

ZWISCHENBERICHT

Nachhaltige Bodenbearbeitungsverfahren unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns

Zielkonflikt Erosionsschutz - Pflanzenschutzmittelreduktion



IMPRESSUM

Titel

Nachhaltige Bodenbearbeitungsverfahren unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns

Forschungs-Nr.

10/19

Berichtszeitraum

2021-2022

Herausgeber

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

Institut für Pflanzenproduktion und Betriebswirtschaft

Dorfplatz 1/OT Gülzow • 18276 Gülzow-Prüzen

Telefon: 03843/789-0

Fax: 03843/789-111

poststelle@lfa.mvnet.de

www.lfamv.de

Autoren

Ines Bull • Telefon: 0385 58860-210

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

Dorfplatz 1/OT Gülzow • 18276 Gülzow-Prüzen • www.lfamv.de

Mitarbeiter

Tobias Thiel

Titelfoto

Erosionsschutz durch Mulchauflage zur Zwischenfruchtaussaat, Tobias Thiel, 26.08.2020

Gülzow, 30.08.2023

INHALT

1	Zusammenfassung	6
2	Einleitung	6
3	Material und Methoden.....	6
4	Ergebnisse	9
4.1	Herbizideinsatz	9
4.2	Unkrautentwicklung	14
4.3	Ertragsergebnisse	20
5	Diskussion	23
6	Fazit	25
7	Literatur	26
8	Überleitung seit 2021.....	27

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Verwendete Herbizid-Wirkstoffklassen.....	9
Tabelle 2:	Unkrautarten im Winterweizen nach Vorfrucht Winterraps	14
Tabelle 3:	Besatz an Roggentrespe in den Parzellen mit flacher nichtwendender Bearbeitung	20
Tabelle 4:	Kornertrag Winterraps, Vorfrucht Wintergerste	21
Tabelle 5:	Kornertrag Winterweizen, Vorfrucht Winterraps	21
Tabelle 6:	Kornertrag Winterweizen, Vorfrucht Silomais	22
Tabelle 7:	Kornertrag Wintergerste, Vorfrucht Winterweizen	22
Tabelle 8:	Trockenmasseertrag Silomais, Vorfrucht Winterweizen/Zwischenfrucht	23

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Die vier Versuchsfelder des Bodenbearbeitungs- und Düngungsversuches	7
Abbildung 2:	Abdeckung der Unkrautboniturflächen während der Herbizidbehandlung	8
Abbildung 3:	Bodenbearbeitung und Unkrautbekämpfung in den Varianten mit jährlichem Pflugeinsatz.....	12
Abbildung 4:	Bodenbearbeitung und Unkrautbekämpfung in den Varianten mit jährlich flacher nichtwendender Bodenbearbeitung	13
Abbildung 5:	Unkrautdichte ohne Herbizid in Winterweizen zu Vegetationsende, Feld 1.2 .	15
Abbildung 6:	Unkrautdichte ohne Herbizid in Winterweizen zu Vegetationsende, Feld 2.1 .	15
Abbildung 7:	Unkrautdichte ohne Herbizid in Winterweizen zu Vegetationsende (links) und Vegetationsbeginn (rechts), Feld 2.2.....	15
Abbildung 8:	Unkrautdichte ohne Herbizid zu Vegetationsende in Winterweizen mit unterschiedlichem Aussaattermin.....	16
Abbildung 9:	Unkrautdichte ohne Herbizid zu Vegetationsbeginn in Winterweizen mit unterschiedlichem Aussaattermin.....	16
Abbildung 10:	Unkrautdeckungsgrad ohne Herbizid zu Vegetationsende in Winterweizen mit unterschiedlichem Aussaattermin.....	16
Abbildung 11:	Unkrautdeckungsgrad ohne Herbizid zu Vegetationsbeginn in Winterweizen mit unterschiedlichem Aussaattermin	17
Abbildung 12:	Unkrautdichte ohne Herbizid der wichtigsten Arten zu Vegetationsende im Winterweizen, Vorfrucht Winterraps.....	17
Abbildung 13:	Unkrautdichte ohne Herbizid der wichtigsten Arten zu Vegetationsbeginn im Winterweizen, Vorfrucht Winterraps.....	18
Abbildung 14:	Roggentrespen im Silomais	19
Abbildung 15:	Roggentrespe im Winterweizen mit unterschiedlichem Aussaattermin	19

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

B1-B5	Varianten der Bodenbearbeitung im Versuch
HRAC	Herbicide Resistance Action Committee
LFA	Landesforschungsanstalt
PG	Prüfglied
SM	Silomais
SW	Sommerweizen
WG	Wintergerste
WRa	Winterraps
WSSA	Weed Science Society of America
WW	Winterweizen
V	Versuch

1 Zusammenfassung

Die Vorteile nichtwendender und reduzierter Bodenbearbeitung für Erosionsschutz, Bodenbiologie und mit Einschränkungen für Arbeitswirtschaft, Maschinenkosten und Treibhausgasbilanz sind unstrittig. Langfristig ergeben sich Probleme bei nicht angepassten engen Fruchtfolgen durch einseitige Unkrautselektion und eine beförderte Resistenzbildung gegen Herbizide. Zusätzlich kann es zum Aufschaukeln der Population von Krankheiten und Schaderregern kommen. Unter der Prämisse der Reduzierung des chemischen Pflanzenschutzes und dem Wegfall von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen verschärfen sich diese Probleme. Zwei Jahre nach Aufweitung einer Fruchtfolge können noch keine Belege für die Wirksamkeit der Fruchtfolgeumstellung erwartet werden. Die Ergebnisse aus dem Bodenbearbeitungsversuch belegen jedoch die Dringlichkeit der Problematik.

2 Einleitung

Zum Anbaujahr 2020/21 wurde der Dauerversuch nachhaltige Bodenbearbeitung an die pflanzenbaulichen Erfordernisse bei reduzierter Bodenbearbeitung, an die Einhaltung der aktuellen Düngeverordnung, am Ziel ausgeglichener Humusbilanzen sowie zunehmender gesetzlicher Einschränkungen der Pflanzenschutzintensität angepasst. Inwieweit unter diesen neuen Rahmenbedingungen und dem sich ändernden Klima Bodenbearbeitungsverfahren nachhaltig gestaltet werden können, ist die aktuelle Fragestellung des Versuches (BULL 2021). Nach den ersten beiden Versuchsjahren seit der Anpassung belegen Ergebnisse der Unkrautbonituren und der Ertragserfassung die Notwendigkeit der Veränderungen.

3 Material und Methoden

Versuchsstandort

Der Versuchsstandort Gülzow (12°04'05''E, 53°49'20''N), Mecklenburg-Vorpommern, befindet sich inmitten der jungpleistozänen Grundmoränenlandschaft. Die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur (1993–2010) beträgt 8,7 (± 0,9) °C und die Jahresniederschlagssumme 567 (± 107) mm. Die Versuchsfläche ist durch den Bodentyp Parabraunerde-Pseudogley gekennzeichnet. Dementsprechend nehmen die Feinanteile (< 0,006 mm) mit zunehmender Bodentiefe zu. Im Mittel finden sich 28 % Schluff und Ton in 0–30 cm, 30 % in 30–60 cm und 36 % in 60–90 cm Bodentiefe. Prägend sind die Bodenarten mittel lehmiger Sand (Sl3) im Oberboden und stark lehmiger Sand (Sl4) im Unterboden. Der Versuch repräsentiert typische Standortbedingungen für die Bodenregion der Jungmoränen und die Bodengroßlandschaft der Grundmoränenplatten und lehmigen Endmoränen im Jungmoränengebiet Norddeutschlands (AG BODEN, 2005).

Versuchsdurchführung

Der statische Bodenbearbeitungs- und Düngungsversuch in Gülzow wird als Langparzellenanlage mit Standard auf vier Feldern wiederholt (Abbildung 1). Bis 2020 kamen zwei unterschiedliche dreifeldrige Fruchtfolgen, seit 2000 bzw. 2002 unverändert, zum Anbau. Beide wurden je einmal zeitlich um ein Jahr versetzt wiederholt. Die erste Fruchtfolge umfasste mit den Kulturarten Winterraps - Winterweizen - Winterweizen ausschließlich Winterungen und Mähdruschfrüchte. Die zweite Fruchtfolge (Silomais - Winterweizen - Wintergerste) ermöglichte durch die Sommerkultur den Anbau einer Zwischenfrucht in den nicht gepflügten Varianten. Die mit dem Anbaujahr 2020/21 eingeführte für alle vier Versuchsfelder einheitliche Fruchtfolge folgt dem Fruchtfolgeschema: Blattfrucht > Wintergetreide > Sommerkultur > Wintergetreide. Auch diese Fruchtfolge: 1. Winterraps > 2. Winterweizen > Zwischenfrucht > 3. Silomais > 4. Winterweizen > Zwischenfrucht > 5. Ackerbohne oder Lupine > 6. Winterweizen > Zwischenfrucht > 7. Sommerhafer > 8. Wintergerste wird zeitlich je um ein Jahr versetzt auf den vier Feldern des Versuches angebaut.

Die Varianten der Bodenbearbeitung (jährliches tiefes Pflügen ca. 25 cm, jährliches tiefes Grubbern ca. 25 cm, jährlich flaches Grubbern ca. 10 cm sowie wechselnde Nutzung von flachem Grubber und tiefem Pflug werden seit 1994 (bzw. 1996 in der 3. und 4. Wiederholung) im Wesentlichen unverändert fortgeführt.

Die von 2011 bis 2020 angelegten drei Düngungsvarianten (nur mineralische Düngung und Abfuhr des Getreidestrohs, nur mineralische Düngung und Strohverbleib, organisch-mineralische Düngung und Abfuhr des Getreidestrohs) wurden ab 2021 auf zwei Varianten reduziert (nur mineralische Düngung, organisch-mineralische Düngung). Das Strohmanagement erfolgt jetzt je Feld einheitlich (überwiegend Strohverbleib, 1 x in der Fruchtfolge Strohabfuhr). Die Düngung orientiert sich an der jeweils geltenden Düngeverordnung. Bis 2022 lag das N-Düngungsniveau bei einheitlich 100 % nach Düngeverordnung, ab 2023 werden 80 % nach Düngeverordnung in der Fruchtfolge eingehalten. Dabei erfolgt, wie in der Praxis üblich, ein Verteilen der Düngemengen zwischen den Kulturarten, um im Versuchsmittel 80 % einzuhalten.

