhanden ist – bereits geringe Niederschläge und sogar Taubildung ausreichend (JÄCKEL 2020). Bei starken Tag-Nacht-Amplituden der Temperatur sowie nächtlicher Taubildung kann zudem eine hohe Mortalität durch Aufplatzen der Rapssamen nach mehrfachem Quellen und Schrumpfen (DÖLGER 2020, mündliche Mitteilung) sowie durch Ankeimen und nachfolgendes Vertrocknen (PEKRUN ET AL. 2011) erreicht werden. Auch die Wahrscheinlichkeit der Verringerung der Anzahl an Ausfallsamen durch Fraß (bspw. durch Laufkäfer, Mäuse, Vögel) ist an der Bodenoberfläche höher (PEKRUN ET AL. 2011). Ein geringes Ausfallrapsaufkommen muss also bei dieser Vorgehensweise kein schlechtes Zeichen sein. Auf der anderen Seite können Rapssamen bei zu starker Trockenheit aufgrund fehlenden Keimwassers nicht auflaufen; sie sind quieszent. Das bedeutet, die Samen sind grundsätzlich keimbereit, keimen jedoch aufgrund unzureichender Verfügbarkeit chemischer und physikalischer Faktoren wie Wasser, Sauerstoff oder bestimmter Temperaturverhältnisse nicht (GRUBER 2004). Dies ist zur Aussaat 2016 am Standort Augustenhof (Erntejahr 2017, vgl. Abbildung 7) erkennbar. Die Varianten *Mulchen*, *Mulchen & flach* und *Hektor* weisen höhere Pflanzenzahlen auf als die Variante mit verzögerter Stoppelbearbeitung. In der Mulchschicht herrscht ein feuchtes, nicht zu heißes Milieu aufgrund der Restfeuchte des Rapsstrohs und der besseren Konservierung der Bodenfeuchte, wodurch ideale Keimbedingungen geschaffen werden (HÖTTE 2017). Auf der anderen Seite werden unter der Mulchschicht Rotteprozesse und Verpilzungen beschleunigt, die die Ausfallrapssamen oder deren Keimfähigkeit reduzieren können (HÖTTE 2017). Dies mag insbesondere in feuchteren Jahren der Fall sein, was die Pflanzenzahlen in Abbildung 11 vermuten lassen. Auch die *Standard*-Varianten zeigen zur Aussaat 2016 (Abbildung 7) ein geringfügig höheres Ausfallrapsaufkommen. Durch das tiefere Arbeiten waren sie scheinbar in der Lage, noch etwas Bodenfeuchte an die Oberfläche zu bringen, die dann den Ausfallraps, der nicht verschüttet wurde, zum Keimen anregte. In Bürau im selben Jahr ist der Altrapsaufschlag generell höher (vgl. Abbildung 8), was eine lokal bessere Bodenwasserverfügbarkeit vermuten lässt. Bei solch trockenen Bedingungen, wie am Standort Augustenhof, kann es angeraten sein, mit der ersten Stoppelbearbeitung noch deutlich länger zu warten, als die oben erwähnten zwei Wochen, um auf keinen Fall Samen im trockenen Boden zu vergraben. Durch die dort herrschenden keimunfreundlichen Bedingungen (Dunkel- und Trockenheit) würde sekundäre Dormanz induziert, sodass die Samen auf einen Lichtreiz angewiesen sind, um wieder keimfähig zu werden. Untersuchungen von PEKRUN ET AL. (2006) sowie PEKRUN & HUBERT (2012) haben gezeigt, dass der Anteil dormanter Samen während einer Trockenphase abnimmt, je länger die Samen Lichteinfluss ausgesetzt waren, bevor sie in dunkles Milieu (beispielsweise durch Verschütten bei einer Bodenbearbeitungsmaßnahme) gelangen. Dies wurde von PEKRUN & HUBERT (2012) bis zu einer Dauer von vier Wochen mit Lichteinfluss getestet. Nach dieser Zeit wurde der geringste Anteil dormanter Samen festgestellt. Wechselnde Licht- und Feuchteverhältnisse, Temperaturschwankungen und ausreichend Luft sind dormanzbrechende Faktoren bzw. sie verhindern, dass überhaupt Dormanz entsteht, da diese Signale dem Samen Oberflächennähe anzeigen (PEKRUN ET AL. 2003). Gerade bei trockener Witterung ist daher eine Bewegung der Ausfallsamen vorteilhaft zu sehen. Durch den Einsatz eines Striegels beispielsweise fallen Rapskörner aus dem Stroh auf den Boden, wo sie bei Feuchtigkeit keimen können. Dabei werden sie jedoch nicht angedrückt; was durch mangelnden Bodenschluss die Keimung unterbinden kann. Daher sind die Kombination mit einer Walze oder mehrere Striegelgänge hintereinander sinnvoller als eine Soloanwendung (HÖTTE 2017). Das wird beim Vergleich der Varianten *Striegel 3x* und *Glyphosat* deutlich: In den meisten Fällen konnte die Striegelvariante, welche in der T2-Maßnahme den

dritten Striegelgang erhielt, gegenüber der chemisch behandelten Variante später noch mehr Raps zum Keimen bringen.