Alle weiteren acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen erfolgen situationsabhängig und können je nach Bedarf der Prüfvariante angepasst werden. Die Ertragsermittlung findet jeweils als Kernbeerntung auf einer Fläche von 1,5 x 6,5 m mit Parzellentechnik statt. Erntegewichte und Trockensubstanzgehalte wurden parzellenweise bestimmt.

Die statistische Auswertung der jährlichen Ertragsergebnisse erfolgt mit dem PIAFStat-Verfahren „A/B Spaltanlage, ZVA“ und zur Berücksichtigung eines Bodenausgleichs unter zwingender Einbeziehung des X-Trends.

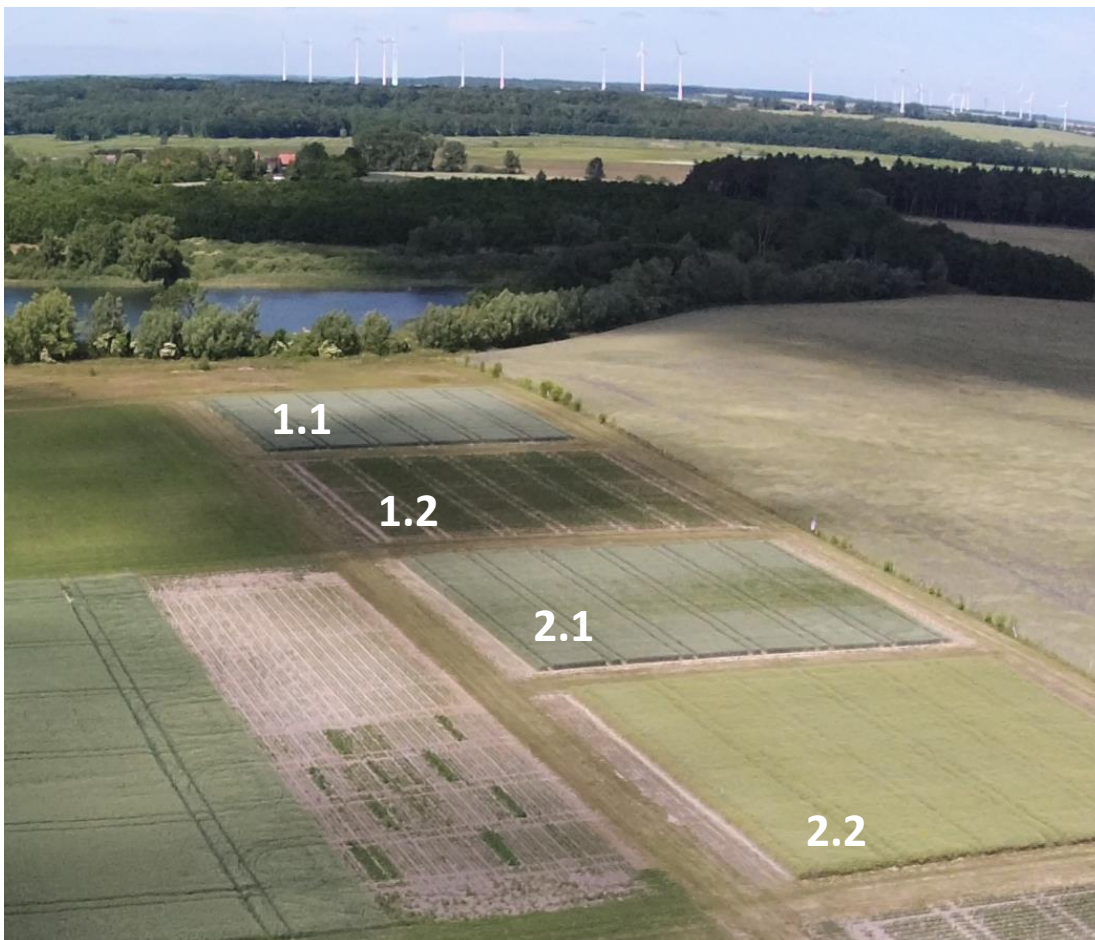


Abbildung 1: Die vier Versuchsfelder (1.1, 1.2, 2.1, 2.2) des Bodenbearbeitungs- und Düngungsversuches Gülzow (Krings, 20.06.2022)

Beobachtungen zur Unkrautentwicklung

In diesem Bericht wird der Begriff Unkraut für alle zwei- und einkeimblättrigen Nichtkulturpflanzen auf der Ackerfläche benutzt. Es sind damit also Unkräuter und Ungräser gleichermaßen und auch unabhängig von ihrer Schadwirkung/ihrem Schadpotenzial gemeint.

Um den Einfluss der Fruchtfolgeaufweitung auf die Unkrautentwicklung zu verfolgen, erfolgt zu Vegetationsende eine Unkrautbonitur im Winterweizen nach Vorfrucht Winterraps bzw. Körnerleguminosen in allen Parzellen ohne organische Düngung ($n = 20$). Je Bonitурpunkt werden Anzahl und Art der Unkräuter sowie der Unkrautdeckungsgrad insgesamt erfasst. Zur Vermeidung einer Wirkung von Herbst-Herbizidmaßnahmen auf der Bonitурfläche werden diese vor einer Pflanzenschutzspritzung kurzzeitig mit Platten abgedeckt. Die Platten haben eine Größe von 75 x 75 cm. Bonitiert wird später mit dem Göttinger Zählrahmen ($0,1 \text{ m}^2$) jeweils in der Mitte der so abgedeckten Fläche. Um einer Ausbreitung der Unkräuter von diesen Flächen vorzubeugen, erfolgt im Anschluss an die Bonitur je nach Bedarf eine Herbizidbehandlung mit einer Parzelspritze. Außerdem werden diese Flächen bei Pflanzenschutzspritzen nach dem Bonitурtermin immer mitbehandelt. Die Unkrautbonitурflächen liegen zwei Meter neben der Parzellenmitte. Damit ist eine Beeinflussung der Ertragserfassung im Kernbereich durch die abweichende Unkrautbekämpfung ausgeschlossen (Abbildung 2).

Ergänzend zu der regelmäßig geplanten Unkrautbonitur konnten im Anbaujahr 2021/22 im Rahmen einer studentischen Masterarbeit zusätzliche Bonituren durchgeführt werden. Zusätzlich zum Herbsttermin wurden die Bonituren in gleicher Weise im Frühjahr nach Vegetationsbeginn und auf insgesamt drei Feldern des Versuches durchgeführt (im Winterweizen nach Vorfrucht Winterraps, im Winterweizen nach Vorfrucht Silomais und im Zwischenfruchtbestand nach Silomais). Die Bonitурflächen blieben bis nach der Frühjahrsbonitur herbizidfrei.



Abbildung 2: Abdeckung der Unkrautbonitурflächen während der Herbizidbehandlung

4 Ergebnisse

4.1 Herbizideinsatz

Obwohl die Herbizidbehandlungen im Versuch situations- und variantenbezogen durchgeführt wurden, unterscheiden sich die gewählten Maßnahmen nur wenig zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten (Abbildung 3, Abbildung 4). Bis 2019 wurde Glyphosat vor allem in den Varianten pflugloser Bodenbearbeitung zur Bekämpfung von Ausfallpflanzen und Unkräutern vor der Saat bzw. im Voraufbau genutzt (Tabelle 1, hellblau markiert).

Zur Vorbeugung von Resistenzen werden gezielte mechanische Bodenbearbeitungsmaßnahmen genutzt, Wirkstoffe in der Kultur und Fruchtfolge gewechselt sowie Wirkstoffmischungen ausgebracht. Trotzdem sind Wirkstoffe der HRAC/WSSA-Klassen 2 und 15 häufig in der Anwendung (Tabelle 1). Diese Auswahl hängt zum einen an der Entscheidung, Glyphosat ab 2020 in Vorwegnahme des erwarteten Verbotes nicht mehr einzusetzen. Zum anderen bestand die Notwendigkeit gezielter Gräserbekämpfung durch einen hohen Besatz mit Trespflanzen, der sich in den vergangenen Versuchsjahren sowie durch Managementprobleme bei der Herbizidanwendung aufgebaut hatte.

Zu knapp 40 % der Anwendungssituationen kamen Wirkstoffe mit sehr hohem bis hohem Resistenzrisiko gegen Gräser zum Einsatz (HRAC/WSSA-Klassen 1, 2, 5). Die Wirkstoffe in ungefähr 40 % der Anwendungssituationen sind mit geringem Resistenzrisiko gegen Gräser verbunden (HRAC/WSSA-Klassen 3, 4, 9, 12, 14, 27, Einstufung nach WOLBER 2023).

Tabelle 1: Verwendete Herbizid-Wirkstoffklassen je Versuchsfeld und Jahr, 2013-2022

Feld 1.1				HRAC/WSSA												
KULTUR	JAHR	PG	DATUM	1	2	3	4	5	9	12	14	15	24	27		
WRa	2013	V	24.08.2012									x				
		B2, B3, B4	10.09.2012	x												
WW/SW	2014	V	12.09.2013						x							
		V	25.10.2013							x		x				
		V	29.04.2014		x		x									
WW	2015	B2, B3, B4	04.09.2014						x							
		V	14.10.2014		x	x						x				
WRa	2016	V	03.09.2015				x				x	x				
		V	21.09.2015	x												
		V	21.09.2015				x									
WW	2017	V	24.10.2016			x						x				
		V	04.04.2017		x											
WW	2018	V	19.10.2017		x					x		x				
		V	16.04.2018		x											
WRa	2019	V	31.08.2018			x						x				
		V	14.09.2018	x			x									
WW	2020	V	17.03.2020		x											
		V	14.05.2020		x		x									
SM	2021	V	01.06.2021		x			x				x				
		V	11.06.2021										x			
WW	2022	V	13.04.2022		x											
		V	06.05.2022		x		x									

Feld 1.2															
				HRAC/WSSA											
KULTUR	JAHR	PG	DATUM	1	2	3	4	5	9	12	14	15	24	27	
WW	2013	B2, B3	08.10.2012						x						
	2013	V	11.10.2012			x						x			
WRa	2014	V	12.09.2013	x											
	2014	V	26.11.2013			x									
	2014	V	04.09.2014									x			
WW	2015	B2, B3, B4	04.09.2014						x						
	2015	V	14.10.2014		x	x						x			
WW/SW	2016		27.10.2015		x					x		x			
			02.05.2016		x										
WRa	2017	V	26.08.2016			x						x			
	2017	V	14.11.2016			x	x								
WW	2018	V	19.10.2017		x					x		x			
	2018	V	16.04.2018		x										
	2019	V	01.11.2018							x		x			
	2019	V	26.02.2019		x										
WRa	2020	V	07.09.2019					x				x			
		V	22.09.2019	x											
WW	2021	V	13.10.2020		x					x					
		V	25.03.2021		x										
SM	2022		17.05.2022				x								
		V	25.05.2022		x			x				x			
WW	2023	V	18.10.2022		x					x					
		V	06.04.2023		x										

Feld 2.1															
				HRAC/WSSA											
KULTUR	JAHR	PG	DATUM	1	2	3	4	5	9	12	14	15	24	27	
WW	2013	V	11.10.2012			x						x			
WG	2014	B2, B3, B4	12.09.2013						x						
		V	25.10.2013							x		x			
SM	2015	B2, B3, B4	29.04.2015						x						
		V	29.05.2015					x				x		x	
		B2, B3, B4	11.06.2015		x										
WW	2016	V	27.10.2015							x		x			
		V	10.05.2016		x		x								
WG	2017	V	24.10.2016			x						x			
		V	04.04.2017		x										
SM	2018	B2, B3, B4	08.05.2018						x						
		V	31.05.2018		x									x	
WW	2019	V	01.11.2018							x		x			
WG	2020	V	14.11.2019		x					x		x			
WRa	2021	V	02.09.2020			x									
		V	11.09.2020	x											
		V	01.10.2020									x			
		V	16.10.2020	x											
WW	2022	V	28.10.2021		x					x					
		V	13.04.2022		x										
SM	2023	V	22.05.2023		x			x				x			
		V	15.06.2023		x		x								

Feld 2.2																
KULTUR	JAHR	PG	DATUM	HRAC/WSSA												
				1	2	3	4	5	9	12	14	15	24	27		
SM	2013	V	05.06.2013		x							x		x		
WW	2014	V	25.10.2013							x		x				
		V	05.05.2014		x		x									
WG	2015	V	04.09.2014						x							
		V	01.10.2014							x		x				
SM	2016	V	18.05.2016		x											
		V	04.06.2016		x		x					x				
WW	2017	V	24.10.2016			x						x				
		V	04.04.2017		x											
WG	2018	V	19.10.2017		x					x		x				
SM	2019	B4	26.04.2019						x							
SM	2019	V	28.05.2019					x								x
WW	2020	V	17.03.2020		x											
		V	14.05.2020		x		x									
WG	2021	V	01.10.2020			x						x				
		V	26.03.2021		x		x									
WRa	2022	V	26.08.2021			x										
		V	14.09.2021	x												
		V	28.09.2021				x									
		V	28.10.2021				x									
WW	2023	V	18.10.2022		x					x						
		V	06.04.2023		x											

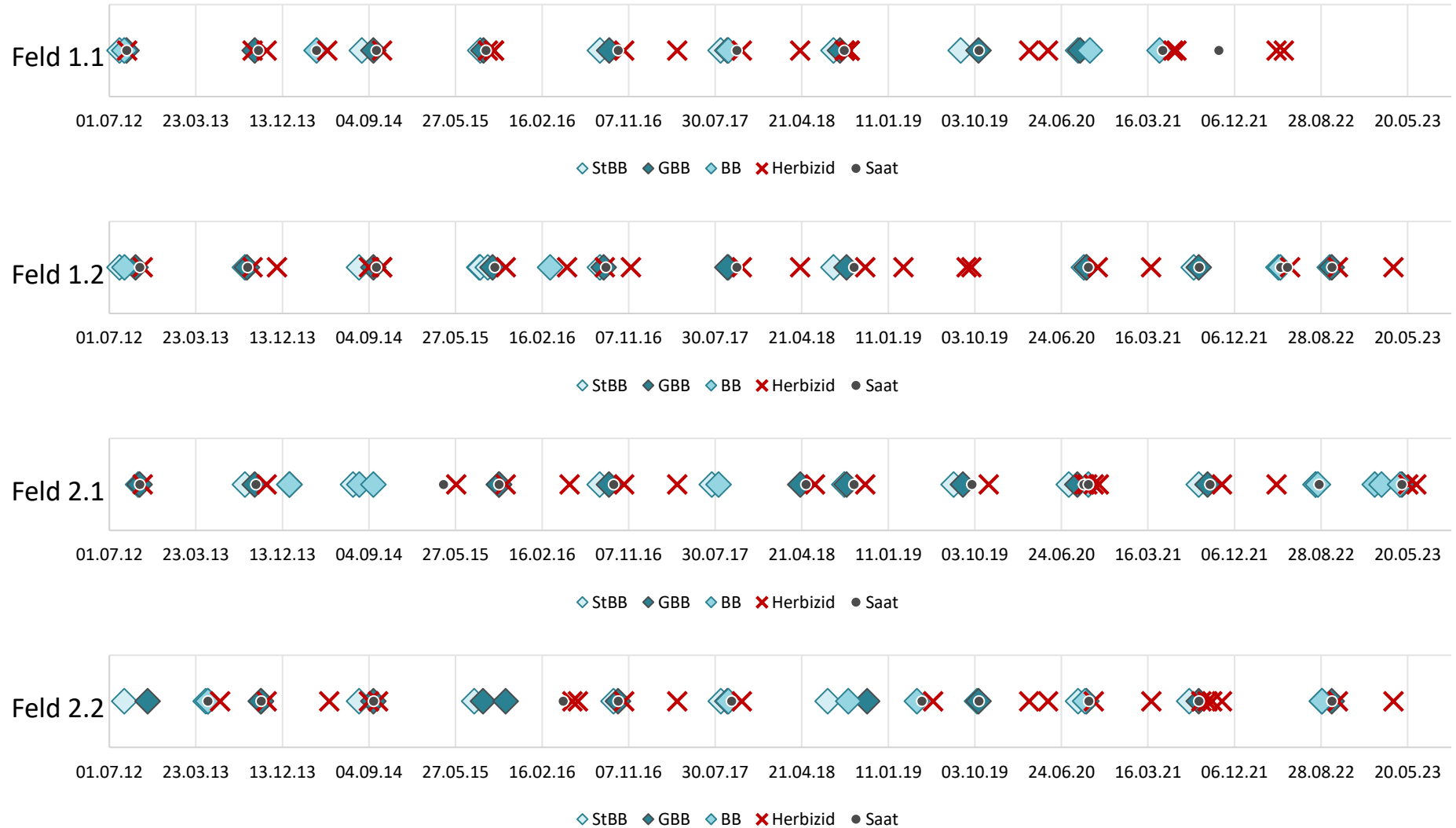


Abbildung 3: Bodenbearbeitung und Unkrautbekämpfung im Versuch (Anbaujahr 2013-2022) in den Varianten mit jährlichem Pflugeinsatz

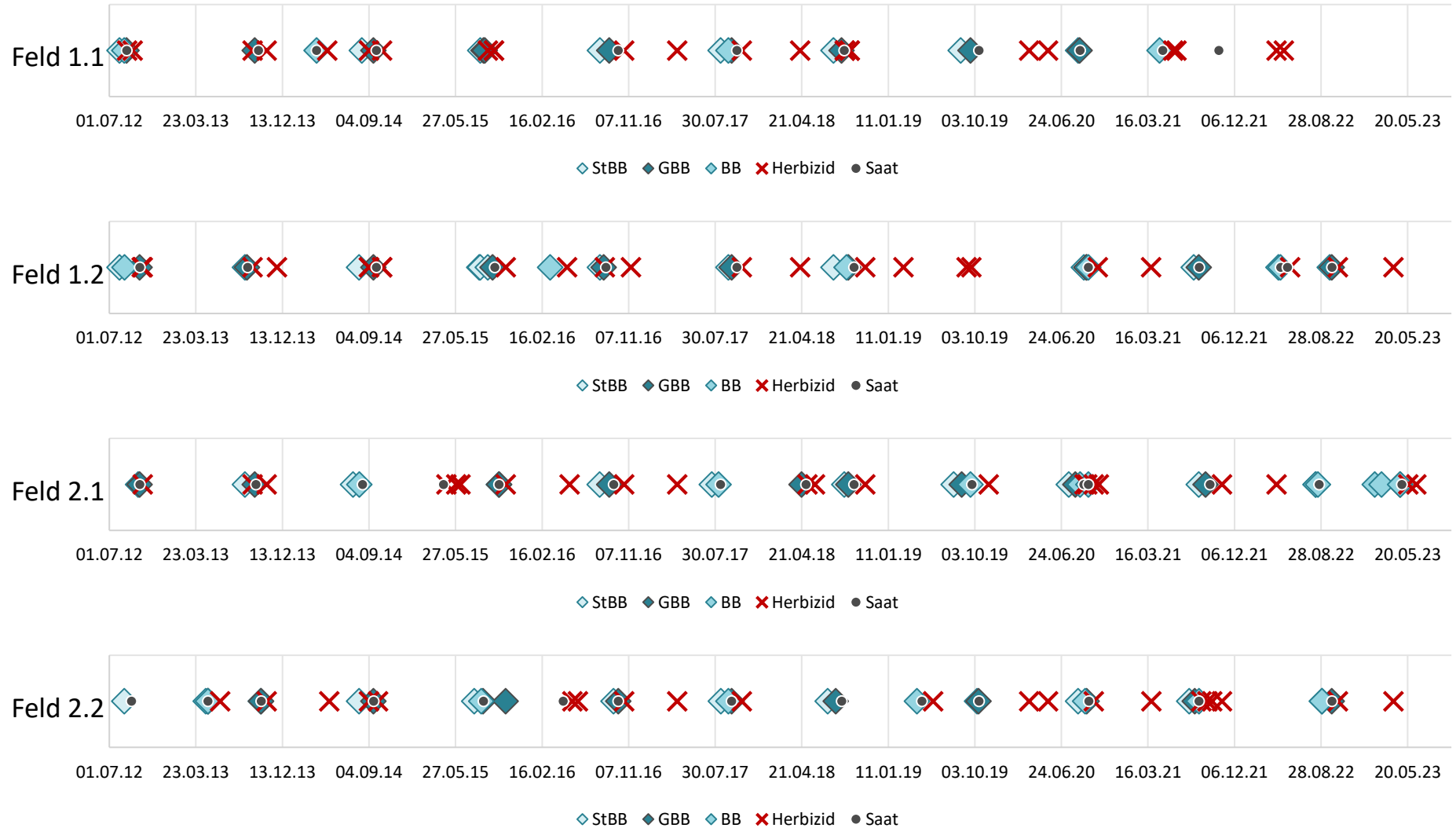


Abbildung 4: Bodenbearbeitung und Unkrautbekämpfung im Versuch (Anbaujahr 2013-2022) in den Varianten mit jährlich flacher nichtwendender Bodenbearbeitung