4.3 Einfluss der Bodenbearbeitungssysteme auf die Folgefrucht Winterweizen

Während eine durchgehend flache oder gar noninvasive Bearbeitung hinsichtlich des Altrapsaufschlags von Vorteil ist, können eine fehlende Lockerung der Krume oder Erntereste die Keimung und Entwicklung der Folgefrucht (hier: Winterweizen) beeinträchtigen. Grundsätzlich ist zu sagen, dass alle bis auf Variante 7, *Mulchen & Flach*, in der Grundbodenbearbeitung auf 15-18 cm Tiefe bearbeitet wurden, sodass eine unzureichende Lockerung unwahrscheinlich ist. Tatsächlich fällt auf, dass die Mulchvariante, die flach bleibt, im Frühjahr häufig eine geringere Triebdichte aufweist, während die Pflanzenzahlen sich zwischen den Varianten kaum unterscheiden (vgl. Abbildung 12, Abbildung 13, 16 und Abbildung 15). Durch die flachere Bearbeitung erwärmt sich der Boden langsamer, was im Frühjahr die Entwicklung bremsen kann. Weiterhin wird das Rapsstroh in der Krume weniger stark verdünnt, da sich die anfallenden Erntereste innerhalb einer geringeren Krumentiefe verteilen müssen. Scheibenschare, die ausnahmslos auf allen Versuchsflächen liefen, sind empfindlich gegenüber hohem Ernterestaufkommen, was bei Raps zweifelsohne der Fall ist. Während Zinkenschare durch die gezogene Bewegung den Säschlitz freiräumen, bevor das Korn hineingelegt wird, ziehen Rollschare Erntereste mitunter in den Schlitz hinein (Hairpinning-Effekt), sodass das Korn zunächst beim Keimen früh auf einen mechanischen Widerstand trifft. Raps hat im Vergleich zu Getreide ein enges C:N-Verhältnis. Dennoch ist etwa 30- bis 50-mal so viel C wie N im Rapsstroh enthalten (LfULG 2014), sodass zur Mineralisierung desselben zunächst einmal N mikrobiell festgelegt und damit dem Weizen entzogen wird (NIEDER & RICHTER 1986). Tendenziell wird deutlich, dass die Erträge in der *Mulchen & Flach*-Variante am stärksten schwanken (vgl. Tabelle 5). Dies ist jedoch nicht statistisch nachweisbar, ebenso wie die Tendenz, dass die geringsten Ertragsschwankungen in den *Standard*-Varianten zu finden sind. Gleiches fanden auch PEKRUN ET AL. (2011) heraus: In einem zur Ertragsbildung von Winterweizen in Abhängigkeit der Stoppelbearbeitung zeigten sich keine Unterschiede im Ertrag.

4.4 Rapsertag in der Folgerotation

Um Folgeeffekte der Bodenbearbeitung auf der Rapsstoppel beschreiben zu können, wurde neben dem Folgeanbau des Winterweizens auch der nächste Rapsanbau betrachtet. Da, wie am Anfang der Diskussion beschrieben, die Methoden zur Beschreibung der Effekte lückenhaft sind, diente dieser Gesichtspunkt der Betrachtung von im Folgeraps auflaufende Altrapspflanzen, welche einen Einfluss auf den Ertrag des Folgerapses haben könnten. Da keine erhöhten Pflanzenzahlen im Rapsbestand festgestellt werden konnten (hier nicht dargestellt), lagen auch die gemessenen Erträge auf vergleichbarem Niveau. Ohnehin war und ist nicht anzunehmen, dass nach mehreren Jahren nicht differierender Bodenbearbeitung innerhalb der jeweilig angebauten Kultur nach dem Weizen sich noch Unterschiede im Sinne von Lockerung und/oder Mischung im Ertrag des Rapses der Folgerotation wiederfinden.