4.2 Unkrautentwicklung

Artenzusammensetzung

Auf den Versuchsflächen wurden nur wenige Unkrautarten festgestellt. Es sind Arten, die im intensiven Ackerbau mit hohem Anteil Winterkulturen häufig vorkommen. Auffällig ist allein das Auftreten der Roggentrespe (*Bromus secalinus*) (Tabelle 2). Bei hohem Besatz mit Roggentrespe waren die Parzellen mit flacher nichtwendender Bearbeitung immer am stärksten betroffen. Auf Parzellen mit tiefer nichtwendender und mit wechselnder Bearbeitung trat Roggentrespe dann schwächer auf. Da aufgrund der Versuchsanlage diese Parzellen jedoch immer in direkter Nachbarschaft zur flachen nichtwendenden Bearbeitung liegen, kann nicht zwischen Nachbarschafts- und Bodenbearbeitungseffekt getrennt werden. Nachweislich ertragsmindernd wirkte die Verunkrautung mit Roggentrespe bisher nur auf Feld 2.1., 2019 bei Winterweizen, 2020 bei Wintergerste, 2021 bei Winterraps (befördert durch den lückigen Bestand aufgrund der ungeplant späten Saat), 2022 bei Winterweizen (Abbildung 1, beachte dunkelgrünen Streifen in Feldmitte).

Tabelle 2: Unkrautarten im Winterweizen nach Vorfrucht Winterraps zur Herbst- und Frühjahrsbonitur, Arten mit hoher Häufigkeit grau hinterlegt

Unkrautarten	Feld 1.2	Feld 2.1	Feld 2.2	
	Herbst 2020	Herbst 2021	Herbst 2022	Frühjahr 2023
Echte Kamille	X	X	X	X
Ackerstiefmütterchen	X	X	X	X
Kornblume	X	X	X	X
Raps	X	X	X	X
Klatschmohn	X	X	X	X
Storchschnabel	X		X	
Klettenlabkraut	X			
Vogelmiere		X	X	X
Roggentrespe		X	X	
Ehrenpreis			X	X
Sonstige Gräser				X

Unkrautdichte

In der Verteilung des Unkrautbesatzes zeigen sich zum einen starke Unterschiede zwischen den Jahren. Während im Herbst 2020 und 2021 Schadschwellen von 40-60 Pflanzen/m² teils deutlich überschritten worden, liefen im Herbst 2022 auf allen Parzellen kaum Unkräuter auf (HANF, 1990). Eine deshalb im Frühjahr 2023 wiederholte Bonitur auf denselben Flächen bestätigte diese Beobachtung. Interessanterweise war der Unkrautbesatz auch in anderen Winterweizenversuchen am Versuchstandort Gülzow im Anbaujahr 2022/23 gering (Striegelversuch, konventionell und Sortenversuch, ökologisch).

Zum anderen lässt sich aus den Herbst-Bonituren 2020 und 2021 eine klare Differenzierung in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung ablesen. Bei wendender Bodenbearbeitung war die Unkrautdichte deutlich geringer als in den reduziert bearbeiteten Varianten.

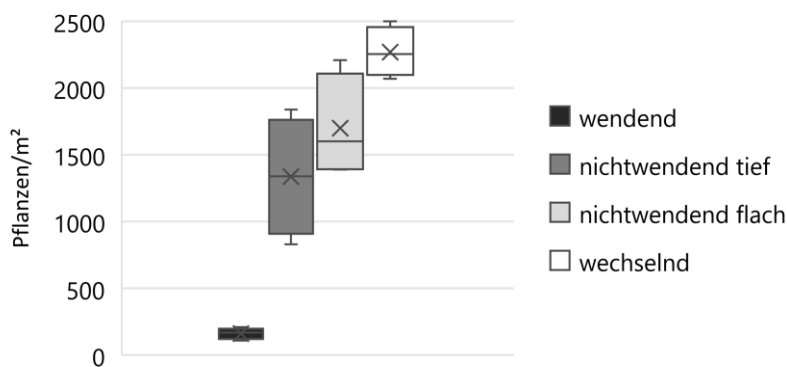


Abbildung 5: Unkrautdichte ohne Herbizid in Winterweizen zu Vegetationsende in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung, (x=Mittelwert, —=Median, boxplot=Interquartilsabstand, Whisker=1,5-facher Interquartilsabstand), 20.10.2020, Feld 1.2

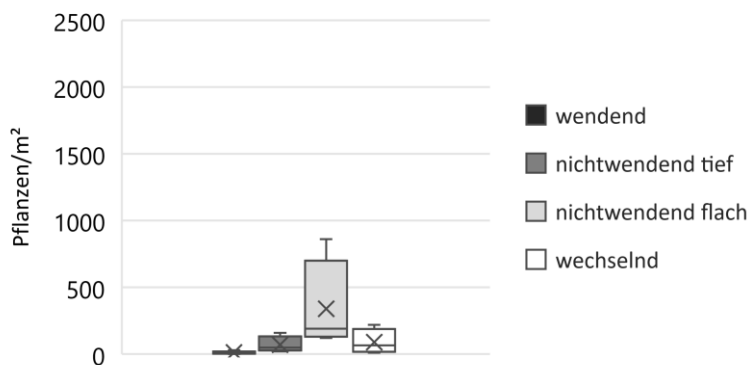


Abbildung 6: Unkrautdichte ohne Herbizid in Winterweizen zu Vegetationsende in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung, (x=Mittelwert, —=Median, boxplot=Interquartilsabstand, Whisker=1,5-facher Interquartilsabstand), 10.11.2021, Feld 2.1

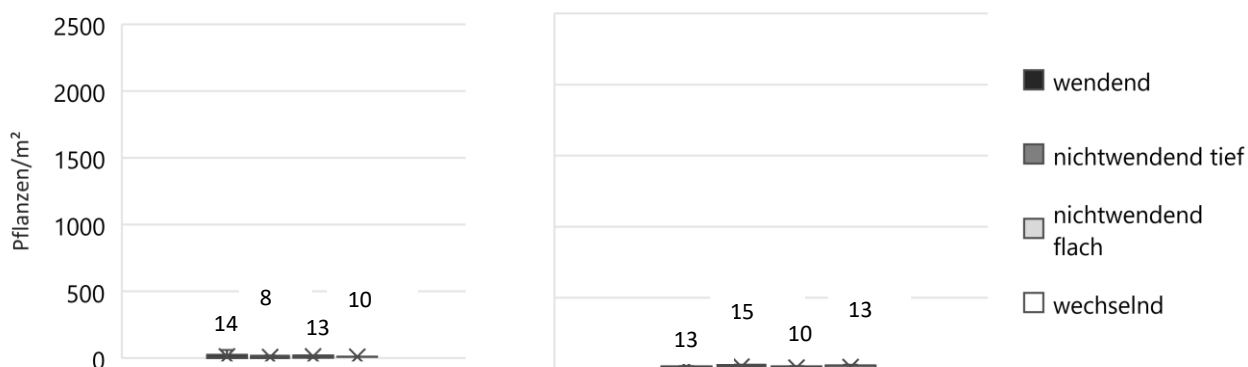


Abbildung 7: Unkrautdichte (Zahl = Mittelwert) ohne Herbizid in Winterweizen zu Vegetationsende (links) und Vegetationsbeginn (rechts) in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung, (x=Mittelwert, —=Median, boxplot=Interquartilsabstand, Whisker=1,5-facher Interquartilsabstand), 22.11.2022, 21.03.2023, Feld 2.2

Entwicklung der Unkrautdichte über Winter bei unterschiedlichen Aussatterminen

Während der Vegetationsruhe ändert sich ohne Herbizid der Unkrautbesatz kaum. Es kam zu einem leichten Rückgang der Pflanzenanzahl aber gleichzeitig zu einer Erhöhung des Unkrautdeckungsgrades auf beiden Versuchsfeldern. Beim späten Aussattermin nach Vorfrucht Silomais wurden zu beiden Terminen weniger

und deutlich kleinere Unkrautpflanzen bonitiert. Die Unterschiede in Bezug auf die Varianten der Bodenbearbeitung sind deshalb beim Parameter Unkrautdeckungsgrad wesentlich größer als bei der Unkrautdicke (Abbildung 8 - Abbildung 11).

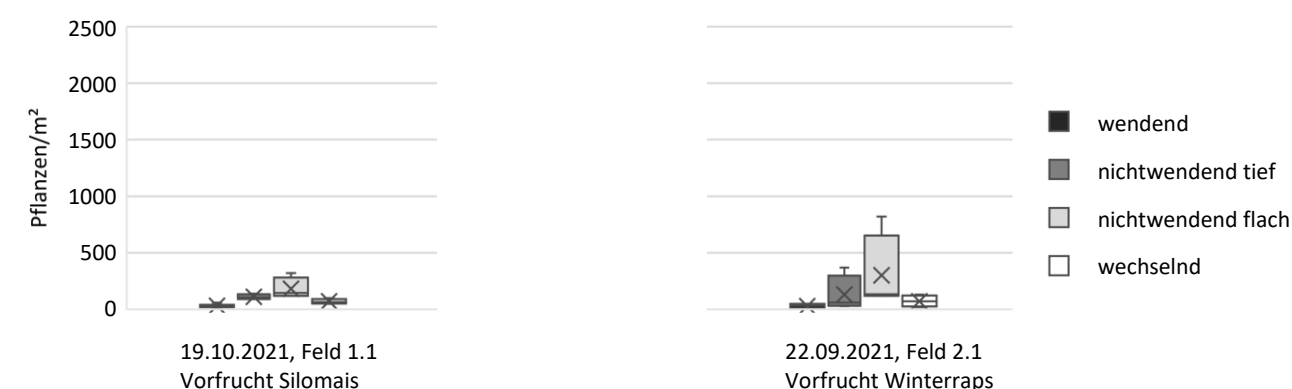


Abbildung 8: Unkrautdicke ohne Herbizid zu Vegetationsende in Winterweizen mit unterschiedlichem Aussaattermin in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung, ($\bar{x}$ =Mittelwert, —=Median, boxplot=50% der Werte, Whisker=Streuung), verändert nach HöCH 2023

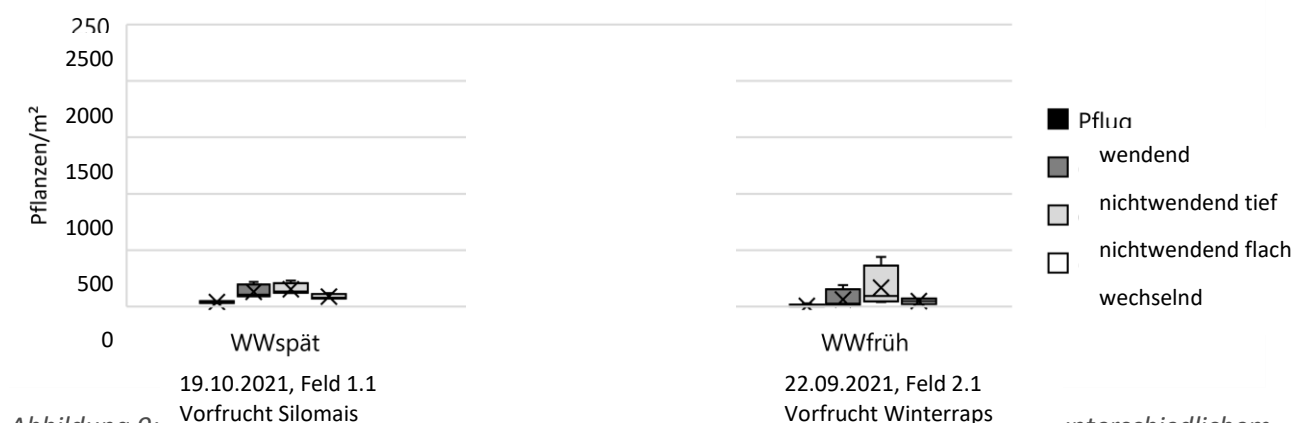


Abbildung 9: Aussaattermin in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung, ($\bar{x}$ =Mittelwert, —=Median, boxplot=50% der Werte, Whisker=Streuung), verändert nach HöCH 2023

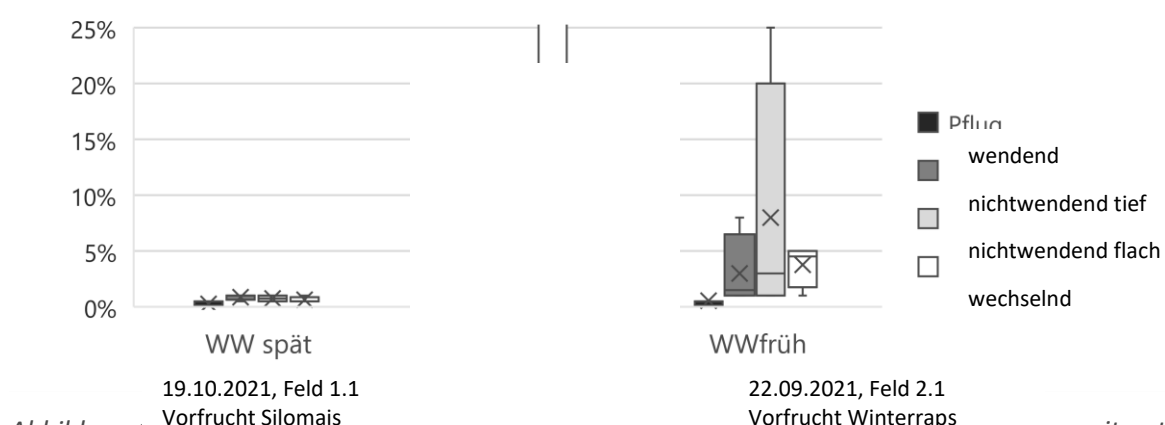


Abbildung 10: Unkrautdeckungsgrad in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung, ($\bar{x}$ =Mittelwert, —=Median, boxplot=50% der Werte, Whisker=Streuung), verändert nach HöCH 2023

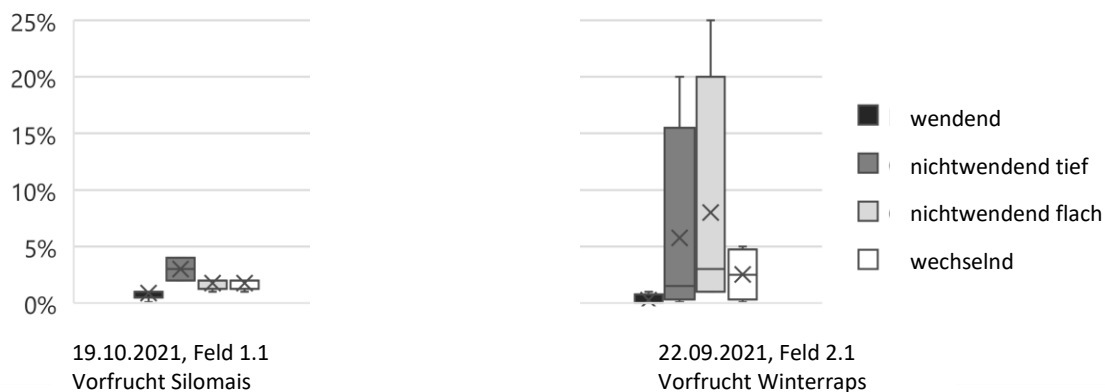


Abbildung 11: Unkrautdeckungsgrad ohne Herbizid zu Vegetationsbeginn in Winterweizen mit unterschiedlichem Aussattermin in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung, (x=Mittelwert, —=Median, boxplot=50% der Werte, Whisker=Streuung bstand), verändert nach HöCH 2023

Trotz insgesamt hoher Unkrautdichte waren nur wenige Unkrautarten für die Konkurrenz zur Weizenkultur von Bedeutung. In den bonitierten Fällen waren dies Roggentrespe, Kamillearten und Kornblume. Andere Arten traten entweder in nur geringer Anzahl (Klatschmohn) und/oder mit geringerer Dominanz (Ackerstiefmütterchen) auf (Abbildung 12, Abbildung 13, HöCH 2023). Insgesamt beschränkt sich das beobachtete Unkrautspektrum auf wenige Arten (je nach Jahr acht bis zehn).

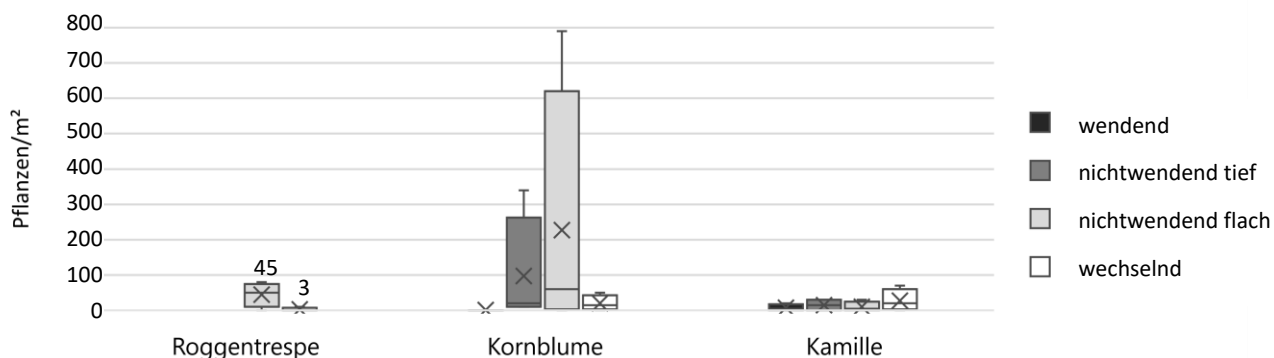


Abbildung 12: Unkrautdichte (Zahl = Mittelwert) ohne Herbizid der wichtigsten Arten zu Vegetationsende im Winterweizen, Vorfrucht Winterraps, Aussaat am 22.09.2021, Feld 2.1 in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung, (x=Mittelwert, —=Median, boxplot=50% der Werte, Whisker=Streuung), verändert nach HöCH 2023

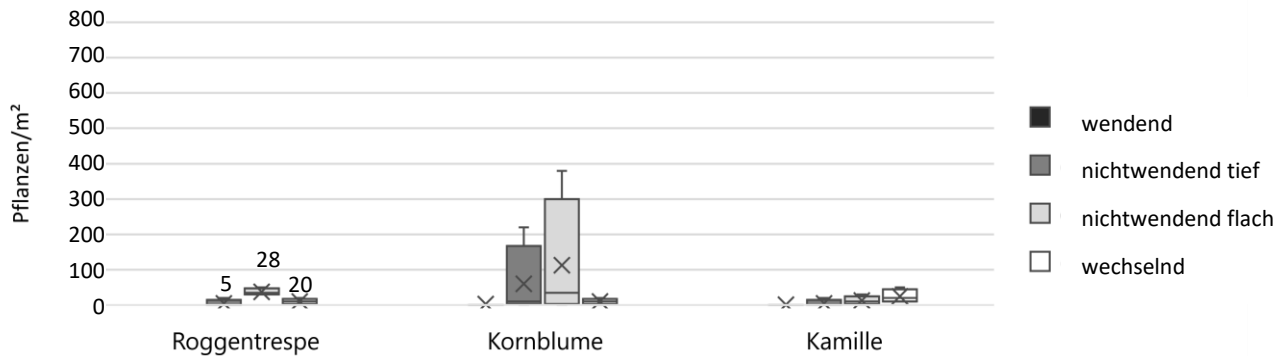


Abbildung 13: Unkrautdichte (Zahl = Mittelwert) ohne Herbizid der wichtigsten Arten zu Vegetationsbeginn im Winterweizen, Vorfrucht Winterraps, Aussaat am 22.09.2021, Feld 2.1 in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung, (x=Mittelwert, –=Median, boxplot=50% der Werte, Whisker=Streuung), verändert nach HÖCH 2023