5 Fazit

Die Eignung eines Bodenbearbeitungssystems hängt erheblich von den Witterungsbedingungen ab. Das Herausögern der ersten Stoppelbearbeitung nach der Rapserte zeigt sich im Versuch vielversprechend, was in der Literatur bestätigt wird. Bei trockenen Bedingungen besteht jedoch die Gefahr, bei einer anschließenden Bodenbearbeitung Rapsamen im trockenen Boden zu vergraben, die zuvor aufgrund der Trockenheit nicht auflaufen konnten. Erst

recht, wenn durch die fehlende Bodenbearbeitung der Boden weiter austrocknet. In solchen Jahren ist anzuraten, die Stoppel zunächst zu mulchen und ggf. später zu striegeln und/oder zu walzen, um auf der Mulchschicht liegende Samen auf den Boden zu befördern und Bodenschluss zu gewährleisten. Diese Taktik bietet sich vor allem an Standorten mit kontinentalem Klima an, da dort die an der Küste auftretende Taubildung unterbleibt, welche oftmals zum Keimen des Ausfallrapses ausreicht.

Hinsichtlich der Ertragswirksamkeit der Stoppelbearbeitung gilt es, die Möglichkeit einer Wachstumshemmung durch Erntereste in Betracht zu ziehen. Weiterhin muss die Intensität der Grundbodenbearbeitung natürlich an die Bodenstruktur angepasst werden: Besteht krumentiefer Lockerungsbedarf aufgrund von Verdichtungen im Unterkrumenbereich, muss entsprechend tief gearbeitet werden, um dem nachfolgenden Weizen ein möglichst optimales Wachstumsmilieu zu bieten.

Insgesamt scheint ein System, welches die Rapssamen auch nach der Aussaat des Weizens im obersten Keimhorizont belässt, für eine hohe Mortalität des Ausfallrapses die größte Sicherheit zu erbringen. Dadurch hat der Ausfallraps ein ganzes Jahr Zeit zum Keimen oder Aufplatzen und wird nicht dem Bodensamenvorrat zugeführt. Ob dieses mit oder ohne Lockerung geschieht, entscheiden die Etablierungsbedingungen für die Folgekultur.

6 Literatur

- Gruber, S. (2004):** Genotypische Variation der Überdauerungsneigung von transgenem und konventionell gezüchtetem Raps und Möglichkeiten der Beeinflussung durch Bodenbearbeitung als Beitrag zur Sicherheitsforschung bei transgenen Kulturpflanzen. Dissertation Uni Hohenheim.
- Gruber et al. (2004):** Population dynamics of volunteer oilseed rape (*Brassica napus* L.) affected by tillage. *European Journal of Agronomy* 20, 351-361.
- Gruber, S.; Emrich, K.; Claupein, W. (2008):** Management der Bodensamenbank von Raps durch Bodenbearbeitung und Genotypenwahl – Bilanz aus drei Projektjahren. *Die Bodenkultur* 59 (1-4), 67-75.
- Hötte, S. 2017:** Ackerhygiene nach Raps. *Innovation Magazin* 02/2017.
- Jäckel, U. (2020):** Aktueller Pflanzenbaurat vom 10.06.2020: Pflanzenbau – Stoppelbearbeitung. Erhältlich unter <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/aktueller-pflanzenbaurat-vom-10-06-2020-42662.html>; letzter Zugriff 29.07.2020.
- LfULG (2014):** Strategien zur Verbesserung der Stickstoffeffizienz. Schriftenreihe, Heft 24/2014.
- Nieder, R. & Richter, J. (1986):** Einfluß der Strohdüngung auf den Verlauf der N-Mineralisation eines Löß-Parabraunerde-Ap-Horizontes im Säulen-Brutversuch. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 149, 202-210.
- Pekrun, C. (2003):** Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Überdauerung von Samen und andere pflanzenbauliche Parameter unter besonderer Berücksichtigung der Populationsdynamik von Ausfallraps. Habilitationsschrift Uni Hohenheim.
- Pekrun, C.; El Titi, A.; Claupein, W. (2003):** Implications of Soil Tillage for Crop and Weed Seeds. In: *Soil Tillage in Agroecosystems*, S. 115-146. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida.
- Pekrun, C.; Lutman, P. J. W.; Büchse, A.; Albertini, A.; Claupein, W. (2006):** Reducing potential gene escape in time by appropriate post-harvest tillage – Evidence from field experiments with oilseed rape at 10 sites in Europe. *European Journal of Agronomy* 25, 289-298.
- Pekrun, C.; Pflaum, S.; Henne, U. (2011):** Was ist über die Wirkung der Stoppelbearbeitung bekannt – wo fehlt es an Daten? *Landtechnik* 2/2011.
- Pekrun, C. & Hubert, S. (2012):** Einfluss der Stoppelbearbeitung auf Samenüberdauerung und den Aufgang von Rapsdurchwuchs. In: *Ausfallraps – Biologie, Bedeutung und Bekämpfung*, S. 90-103. BASF SE, Limburgerhof.
- Tester, M. & Morris, C. (1987):** The penetration of light through soil. *Plant, Cell and Environment* 10, 281-286.