Zeitliche Entwicklung des Unkrautbesatzes seit 1995

In den ersten Jahren der Versuchsdurchführung 1995-2000 stellte GRUBER (2000) auf den Feldern des Gülzower Bodenbearbeitungsversuches noch keinen signifikanten Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Gesamtverunkrautung, aber schon einen höheren Besatz mit Ungräsern in den nichtwendend bearbeiteten Parzellen fest. Damals waren Einjährige Rispe, Welsches Weidelgras und Windhalm die häufigsten Ungräser. Spätere Wiederholungen der Unkrautbonitur 2000 - 2002 ergaben, dass im Durchschnitt mehrerer Jahre der Gräserbesatz und der Getreidedurchwuchs bei nichtwendender Bodenbearbeitung mehr als doppelt so hoch wie bei der Bodenbearbeitung mit dem Pflug waren (NEUBAUER 2003). Im Anbaujahr 2005/06 konnte dagegen trotz z. T. hohem Unkrautbesatz auf keinem der Felder des Versuches ein Einfluss der Bodenbearbeitungsart nachgewiesen werden (unveröffentlicht). Roggentrespe wurde erstmals 2012 auf zwei Versuchsfeldern gefunden (LEHMANN, 2012) und war danach immer wieder auf den Feldern zu finden. Auch eine Veränderung der Herbizidausbringung auf den Randstreifen ab 2014 (zwingende Mitbehandlung der gesamten Randflächen) brachte die Trespe nicht zum Verschwinden. Im Sommer 2017 wurde erstmals eine starke Verunkrautung der flach wendend bearbeiteten Parzellen des Feldes 2.1. mit Roggentrespe festgestellt. Diese blieb noch ohne nachweisbare Ertragsbeeinflussung. Das in diesem Jahr aufgebaute Samenpotenzial reichte trotz nachfolgender Sommerung (Silomais) im zweiten Folgejahr zusammen mit einer irrtümlich ausgelassenen Gräserbekämpfung im Herbst 2018 für eine stark ertragsbeeinflussende Unkrautentwicklung aus. In jedem der dann folgenden Jahre etablierte sich entweder trotz Gräserherbizid oder erst nach möglichen Behandlungsterminen im späten Frühjahr ein Roggentrespenbesatz, der zu deutlichen Ertragsverlusten der Mähdruschfrüchte Winterweizen, Winterraps und Wintergerste führte. Selbst im Silomais 2023 ließen sich im Sommer einige Pflanzen mit ausgereiften Samen und zusätzlich frisch gekeimte Jungpflanzen finden (Abbildung 14).



Abbildung 14: Roggentrespen im Silomais, links: Pflanze mit ausgereiften Samen aus Frühjahrskeimung, rechts: im Sommer gekeimte Jungpflanze, Gülzow Feld 2.1., 21.08.2023

Mitte Juni 2022 traten zusätzlich auf Feld 1.1 in den Parzellen mit flacher nichtwendender Bodenbearbeitung Roggentrespen in erhöhter Dichte auf, wobei auch hier zum Boniturtermin Mitte März noch keine Pflanzen gefunden wurden. Ob der Ertragsnachteil von ca. 9 % durch den Trespenbesatz verursacht wurde oder allgemein der flachen Bearbeitung zuzuordnen ist, kann nicht unterschieden werden (Abbildung 15, links). Einen Überblick über das Auftreten der Roggentrespe im Versuch gibt

Tabelle 3.



Abbildung 15: Roggentrespe im Winterweizen mit unterschiedlichem Aussaattermin (links: 19.10.2021 Feld 1.1, rechts: 22.09.2021 Feld 2.1 bei flacher nichtwendender Bodenbearbeitung, Gülzow (Fotos: Lorenz Höch, 09.06.2022)

Tabelle 3: Besatz an Roggentrespe in den Parzellen mit flacher nichtwendender Bearbeitung, Anzahl Pflanzen/m² bzw. Deckungsgrad (%)

Feld	1.1		1.2		2.1		2.2	
	Herbst	Frühjahr	Herbst	Frühjahr	Herbst	Frühjahr	Herbst	Frühjahr
2011/12		X		X				
2012/13								
2013/14								
2014/15		X		X				
2015/16								
2016/17						X		
2017/18								
2018/19						X		
2019/20						X		
2020/21			0		5%	X		
2021/22	0	März: 0	0	0	30 - 150	30 - 50	0	0
		Juni: X						
2022/23						Juni: X	0	0

rot = Ertragsnachteil in Parzellen mit flacher nichtwendender Bearbeitung, grau hinterlegt = starkes Auftreten

4.3 Ertragsergebnisse

Das insgesamt niedrige Ertragsniveau des Winterraps 2021 ist einer aus technischen Gründen verspäteten Aussaat erst Mitte September zuzuschreiben. Trotz gezielter Gräserbehandlung im Herbst entwickelten sich in dem eher lockeren Rapsbestand bis Juni vor allem in den flach nichtwendend bearbeiteten Parzellen kräftige Unkrautpflanzen. Die ertragsbestimmende Unkrautkonkurrenz entstand durch Roggentrespe und irrtümlich nicht behandelte Kornblume. In den tief nichtwendend und wendend bearbeiteten Parzellen reichte die Konkurrenzkraft der Rapspflanzen zusammen mit dem wahrscheinlich geringeren Samenvorrat der Roggentrespe für eine genügende Unkrautunterdrückung aus. Der nach Pflugfurche bestellte Raps fiel schon im Herbst durch mehr und größere Pflanzen auf. Dagegen konnte 2022 kein signifikanter Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Kornertrag des Winterraps festgestellt werden. Die organische Düngung wirkte augenscheinlich positiv auf die Pflanzenentwicklung im Frühjahr. Ein möglicher Ertragsvorteil blieb unter der Signifikanzschwelle von 4,9 dt/ha (Tabelle 4).

Tabelle 4: *Kornertrag Winterraps, Vorfrucht Wintergerste in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Düngung, Gülzow*

Düngung	Grundbodenbearbeitung	Jahr	2021	2022
	Feld		2.1	2.2
			(dt/ha)	(dt/ha)
Mineralisch	wendend		32,9	47,8
	nichtwendend tief		28,4	48,0
	nichtwendend flach		19,7	48,0
	wechselnd		-	45,7
Organisch-mineralisch	wendend		34,7	49,5
	nichtwendend tief		33,3	49,3
	nichtwendend flach		24,2	50,0
	wechselnd		-	47,4
Grenzdifferenz ($\alpha = 0,05$, t-Test, Mittelwertvergleich auf beliebiger Stufe)			4,5	4,9

2021 wurde der langjährige Ertragsmittelwert von Winterweizen nach Vorfrucht Winterraps im Versuchsmittel um ca. 5 dt/ha unterschritten. Der niedrige Ertragswert nach flacher nichtwendender Bearbeitung mit organischer Düngung ist im niedrigen Wert einer einzelnen Parzelle begründet und in der Wiederholungsparzelle nicht wiederzufinden. Eine Beeinflussung der Ertragserfassung durch Lager und die feuchte Witterung zur Ernte ist nicht nachweisbar aber auch nicht auszuschließen. Das Ergebnis sollte deshalb nicht überbewertet werden. Insgesamt wurde kein Einfluss der Bodenbearbeitung festgestellt. Dagegen fallen, obwohl im Versuchsjahr plangemäß zu Weizen nur mineralisch gedüngt wurde, erhöhte Nährstoffgehalte im Korn auf den Parzellen mit langjährig organischer Düngung auf. Kalium- und Proteingehalte lagen signifikant höher. Im Versuchsmittel lagen die Proteingehalte bei 13,8 % (TS) und bei langjährig organischer Düngung um 0,4 Prozentpunkte höher als ohne organische Düngung (nicht dargestellt). 2022 ist in Winterweizen nach Raps der negative Einfluss der Verunkrautung mit Roggentrespe in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung deutlich. Der Trespenbesatz wurde schon in der ersten Herbstbonitur festgestellt und leider durch eine Herbizidbehandlung mit fälschlicherweise nur der halben geplanten Aufwandmenge nicht unterdrückt. Nach flacher nichtwendender Bodenbearbeitung wurde so nicht die Hälfte des Kornertrags im Vergleich zur Pflugvariante erreicht (Tabelle 5).

Tabelle 5: *Kornertrag Winterweizen, Vorfrucht Winterraps in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Düngung, Gülzow*

Düngung	Grundbodenbearbeitung	Jahr	2021	2022	2023
	Feld		1.2	2.1	2.2
			(dt/ha)	(dt/ha)	(dt/ha)
Mineralisch	wendend		94,6	89,1	95,52
	nichtwendend tief		98,1	71,1	92,51
	nichtwendend flach		97,5	41,5	97,50
	wechselnd		94,0	83,1	95,75
Organisch-mineralisch	wendend		96,7	90,2	101,76
	nichtwendend tief		97,1	74,0	93,60
	nichtwendend flach		85,2	43,8	105,80
	wechselnd		97,8	81,0	101,32
Grenzdifferenz ($\alpha = 0,05$, t-Test, Mittelwertvergleich auf beliebiger Stufe)			10,0	12,9	8,5

Ein Vorteil tiefer Bodenbearbeitung und zwar unabhängig, ob wendend oder nichtwendend, weisen die Ergebnisse auch für den Winterweizenantrag nach Silomais im Jahr 2022 aus (Tabelle 6).

Tabelle 6: *Kornertrag Winterweizen, Vorrucht Silomais in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Düngung, Gülzow*

Düngung	Grundbodenbearbeitung	Jahr	2022	2023
		Feld	1.1	1.2
			(dt/ha)	(dt/ha)
Mineralisch	wendend		93,9	107,1
	nichtwendend tief		96,7	107,1
	nichtwendend flach		86,5	105,7
	wechselnd		87,5	106,2
Organisch-mineralisch	wendend		95,3	103,5
	nichtwendend tief		96,4	108,8
	nichtwendend flach		89,0	106,2
	wechselnd		86,7	107,9
Grenzdifferenz ($\alpha = 0,05$, t-Test, Mittelwertvergleich auf beliebiger Stufe)			9,5	6,3

Wintergerste wurde im betrachteten Zeitraum nur einmal und nach der Vorrucht Winterweizen angebaut. 2021 wirkten tiefe nichtwendende Bodenbearbeitung sowie organisch-mineralische Düngung ertragssteigernd. Der Vorteil der Gärrestdüngung zeigte sich schon im Herbst in einer stärkeren Herbstentwicklung. Das bei der Stickstoffbedarfsermittlung berücksichtigte langjährige Ertragsniveau wurde im Versuchsmittel um 14 dt/ha überschritten (Tabelle 7).

Tabelle 7: *Kornertrag Wintergerste, Vorrucht Winterweizen in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Düngung, Gülzow*

Düngung	Grundbodenbearbeitung	Jahr	2021
		Feld	2.2
			(dt/ha)
Mineralisch	wendend		82,10
	nichtwendend tief		88,51
	nichtwendend flach		83,40
	wechselnd		85,72
Organisch-mineralisch	wendend		89,05
	nichtwendend tief		92,61
	nichtwendend flach		94,75
	wechselnd		96,54
Grenzdifferenz ($\alpha = 0,05$, t-Test, Mittelwertvergleich auf beliebiger Stufe)			12,47

Silomais wird im vorgestellten Versuch nach Winterweizen und Zwischenfrucht angebaut. 2021 wurde das geplante Ertragsniveau weit überschritten, 2022 wurde es im Versuchsmittel erreicht. In beiden Jahren war das für die Variante „wechselnde Bodenbearbeitung“ gewählte Strip-Till-Verfahren in Kombination mit organischer Düngung vorteilhaft. 2021 war außerdem die Pflugfurche der flachen nichtwendenden Bearbeitung überlegen, was sich in 2022 nicht bestätigte (Tabelle 8).

Tabelle 8: Trockenmasseertrag Silomais, Vorfrucht Winterweizen/Zwischenfrucht in Abhängigkeit von Bodenbearbeitung und Düngung, Gülzow

Düngung	Grundbodenbearbeitung	Jahr	2021	2022
		Feld	1.1	1.2
			(dt/ha)	(dt/ha)
Mineralisch	wendend		221,1	161,6
	nichtwendend tief		206,0	161,7
	nichtwendend flach		201,6	165,3
	wechselnd		212,3	170,8
Organisch-mineralisch	wendend		234,2	151,5
	nichtwendend tief		217,3	155,4
	nichtwendend flach		208,8	167,5
	wechselnd		221,0	173,3
Grenzdifferenz (α 0 0,05, t-Test, Mittelwertvergleich auf beliebiger Stufe)			19,5	24,5

5 Diskussion

Unkrautentwicklung

Mit der Zunahme der Roggentrespe im Versuch bestätigt sich das bekannte Risiko erhöhter Auflaufraten von Unkräutern und insbesondere Ungräsern sowie Ausfallsamen, welches mit der Verbindung von flacher nichtwendender Bodenbearbeitung und hohen Anbauanteilen von Winterkulturen einhergeht (PEKRUN & CLAUPEIN 2003, SPRENGER 2004, SCHWARZ & PALLUT 2014, SCHMIDT et al 2017, VOßHENRICH et al. 2018 u. a.). Während im Gülzower Versuch im ersten Jahrzehnt der Versuchsdurchführung in den entsprechenden Parzellen der Anteil an Jähriger Rispe, Weidelgras und Ausfallgetreide an der Gesamtverunkrautung erhöht war, tritt seit einigen Jahren zunehmend Roggentrespe in Erscheinung. Auch wenn in einzelnen Fällen Anwendungsfehler oder -probleme bei der Herbizidspritzung den Populationsaufbau beschleunigten, sind diese nicht ursächlich.

Oft wird die Fruchtfolgegestaltung als wichtigstes Instrument zur indirekten Unkrautbekämpfung angesehen (PALLUT 2000 u. a.). Im vorliegenden Fall konnte sich auf dem besonders betroffenen Feld 2.1 die Umstellung der Fruchtfolge mit jetzt 3/8 Sommerkulturen noch nicht positiv auswirken, da 2021 und 2022 auch in der erweiterten Fruchtfolge Winterkulturen geplant waren. Dadurch kam es von 2019-2022 zum viermaligen Anbau einer Winterkultur nacheinander. Es wird erwartet, dass der für die nächsten sechs Jahre anstehende jährliche Wechsel zwischen Sommer- und Winterung zu einer Reduzierung der Besatzdichte beiträgt.

Aus allen Unkrautbonituren im Winterweizen unabhängig von Vorfrucht und Saattermin lässt sich ein erhöhter Unkrautdruck der pfluglos bestellten Parzellen ableiten. Da jedoch die Ertragsmessung in der Kernparzelle mit Herbizidbehandlung erfolgte, ist ein direkter Ertragszusammenhang ausgeschlossen. Wahrscheinlicher ist, dass sich später im Frühjahr aufgelaufene Roggentrespen in den beiden nur flach bearbeiteten Varianten die ausschlaggebende Konkurrenz entwickelten. Der höhere Auflauf an Unkraut und insbesondere Roggentrespe in den flach bearbeiteten Varianten weist demnach nur auf das höhere Samenpotenzial in der obersten Bodenschicht hin. Im Versuch werden zweikeimblättrige Unkräuter bislang in der Regel ausreichend bekämpft. Der Bekämpfungserfolg gegen Roggentrespe (und andere Einkeimblättrige) sowohl der mechanischen, fruchtfolgeorganisatorischen als auch der chemischen Bekämpfung muss in den kommenden Jahren intensiver beobachtet werden.

Bei frühem (normalen) Saattermin Mitte/Ende September wirkt sich ein erhöhtes Auflaufen von Unkräutern allein aufgrund der längeren Vegetationszeit im Herbst stärker als bei späterer Saat (ab Mitte Oktober) aus.

Eine Verschiebung des Weizen-Aussaattermins in den Oktober kann also ein sinnvoller Baustein im Unkrautmanagement von Verfahren mit flacher nichtwendender Bodenbearbeitung und/oder reduziertem Herbizideinsatz und/oder bei nachgewiesenen Herbizidresistenzen sein.

Spätes Auftreten von Roggentrespen (ab Juni) in den Beständen weist auf über das Jahr andauernde Keimung hin, wodurch eine Bekämpfung erschwert wird. Jungpflanzen könnten allerdings auch im Herbst und/oder frühen Frühjahr übersehen worden sein. Die kleinen zarten Pflanzen sind gerade im Getreide nicht leicht zu erkennen. Pflanzen, die jedoch im Mais beobachtet wurden (2023, Feld 2.1) sind frühestens nach der Maisaussaat Anfang Mai bzw. nach Ende der Trockenperiode im Juni gekeimt.

Ob die trotz Gräserherbizid gekeimten Roggentrespen schon auf eine Herbizidresistenz hinweisen oder die Herbizidwirkung nicht ausreichte/nicht anhielt, kann aktuell noch nicht unterschieden werden. Zu befürchten bleibt, dass bei flacher Bodenbearbeitung ein jährlicher Wechsel zwischen Sommer- und Winterung nicht zum Zurückdrängen der Trespenpopulation ausreichen wird.

Bei hohem Unkrautdruck geht die Unkrautdicke mit der Zeit aufgrund der interspezifischen Konkurrenz zurück. Da die verbleibenden Pflanzen wachsen, kann der Konkurrenzdruck auf die Kulturpflanze trotzdem steigen. Zur Bewertung der Unkrautkonkurrenz auf die Kulturpflanze muss neben der Unkrautdicke ergänzend der Parameter Unkrautdeckungsgrad bzw. Unkrautbesatz im Erntegut betrachtet werden. Da die Unterschiede zwischen den Bonituren zu Vegetationsende und -beginn gering sind, sollte im Regelfall eine Bonitur zu Vegetationsende zum Einschätzen des jährlichen Unkrautdruckes ausreichen. Zusätzlich sollte der Unkrautbesatz zur Ernte abgeschätzt werden.

Das Unkrautspektrum mit vier bis elf gefundenen Arten beschränkt sich auf wenige häufig vorkommende Arten. Die von 2020 bis 2023 gefundenen Unkrautarten sind für enge Fruchtfolgen mit hohem Winterungs- und Getreideanteil typisch. Ein Zusammenhang zwischen Artanzahl und Bodenbearbeitungsverfahren konnte nicht ermittelt werden. In früheren Versuchsjahren traten zwar andere aber ebenso gewöhnliche Unkrautarten auf diesen Feldern auf. Die Artanzahl war jedoch mit zwei bis elf Arten ähnlich gering (GRUBER 2000, NEUBAUER 2003). Die Unterschiede werden durch das jeweilige Anbauspektrum der vorangegangenen Jahre und die Jahreswitterung begründet sein. Die Feststellung von SPRENGER (2004), dass reduzierte, beziehungsweise nicht wendende Bodenbearbeitungssysteme zu einer erhöhten Gesamtartanzahl führt, konnte nicht bestätigt werden (HÖCH 2023).

Beobachtungen zu Ertragswirkungen der Prüffaktoren

Die nachfolgenden Beobachtungen basieren auf den Ertrags-Auswertungen erst weniger Einzeljahre, sind nicht in allen Fällen statistisch gesichert, variieren zwischen den Jahren und Kulturarten und sind deshalb noch vorläufig. Erst eine statistische Auswertung auf der Grundlage mehrjähriger Ergebnisse und eventuell sogar in Abhängigkeit von der Jahreswitterung kann zu sichereren Aussagen führen.

Unter ungünstigen Bedingungen im Herbst (verspäteter Saattermin, niedrige Temperaturen) kann eine tiefe intensive Bodenbearbeitung durch die starke Lockerungswirkung und erhöhte Mineralisation zu einer schnelleren und kräftigen Pflanzenentwicklung beitragen. Auch in sonst pfluglosen Anbausystemen kann also u. U. in solchen (Ausnahme-)Situationen eine tiefe Bearbeitung oder sogar ein Pflugeinsatz sinnvoll sein. Die Nachteile der intensiven Bearbeitung sind in diesem Fall gegen die Nachteile einer schwächeren Pflanzenentwicklung und lückigerer Bestände abzuwägen.

Auch Zwischenfrüchte entwickeln sich bei kühler Herbstwitterung auf gepflügten Flächen häufig kräftiger als auf reduziert bearbeiteten. In diesem Zusammenhang sollte die wachstumsfördernde Wirkung eher nicht als Argument für eine Pflugfurche vor der Zwischenfruchtaussaat gelten, da die mit der Lockerung einhergehende höhere N-Mineralisierung das N-Aufnahmevermögen der Zwischenfrucht in ungünstigen Fällen übersteigen kann. Unnötige N-Verlagerungen wären die Folge. Außerdem ist jede intensive Bodenbearbeitung während der in der Regel niederschlagsreichsten Monate Juli und August mit erhöhtem Erosionsrisiko verbunden.

Für Silomais hat sich das Strip-Till-Verfahren in Kombination mit flüssiger organischer Düngung bewährt. Damit können häufig gleiche oder höhere Erträge als nach Pflugfurche erzielt werden. Im Mittel weisen auch die anderen reduzierten Bodenbearbeitungsvarianten erstaunlich gute Ertragsergebnisse auf.

Bei hohem Unkrautdruck ohne ausreichenden chemischen Bekämpfungserfolg fallen die Ertragsergebnisse bei flacher nichtwendender Bearbeitung signifikant gegenüber den wendend bearbeiteten Flächen ab, da die im Versuch aktuell dominierenden Unkräuter durch Pflügen gut bekämpft werden können. Diese Beobachtung wird für viele Situationen in MV zutreffend sein. Eine Pflugfurche oder auch eine tiefe nichtwendende aber mischende Bearbeitung kann also Teil der betrieblichen Unkrautbekämpfungsstrategie sein. Beim Auftreten von Unkrautarten, die im Boden lange lebensfähig bleiben, müssen jedoch andere Strategien genutzt werden (Ackerfuchsschwanz).

Der Proteingehalt im Erntegut aller Kulturen ist vor allem von Jahreswitterung und Ertragshöhe abhängig. Der Prüffaktor Bodenbearbeitung wirkt sich hier nicht oder kaum aus.

Die Nachlieferung aus langjährig organischer Düngung wirkt meist positiv auf Pflanzenwachstum und Ertragsbildung und zwar auch in Jahren, in denen nur mineralisch gedüngt wird. Ob sich der Effekt mit zunehmender Versuchsdauer seit der Reduzierung der Ausbringungsmengen auf ca. 12 m³ Gärrest im Mittel der Fruchtfolge abmindert, wird vielleicht in den kommenden Jahren erkennbar sein.

Abgesehen von der Wirkung als Unkrautbekämpfung sind die Effekte der Grundbodenbearbeitung auf die Erträge stark von der Jahreswitterung abhängig. Aus Auswertungen kurzer Versuchsdauer sind deshalb nur wenige sinnvolle Empfehlungen abzuleiten. Der Versuch sollte auch deshalb unbedingt fortgeführt werden.

6 Fazit

Flache nichtwendende Bodenbearbeitung in Verbindung mit hohen Anbauanteilen von Winterkulturen führt zum erhöhten Auflaufen von Unkräutern und Ungräsern sowie Ausfallsamen.

Bei Reduzierung des chemischen Pflanzenschutzes und Wegfall von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen verschärfen sich die Probleme nicht angepasster enger Fruchtfolgen durch einseitige Unkrautselektion und Resistenzbildung gegen Herbizide.

Zwei Jahre nach Aufweitung der Fruchtfolge im Bodenbearbeitungsversuch können noch keine Belege für die Wirksamkeit der Fruchtfolgeumstellung gezeigt werden. Die Ergebnisse belegen jedoch die Dringlichkeit der Problematik.

Ohne Keimpausen im Jahresverlauf sind Roggentrespen in der Lage, in unterschiedlichen Anbausituationen Samen zu bilden.

Der Bekämpfungserfolg gegen Roggentrespe muss in den kommenden Jahren intensiver beobachtet werden.

Eine Bonitur zu Vegetationsende wird nicht zum Einschätzen des jährlichen Unkrautdruckes ausreichen. Zusätzlich sollte der Unkrautbesatz zur Ernte abgeschätzt werden.

Reduzierte Bodenbearbeitung führte nicht zu einer Erhöhung der Unkrautartanzahl.

Eine Pflugfurche oder auch eine tiefe nichtwendende aber mischende Bearbeitung kann Teil der betrieblichen Unkrautbekämpfungsstrategie sein. Dabei sind Nachteile der intensiven Bearbeitung abzuwägen.

Die Nachlieferung aus langjährig organischer Düngung wirkt meist positiv auf Pflanzenwachstum und Ertragsbildung und zwar auch in Jahren, in denen nur mineralisch gedüngt wird.

Für Silomais hat sich das Strip-Till-Verfahren in Kombination mit flüssiger organischer Düngung bewährt.

Aus Auswertungen kurzer Versuchsdauer sind deshalb nur wenige sinnvolle Empfehlungen abzuleiten. Der Versuch sollte auch deshalb unbedingt fortgeführt werden.

7 Literatur

- AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. verbesserte und erweiterte Auflage, Hannover 340 S.
- Bull, I. (2021): Nachhaltige Bodenbearbeitungsverfahren unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns. Versuchskonzept ab 2020/21. Zwischenbericht. Online verfügbar unter <https://www.landwirtschaft-mv.de/Fachinformationen/Ackerbau/Ackerbau/>
- Dzikowski, M.; Homa, U., Becker, J.; Koops, A. (2014): Kamille – Biologie, Unterscheidung zwischen Arten und Bekämpfung in verschiedenen Kulturen. In: 59. Deutsche Pflanzenschutztagung. Forschen – Wissen – Pflanzen schützen: Ernährung sichern! Freiburg, 23.-26.09.2014.
- Gehring, K.; Thyssen, S. (2011): Leitunkräuter in Getreide. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Integrierter Pflanzenschutz). Online verfügbar unter <https://s8e97737d569e52a2.jimcontent.com/download/version/1615451653/module/7582379251/name/Getreide%20Unkraut.pdf>.
- Gruber, H. (2000): Phytosanitäre Auswirkungen verschiedener Bodenbearbeitungssysteme in Mecklenburg-Vorpommern. Forschungsbericht. Unveröffentlicht.
- Hanf, M. (1990): Ackerunkräuter Europas. mit ihren Keimlingen und Samen.
- Höch, Lorenz (2023): Untersuchung zur Unkrautentwicklung in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung. Masterarbeit. Hochschule Neubrandenburg, Neubrandenburg. Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften.
- Lehmann, L. (2012): Beobachtungen von Roggentrespe im Bodenbearbeitungsversuch Gülzow. Mündliche Mitteilung
- Masson, S.; Chauvel, B.; Carlen, C.; Wirth, J. (2021): Neue Entscheidungshilfen für eine nachhaltige Unkrautbekämpfung. In: *Agrarforschung Schweiz* 12 (78-89). Online verfügbar unter https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/2021/05/078-089_Masson_Jarabo_Pflanzenbau_Unkrautbekaempfung_D.pdf.
- Neubauer, W. (2003): Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern und Möglichkeiten zu ihrer praktischen Umsetzung. Forschungsbericht.
- Pallutt, B. (2000): Unkrautunterdrückung und -bekämpfung durch Fruchtfolgegestaltung, Bodenbearbeitung, Aussaatzeitpunkt, Saatmenge und Stickstoffversorgung. Online verfügbar unter: <https://orgprints.org/id/eprint/2529/1/2529-pallutt-b2000-unkrautunterdr%C3%BCckung-bba-fg-3.pdf>, 09.12.2022.
- Pekrun, C., Claupein, W. (2003): Unkrautmanagement durch Bodenbearbeitung und andere Maßnahmen indirekter Unkrautkontrolle im ökologischen Landbau. Online verfügbar unter: <https://orgprints.org/id/eprint/8993/1/pBadD%C3%BCben030603.pdf>.
- Schmidt, J. H., Junge, S., Finckh, M. R. (2017): Der Einfluss von reduzierter Bodenbearbeitung und Zwischenfrüchte auf die Unkrautsamenbank nach ökologischem Winterweizen- und Kartoffelbau. Online verfügbar unter: <https://orgprints.org/id/eprint/31891/1/Der%20Einfluss%20von%20reduzierter%20Bodenbearbeitung%20und.pdf>.
- Schwarz, J., Pallutt, B. (2014): Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Entwicklung der Verunkrautung in einem Dauerfeldversuch. In: 26th German Conference on Weed Biology and Weed Control 2014, S. 141- 148, Julius-Kühn-Archiv 443. Online verfügbar unter: https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar_derivate_00018287/2014_0462.pdf.
- Sprenger, B. (2004): Populationsdynamik von Ackerwildpflanzen im integrierten und organischen Anbausystem. Dissertation, Technische Universität München. Online verfügbar unter: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/603511/document.pdf>.

Voßhenrich, H.-H., Landschreiber, M., Henne, U., Schleich-Saidfar, C., Epperlein, J., Olderog-Enge, K., Matthiesen, H. (2018): Entwicklung nachhaltig wirkender Methoden zur Ackerfuchsschwanzbekämpfung, Thünen Working Paper 99. Johann Heinrich von Thünen-Institut (Hrsg.). online verfügbar unter: https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar_derivate_00014643/dn059886.pdf

Wolber, Dirk (2023): Resistenzen durch "Gegenselektieren" entschleunigen! In: *Getreidemagazin* 29 (4), S. 31–39.

8 Überleitung seit 2021

Bull, I.; Heilmann, H. (2021): Stellungnahme zur EU-Bodenstrategie. angefordert von AL360 am 02.02.2021

Bull, I. (2021): Nachhaltiger Ackerbau - Perspektiven, Grenzen und Zielkonflikte. Fachfortbildung für Kirchengemeinderäte zur Landverpachtung "Der Schatz im Acker" Online. 24.04.2021

Bull, I. (2021): Dauerversuch Bodenbearbeitung. Podcast. 07.-10.06.2021. Praktikerwoche Mähdruschfruchtanbau. Gülzow

Bull, I. (2021): Humusaufbau durch reduzierte Bodenbearbeitung. Podcast. Praktikerwoche Mähdruschfruchtanbau. Gülzow

Bull, I. (2021): Stellungnahme zur Kleinen Anfrage der Abgeordneten Beate Schlupp, Fraktion der CDU „Nicht wendende Bodenbearbeitung“. 04.08.2021

Bull, I. (2022): Bodenbearbeitung im Silomaisanbau ohne Glyphosat. Vortrag zum DMK-Feldtag. Gülzow. 13.07.2022

Bull, I. (2023): Humusgehalt von Ackerböden. Vortrag zum Studententag. Gülzow. 12.05.2023

Höch, Lorenz (2023): Untersuchung zur Unkrautentwicklung in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung. Masterarbeit. Hochschule Neubrandenburg, Neubrandenburg. Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften.