



Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences



Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften
Studiengang: Nachhaltiges landwirtschaftliches Produktionsmanagement

Master Thesis

Integrierte Schädlingsbekämpfung im Rapsanbau – alte und neue Maßnahmen zur Kohlfiegenbekämpfung auf dem Prüfstand

Julia Edelmann

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2021-0160-7

Erstprüferin: Prof. Dr. Becke Strehlow
Zweitprüfer: Ing. Agr. Néstor Urretabizkaya

März 2021

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	vii
Abkürzungsverzeichnis.....	ix
Zusammenfassung (spanisch) / Resumen (español)	x
1 Einleitung.....	1
2 Kenntnisstand	2
2.1 Integrierter Pflanzenschutz	2
2.2 Die Kleine Kohlflye – <i>Delia Radicum</i>	2
2.2.1 Taxonomie und Verbreitung.....	2
2.2.2 Optische Beschreibung mit Abgrenzung zur Großen Kohlflye.....	2
2.2.3 Lebenszyklus, Finden neuer Wirtspflanzen und Eiablage.....	4
2.2.4 Schadbild im Winterraps	8
2.3 Prognosemodelle.....	8
2.4 Winterraps – <i>Brassica napus</i>	9
2.4.1 Taxonomie, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung.....	9
2.4.2 Die Jungpflanze und ihre Wachstumsbedingungen.....	10
2.5 Zusammenhang von Kohlflyebefall und Ertrag.....	11
2.6 Möglichkeiten zur Regulierung des Kohlflyebefalls	11
2.6.1 Einfluss des Saattermins auf Raps und Kohlflye.....	14
2.6.2 Einfluss der Saattiefe auf Raps und Kohlflye	14
2.7 Theoretische Grundlagen „Plasma“.....	15
2.8 Behandlungen von Winterrapssaatgut	16
2.8.1 Beizen von Rapssaatgut und ihr Einfluss auf <i>Delia radicum</i>	16
2.8.2 Plasmabehandlung von Saatgut	17
3 Material und Methode.....	18
3.1 Versuchsaufbau.....	18
3.2 Bonitur	22

3.3 Statistische Auswertung.....	23
3.4 Witterungsverlauf	26
4 Ergebnisse.....	26
4.1 Beschreibende Statistiken für die Boniturnoten in Abhängigkeit der Faktorstufen ..	26
4.1.1 Saatgutbehandlungen.....	27
4.1.2 Saattiefen	29
4.1.3 Saatzeiten.....	31
4.2 Rangvarianzanalyse des Kohlfliegenbefalls (Kruskal-Wallis-Test).....	32
4.3 Anschlussstest der Rangvarianzanalyse: Mann-Whitney-U-Test	33
4.3.1 Paarweise Vergleiche der Saatgutbehandlungen	34
4.3.2 Paarweise Vergleiche der Saattiefen.....	35
4.3.3 Paarweise Vergleiche der Saatzeiten	37
4.4 Beschreibende Statistiken für die oberirdische Biomasse (TM) in Abhängigkeit der Faktorstufen	39
4.4.1 Saatgutbehandlungen.....	40
4.4.2 Saattiefe	42
4.4.3 Saatzeit.....	43
4.5 Kohlfliegenauftreten und Witterung.....	48
5 Diskussion.....	52
5.1 Grundlegende Einschätzung von Pflanzenentwicklung und Befall.....	53
5.2 Auswertung der Prüffaktoren.....	54
5.3 Zeitliches Auftreten der Kleinen Kohlfliege	56
5.4 Reaktion auf Reize der Wirtspflanzen	57
6 Zusammenfassung	57
7 Quellenverzeichnis.....	60
8 Anhang.....	65
A Parzellenplan.....	65
B1 Bodenanalyse	67
B2 Nmin-Werte	67

C Pflanzenschutzmaßnahmen	68
D Boniturnoten, BBCH-Stadien und Biomassen.....	69
E Vorarbeit für den Kruskal-Wallis-Test.....	75
F Wetterdaten.....	79
G BBCH-Stadien	81
9 Eidesstattliche Erklärung	82

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausgewachsenes Männchen der Kleinen Kohlflye. Aus (Schöber-Butin et al., 1999).....	3
Abbildung 2: Tönnchenpuppe. Aus (Börner, 2009)	4
Abbildung 3: Entwicklung der Kleinen Kohlflye (<i>Delia radicum</i>). a Habitusbild Imago, b Entwicklungskreislauf: 1 Schlupf der Imagines Ende April aus den überwinterten Puppen 2 Eiablage am Wurzelhals der Wirtspflanzen (Kohlgemüse, Raps) 3 Larvenschlupf und erheblicher Schadfraß an und in der Wurzel 4 Verpuppung im Boden 5 zweite Generation 6 Eiablage 7 Larvenschlupf 8 Verpuppung zur Überwinterung.	5
Abbildung 4: Aggregatzustände von Wasser. Aus Brust 2020, S. 5	16
Abbildung 5: Direkte und indirekte Plasmabehandlung. Aus Brust (2020), S. 11	18
Abbildung 6: Lage des Ortes Hungerstorf in Mecklenburg-Vorpommern. Verändert nach Google (2021) In schwarz ist die Landesgrenze von Mecklenburg-Vorpommern, in rot der Standort Hungerstorf gekennzeichnet	20
Abbildung 7: Lage des Versuchsfeldes bei Hungerstorf. Verändert nach Google (2021) ..	20
Abbildung 8: Luftbild und Aufbau des Versuchsfeldes. Verändert nach Google (2021). ..	21
Abbildung 9: Boniturschema	22
Abbildung 10: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante tief-früh....	28
Abbildung 11: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante tief-spät....	28
Abbildung 12: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante flach-früh.	28
Abbildung 13: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante flach-spät .	29
Abbildung 14: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante Plasma-früh	29
Abbildung 15: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante Plasma-spät	30
Abbildung 16: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante chemisch-früh	30
Abbildung 17: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante chemisch-spät	30
Abbildung 18: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante Plasma-tief	31
Abbildung 19: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante Plasma-flach	31

Abbildung 20: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante chemisch-tief	32
Abbildung 21: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante chemisch-flach	32
Abbildung 22: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante tief- früh	40
Abbildung 23: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante tief- spät	41
Abbildung 24: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante flach- früh	41
Abbildung 25: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante flach- spät	41
Abbildung 26: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante Plasma-früh	42
Abbildung 27: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante Plasma-spät	42
Abbildung 28: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante chemisch-früh.....	43
Abbildung 29: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante chemisch-spät.....	43
Abbildung 30: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante Plasma-tief.....	44
Abbildung 31: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante Plasma-flach.....	44
Abbildung 32: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante chemisch-tief.....	44
Abbildung 33: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante chemisch-flach	45
Abbildung 34: Geschädigte Wurzelfläche in Abhängigkeit von der pflanzlichen Trockenmasse –.....	46
Abbildung 35: Geschädigte Wurzelfläche in Abhängigkeit von der pflanzlichen Trockenmasse –.....	47
Abbildung 36: Frischmassen befallener und nicht befallener Pflanzen	48
Abbildung 37: Zeitstrahl.....	49

Abbildung 38: Lufttemperaturverlauf am Standort Hungerstorf in der Zeit vom 15.08.20 bis zum 30.11.20	50
Abbildung 39: Niederschlagsverlauf am Standort Hungerstorf in der Zeit vom 15.08.20 bis zum 30.11.20	51
Abbildung 40: Zeitliche Abbildung von Kohlfliegenfängen, Temperaturen und Niederschlägen	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Allgemeine Gruppeneinteilung der Parzellen.....	23
Tabelle 2: Gruppensortierung für den Vergleich der beiden Saatgutbehandlungen.....	23
Tabelle 3: Gruppensortierung für den Vergleich der beiden Saattiefen	23
Tabelle 4: Gruppensortierung für den Vergleich der beiden Saattermine	24
Tabelle 5: Verteilung der Boniturnoten auf die einzelnen Faktorstufen; absolute Häufigkeiten.....	26
Tabelle 6: Verteilung des Schadens (% befallener Wurzeloberfläche; entspricht den Boniturnoten) auf die acht Gruppen.....	27
Tabelle 7: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Gruppen A und E (tief-früh).....	34
Tabelle 8: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Gruppen B und F (tief-spät)	34
Tabelle 9: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Gruppen C und G (flach-früh)	35
Tabelle 10: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Gruppen D und H (flach-spät)	35
Tabelle 11: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Gruppen C und A (Plasma-früh).....	36
Tabelle 12: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Gruppen D und B (Plasma-spät).....	36
Tabelle 13: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Gruppen G und E (chemisch-früh).....	36
Tabelle 14: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für die Gruppen H und F (chemisch-spät)	37
Tabelle 15: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für die Gruppen A und B (Plasma-tief)	37
Tabelle 16: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für die Gruppen C und D (Plasma-flach)	38
Tabelle 17: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für die Gruppen E und F (chemisch-tief)	38
Tabelle 18: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für die Gruppen G und H (chemisch-flach).....	38
Tabelle 19: Trockenmassen (g) parzellenweise addiert.....	40

Tabelle 20: Relation von Trockenmasse und Schadensmittel für die Faktorstufen "früh" und "spät"	46
Tabelle 21: Gelbschalenfänge in Hungerstorf im Herbst 2020	48

Abkürzungsverzeichnis

FM	.....	Frishmasse
H_{err}	.....	Errechnete H-Statistik
H_{korrr}	.....	Korrigierte H-Statistik
IPS	.....	Integrierter Pflanzenschutz
TM	.....	Trockenmasse

Zusammenfassung (spanisch) / Resumen (español)

Título: Control integrado de plagas en el cultivo de la colza – medidas antiguas y nuevas para el control de *Delia radicum* a prueba

Aunque Schöber-Butin et al. escribieron en 1999 que el control de la pequeña mosca de la col (*Delia radicum*) era "a penas necesario", ahora es una plaga importante de las Brassicaceae (Börner, 2009). Sus larvas se alimentan de las raíces, restringiendo su función. El resultado puede ser el amarillamiento, el marchitamiento, las graves pérdidas de rendimiento o la muerte completa (Börner, 2009; Döring, 2014). Aunque su aparición depende en gran medida de la región (Bartels et al., 2020), Deutsche Saatveredelung AG (s.f.), que es una de las principales empresas de cultivo de plantas en Alemania, escribe que la plaga más peligrosa de la colza en los últimos años es la pequeña mosca de la col. Esto se debe, entre otras cosas, al hecho de que el control químico de esta plaga viviendo en el suelo es difícil (Baur, 2010; Sontheimer, 2014). Las medidas preventivas, como una mayor rotación de cultivos, la mejora de la higiene del campo o la labranza de los suelos, no han servido lo suficiente hasta ahora. Además, hay un aumento de las superficies de colza. (Vogler et al., 2014) Y por el cambio climático, las fases activas de *Delia radicum* se extienden (Collier et al., 1991). Por lo tanto, la gestión de la mosca de la col se está transformando en un desafío cada vez más grande para los agricultores. Deben tener en cuenta que *Delia radicum* es una plaga especializada y responde a las señales de sus plantas hospedadoras. Son señales visuales (color, forma) y olfativas (compuestos vegetales secundarios terpenoides, flavonoides, derivados fenólicos) (Börner, 2009; Zohren, 1968). Lo que es especial es que las plantas reaccionan con la liberación de glucosinolatos al daño de la alimentación de *Delia radicum*. La salida de los glucosinolatos y sus productos de degradación atraen a nuevas hembras de la mosca de la col (Hell, 2002; Zohren, 1968).

Las larvas de *Delia radicum* dañan el sistema radicular de la colza. Los daños de la tercera generación, que ocurren en otoño, son especialmente graves porque las plantas todavía están jóvenes y vulnerables. Las madres ponen sus huevos en el cuello de la raíz. Las larvas salen después de unos seis días (Börner, 2009; Kahrer & Gross, 2002). En la literatura sobre el control de la mosca de la col, se lee principalmente sobre ensayos en la producción de hortalizas, donde la mosca de la col ha sido una plaga importante allí durante mucho tiempo. En los cultivos a pequeña escala, se pueden tender redes de protección, colocar anillos de barrera protectores alrededor del cuello de la raíz o incluso a través de control biológico (Hoffmann & Schmutterer, 1999). En los cultivos extensivos esto es menos posible por razones de coste y de mano de obra. Sin embargo, la sub-siembra de trébol, la reducción de

las crucíferas en la rotación de cultivos y el ajuste de la fecha de siembra han demostrado ser parcialmente eficaces (Kahrer & Gross, 2002; Erichsen & Hünmörder, 2005). Así, se aplican medidas agronómicas que impiden la coincidencia temporal entre la mosca y la fase de desarrollo sensible de la colza o sirven para distraer la plaga.

La gestión integrada de plagas significa que para resolver un problema de plagas o enfermedades se tienen en cuenta primero las técnicas biológicas, biotécnicas, físicas y culturales. Sólo por último, se consideran los procedimientos y métodos químicos (JKI, s.f.). La gestión integrada de plagas es la idea básica de esta tesis. En esta tesis, se examinarán diferentes medidas de cultivo de plantas para comprobar su eficacia preventiva contra *Delia radicum*. Se comparará dos fechas de siembra y dos profundidades de siembra. Además, se analizará si el novedoso tratamiento físico de las semillas con bajas dosis de plasma tiene un efecto sobre la infestación de la mosca de la col. Se comparará con el conocido tratamiento químico a base de fungicidas. El tratamiento de las semillas con plasma conduce a un aumento de la porosidad de su superficie. El número de grupos hidrofílicos también aumenta. Así, el agua se absorbe más rápidamente. Se dice que la germinación acelerada resulta mejora la tolerancia al estrés de las plantas. Se espera que contribuya a una protección de los cultivos sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Es cada vez más importante, especialmente bajo las consecuencias del cambio climático (Chest 2020). El cambio climático está complicando las ya complejas decisiones de gestión de los cultivos en el momento de la siembra, debido a la mayor incidencia de las irregularidades meteorológicas. Por lo tanto, este trabajo examinará si el tratamiento de las semillas con plasma puede suponer beneficios cuando la siembra óptima no es posible debido a factores externos.

En el verano de 2020, se estableció una parcela de bloques aleatorios en Hungerstorf, en Mecklemburgo-Pomerania (compárense las figuras 6 a 8). El plano de la parcela puede verse en el Apéndice A. Allí se trabajó con una fecha de siembra temprana el 25 de agosto de 2020, una tardía el 07 de septiembre de 2020, siembra superficial a 2 cm, siembra profunda a 4-5 cm y los tratamientos de semillas "químico" y "plasma". Así, se pueden asignar tres factores a cada parcela. Los herbicidas y la fertilización se aplicaron como es habitual. Las moscas de la col en el campo se contaron utilizando trampas amarillas. El muestreo se realizó el 30 de noviembre de 2020. En los tres días siguientes, se hizo la bonitura. Para ello, se ha utilizado el esquema de la figura 9. Se realizaron estadísticas descriptivas, así como la prueba de Kruskal-Wallis y luego la prueba U de Mann-Whitney. También se pesó la biomasa aérea de las plantas. Los resultados pueden verse en el capítulo 4.

Se observó que las plantas más pesadas solían estar más infestadas por las larvas que las más ligeras. Esto es suficientemente conocido por la literatura (comparar el capítulo 2). Parece que emiten estímulos más fuertes, a los cuales los animales madre son atraídos para poner huevos.

El mayor efecto sobre la biomasa aérea y la infestación de la mosca de la col fue, con mucho, la fecha de siembra, que se desplazó dos semanas. Las plantas de la siembra temprana mostraron una biomasa aérea significativamente más alta y además estaban significativamente más infestadas que las de la siembra tardía. Teniendo en cuenta que la segunda fecha de siembra fue más tardía que la recomendada generalmente (Diepenbrock et al., 2005). La profundidad de siembra tuvo un efecto menos significativo en ambos parámetros. Sólo en las plantas tratado químicamente y en las sembradas tempranas, las plantas sembradas bajas eran más pesadas que las sembradas profundamente. Como se deriva del capítulo 5.2, sólo se asume un efecto indirecto sobre la infestación de *Delia radicum* para la profundidad de siembra.

Al principio de este trabajo, se planteó la hipótesis de que el tratamiento de las semillas con plasma daría una ventaja en el crecimiento y el desarrollo a aquellas plantas que no pudieran ser sembradas de forma óptima. Esta ventaja viene de una germinación más rápida. Los resultados muestran que la fecha de siembra temprana y la poca profundidad de siembra favorecían el desarrollo de la biomasa. En esta combinación, las plantas tratadas químicamente eran más pesadas que las tratadas con plasma. Como esta descrito en varias ocasiones en la tesis, un crecimiento más fuerte de la planta y la infestación por la pequeña mosca de la col entran en conflicto con frecuencia. No se encontraron diferencias significativas en la infestación de *Delia radicum* entre los tratamientos de las semillas. Por lo tanto, la hipótesis aún no puede confirmarse. Sólo hay que señalar que el tratamiento con plasma no valía la pena en buenas condiciones de siembra.

En conclusión, puede decirse que el conflicto de que las plantas más fuertes son cada vez más contactadas y atacadas por la mosca de la col pequeña, pero al mismo tiempo son más capaces de compensar los daños debido a su mayor capacidad de regeneración en primavera, determina la gestión de la mosca de la col. Por lo tanto, es importante reforzar la capacidad de compensación de la colza. Para ello es esencial un buen desarrollo juvenil. Las semillas tardías se ven menos afectadas por la mosca de la col, pero llegan al invierno bastante menos

desarrolladas. Esto probablemente tenga un efecto negativo en el rendimiento. Es importante esperar los resultados de la cosecha. En Hungerstorf, la infestación todavía no era muy grave en general, ya que no hubo pérdidas totales. Para no estimular la población de la mosca de la col en la región, las crucíferas en las mezclas de cultivos de captura sólo deberían seleccionarse con precaución y regularse malezas de forma sostenible.

Además del análisis de los rendimientos, que es interesante sobre todo desde el punto de vista del productor de cultivos, la observación adicional de la evolución de la biomasa y los daños en el año de la cosecha puede ser interesante desde el punto de vista fitomédico. Esto permitiría formular conclusiones sobre la capacidad de regeneración de la colza. Además, si se repitiera el experimento, se podrían registrar datos adicionales sobre la humedad del suelo en otoño y compararlos con el desarrollo de las larvas.

1 Einleitung

Während Schöber-Butin et al. im Jahr 1999 noch schrieben, dass eine Bekämpfung der Kleinen Kohlfliege (*Delia radicum*) „kaum notwendig“ sei, stellt sie heute einen bedeutenden Schädling der *Brassicaceae* dar (Börner 2009). Ihre Larven ernähren sich von den Wurzeln, wodurch diese in ihrer Funktion eingeschränkt werden. Vergilbungen, Welkeerscheinungen, starke Ertragseinbußen oder vollständiges Absterben können die Folge sein (Börner 2009, Döring 2014). Obwohl ihr Vorkommen sehr von der Region abhängt (Bartels et al. 2020), schreibt die Deutsche Saatveredelung AG (n.d.), die zu den führenden Pflanzenzuchtunternehmen in Deutschland gehört: „Der gefährlichste Rapsschädling der letzten Jahre ist die Kleine Kohlfliege.“ Das liegt nicht zuletzt daran, dass die chemische Bekämpfung dieses bodenbürtigen Schädlings kaum bis gar nicht möglich ist (Baur 2010, Sontheimer 2014). Auch präventive Maßnahmen wie weitere Fruchtfolgen, verbesserte Feldhygiene oder angepasste Bodenbearbeitung konnten den Kohlfliegenbefall im Rapsanbau bislang nicht ausreichend verhindern. Dazu kommt der Anstieg an Rapsflächen und durch den Klimawandel geförderte, längere Aktivphasen der Kleinen Kohlfliege (Collier et al. 1991, Vogler et al. 2014). Das Kohlfliegen-Management wird daher zu einer zunehmend großen Herausforderung für die Landwirte. Dabei müssen sie beachten, dass *Delia radicum* ein spezialisierter Schädling ist und auf Signale seiner Wirtspflanzen reagiert.

Der Integrierte Pflanzenschutz bildet den Grundgedanken dieser Thesis. Im Rahmen eines Feldversuchs sollen verschiedene pflanzenbauliche Maßnahmen auf ihre vorbeugende Wirksamkeit gegenüber der Kleinen Kohlfliege untersucht werden. Dabei sollen ein früher Saattermin mit einem späten und eine flache Aussaat mit einer tiefen verglichen werden. Zudem wird analysiert, inwiefern sich die neuartige, physikalische Saatgutbehandlung mit geringen Plasmadosen auf den Kohlfliegenbefall auswirkt – insbesondere in Jahren, in denen eine optimale Aussaat aufgrund von äußeren Einflussfaktoren nicht möglich ist. Als Kontrolle dienen hier Pflanzen, deren Saatgut mit Fungiziden gebeizt wurde. Plasma wird bereits vielseitig in anderen naturwissenschaftlichen sowie technischen Kontexten eingesetzt. Es erweist sich als sehr hilfreich in der Bearbeitung von Materialien und in der Medizin (Samal, 2017; von Woedtke & Weltmann, 2016). Nun soll es einen Beitrag leisten zum nachhaltigen, umweltschonenden Pflanzenschutz (Brust 2020).

2 Kenntnisstand

2.1 Integrierter Pflanzenschutz

Seit den 1970er Jahren ist eine zunehmende Entwicklung des integrierten Pflanzenschutzes (IPS) zu erkennen. Zunächst noch vor allem in den USA, Kanada und wenigen Ländern Europas in Betracht gezogen, prägt der Gedanke heute die Landwirtschaft auf der ganzen Welt (Peshin & Zhang, 2014).

„Unter IPS versteht man, dass biologische, biotechnische, physikalische, kulturtechnische und erst zuletzt chemische Verfahren und Methoden beachtet werden müssen, um ein Problem mit Schädlingen oder Krankheiten zu lösen.“ (JKI, n.d.)

2.2 Die Kleine Kohlflye – *Delia Radicum*

2.2.1 Taxonomie und Verbreitung

Die Kleine Kohlflye (*Delia radicum*, auch *Delia brassicae*, engl. cabbage root fly) gehört zur Familie der Blumenfliegen (*Anthomyiidae*) und zur Ordnung der Zweiflügler (*Diptera*). Sie ist nicht zu verwechseln mit der Großen Kohlflye (auch Rettichflye, *Delia floralis*, *Hylemya floralis*, engl. turnip root fly) (Hoffmann & Schmutterer, 1999; Kahrer & Gross, 2002). Der EPPO-Code für die *Delia radicum* lautet HYLERA (Chenje & Mohamed-Katerere, 2006).

Im Gemüsebau findet *Delia radicum* eine Vielzahl an Brutpflanzen. Dazu zählen Kohl, Chinakohl, Brokkoli, Meerrettich und Kohlrabi. Auch Kohl- und Stoppelrüben und zur Familie der *Brassicaceae* gehörende Wildpflanzen wie der Hederich (*Raphanus Raphanistrum*), Ackersenf (*Sinapsis arvensis*) oder das Hirtentäschelkraut (*Capsella bursa-pastoris*). Letztere sind nicht selten auch auf Ackerflächen zu finden. Somit sind alle gängigen Kreuzblütler potentiell betroffen (Hoffmann & Schmutterer, 1999).

2.2.2 Optische Beschreibung mit Abgrenzung zur Großen Kohlflye

Kleine (*Delia radicum*) und Große (*Delia floralis*) Kohlflye sind sich optisch sehr ähnlich (Hoffmann & Schmutterer, 1999; Schöber-Butin et al., 1999). Im Folgenden wird beschrieben, wie sie sich in ihren verschiedenen Entwicklungsstadien visuell unterscheiden lassen.

Die Larven der Kleinen Kohlflye sind mit 10 mm etwas kleiner als die der Großen. Letztere können bis zu 12 mm lang werden. Beide sind weiß glänzend bis weißgelblich, besitzen weder Beine noch einen gesonderten Kopf. Am vorderen Teil sind jedoch zwei dunkle Mundhaken zu erkennen. Das abgeschrägte hintere Körperende weist zwölf symmetrisch positionierte, warzenförmige Höcker auf. An dem mittleren Höckerpaar zeigen die Larven der verschiedenen Arten einen weiteren Unterschied: Das der *D. radicum* ist gegabelt, während bei *D. floralis* eine spitze Form zu erkennen ist. Der dezente Größenunterschied der Larven ist im Puparium nicht wiederzufinden. Dieses ist bei beiden Arten zwischen 6 und 7 mm lang, braun, tönchenförmig und „deutlich segmentiert“ (Hoffmann & Schmutterer, 1999). Die Imagines der *D. radicum* hingegen sind mit 5 bis 6 mm Länge wieder etwas kleiner als die der *D. floralis*. Des Weiteren lassen sie sich an den Borsten der Hinterschenkel-Innenseiten unterscheiden. Diese sind bei *D. radicum* wirr. Bei *D. floralis* zeigt sich eine klare Reihe langer Borsten. Beide ähneln der Stubenfliege sehr, haben aber einen roten Fleck auf ihrer silbrigweißen Stirn. Die weiblichen Tiere beider Spezies haben eine braungraue Grundfärbung. Die Männchen sind eher schwarzgrau und zeigen zudem drei schwarze Längsstreifen auf dem Thorax (Hoffmann & Schmutterer, 1999; Schöber-Butin et al., 1999).



Abbildung 1: Ausgewachsenes Männchen der Kleinen Kohlflye. Aus (Schöber-Butin et al., 1999)

2.2.3 Lebenszyklus, Finden neuer Wirtspflanzen und Eiablage

Die Überwinterung findet im Boden in einer Tönnchenpuppe statt, aus der die Fliegen ab Bodentemperaturen von 16 °C schlüpfen. Diese werden in der Regel zur Kastanienblüte im April oder Mai erreicht. Die adulten Tiere legen einzelne oder mehrere Eier so dicht wie möglich am Wurzelhals der zukünftigen Wirtspflanze ab. Wenige, etwa sechs Tage später, schlüpfen daraus die Maden. Zunächst fressen sie unterirdisch an den feineren Wurzeln. Mit der Zeit befallen sie auch die Hauptwurzel. Entwicklung und Wachstum der Larven hängen von der Temperatur ab und sind nach drei bis vier Wochen abgeschlossen. Anschließend verpuppen die Larven sich im Boden. Die Tönnchenpuppen sind in Tiefen von 5 bis 10 cm zu finden. Dieser Vorgang wiederholt sich, sodass pro Jahr zwei bis vier Generationen entstehen können (Börner, 2009; Kahrer & Gross, 2002; Schöber-Butin et al., 1999) (vgl. Abbildung 3). Die Anzahl der Generationen pro Jahr und ihre aktiven Zeitspannen können sich durch den Klimawandel erhöhen. Collier et al. (1991) entwickelten in Südengland ein Modell, welches das Verhalten der Kleinen Kohlfliege bei ansteigenden Temperaturen simuliert. Ein Anstieg der mittleren Tagestemperatur um 3 °C führe zur Verfrühung des Kohlfliegenauftretens um einen Monat. Bei einem Plus von 5 oder sogar 10 °C traten statt den dort üblichen drei Generationen vier auf. Kizina (2010) konnte 2009 in Gülzow, Mecklenburg-Vorpommern, drei Flugzeiträume der Kleinen Kohlfliege erkennen: „Ein erster, sehr schwach ausgeprägter Zeitraum vom 7. Mai bis 4. Juni 2009; ein zweiter, deutlicher Flugzeitraum in der Zeit vom 26. Juni bis zum 7. August 2009; und ein dritter Kohlfliegenzeitraum, der sich vom 21. August bis zum 9. Oktober 2009 am stärksten ausgeprägt in der Eiablage, [!] zeigt“ (Kizina, 2010).

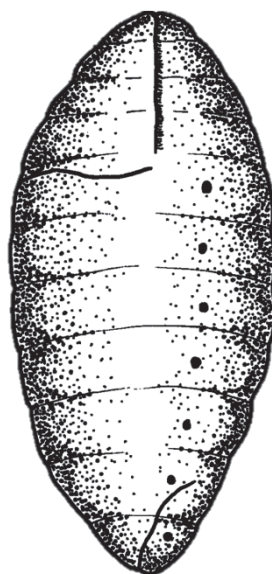


Abbildung 2: Tönnchenpuppe. Aus (Börner, 2009)

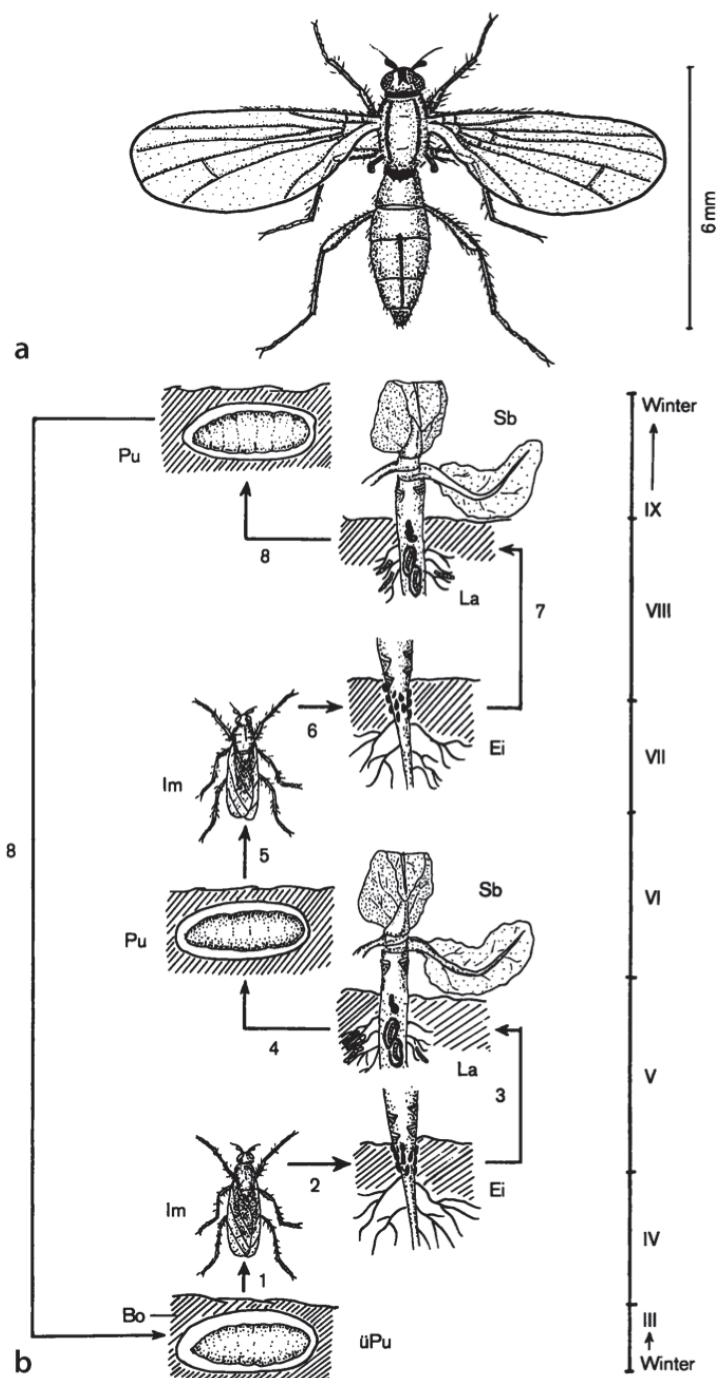


Abbildung 3: Entwicklung der Kleinen Kohlfiege (*Delia radicum*). **a** Habitusbild Imago, **b** Entwicklungskreislauf: **1** Schlupf der Imagines Ende April aus den überwinterten Puppen **2** Eiablage am Wurzelhals der Wirtspflanzen (Kohlgemüse, Raps) **3** Larvenschlupf und erheblicher Schadfraß an und in der Wurzel **4** Verpuppung im Boden **5** zweite Generation **6** Eiablage **7** Larvenschlupf **8** Verpuppung zur Überwinterung.

üPu=überwinternde Puppe; Im=Imago; Ei=Eiablage; La=Larve; Sb=Schadbild. Aus (Börner, 2009)

Die ausgewachsene Kleine Kohlfiege kann ihre zukünftige Wirtspflanze aus 2 m Entfernung optisch erkennen. Anhand von Geruchssignalen, die von der Pflanze ausgehen, ist eine Detektion aus 24 m Entfernung möglich (Börner, 2009). „Für die Frequenz der

Anflüge war der optische Reiz des Landeplatzes entscheidend. Bei gleicher visueller Reizung konnte zudem eine Duft-Attraktivität nachgewiesen werden“ (Zohren, 1968). Die Kleine Kohlflye scheint dabei auf verschiedene olfaktorische Reize zu reagieren. Der Schädling orientiert sich meist an flüchtigen Substanzen wie den sekundären Pflanzenstoffen Terpenoide, Flavonoide, Phenolderivate (Börner, 2009). Die Muttertiere reagieren zusätzlich auf spezifische Methanextrakte, die von gleichartigen Eiern ausgehen. Hat eine Adulte der *Delia radicum* Eier an eine Wirtspflanze gelegt, können andere diese Pflanze anhand der Methanausgasungen ebenfalls finden (Gouinguené et al., 2006). Zusätzlich sei die Vermutung aufzustellen, dass die weiblichen Tiere vorgeschädigte Pflanzen präferieren (Baur et al., 1998).

Die Reaktion von Brassica-Arten auf Schädigung durch herbivore Insekten, zum Beispiel *Delia radicum*, ist sehr komplex. Glucosinolate, die auch Senfölglycoside genannt werden, „sind schwefel- und stickstoffhaltige chemische Verbindungen, die aus Aminosäuren gebildet werden. Diese sekundären Pflanzenstoffe geben [...] Kohl den etwas bitteren Geschmack“ (Pflanzenforschung.de, n.d.). Einige Herbivore, Bakterien, Pilze, Viren und teilweise auch Frugivoren werden von den Glucosinolaten abgewehrt (Wink, 2015). Andere herbivore Insekten haben sich jedoch auf glucosinolathaltige Pflanzen spezialisiert. Glucosinolate sind im Gegensatz zu den durch ihren Abbau entstehenden Isothiocyanaten keine flüchtigen Substanzen, weshalb sie normalerweise nicht auf der Blattoberfläche oder näherer Umgebung vermutet werden (Crespo et al., 2012; Städler & Reifenrath, 2009). Anders verhält es sich bei Verletzungen, die durch Fraßschädlinge an *Brassicaceae* entstehen können. Bei schwarzem Senf (*Brassica nigra*) konnten (Crespo et al., 2012) mittels Protonen-Transfer-Reaktions-Massenspektrometrie und Gaschromatographie-Massenspektrometrie verschiedene schwefelhaltige Substanzen nachweisen, die nach Schädigung durch die Kleine Kohlflye von der Pflanze abgegeben wurden. Diese variierten mit fortschreitender Zeit nach dem Fraß. Auch Rapspflanzen reagieren mit Glucosinolat-Abgabe auf Schädigung durch herbivore Insekten (Hell, 2002). Bei *P. chrysocephala*, einem ebenfalls auf *Brassicaceae* spezialisierten Schädling, konnten Giamoustaris & Mithen (1995) einen positiven Zusammenhang zwischen dem Glucosinolat-Gehalt der Rapspflanze und dem verursachten Schaden feststellen. Nach einem Befall mit der Großen Kohlflye (*Delia floralis*) konnte ebenfalls eine erhöhte Glucosinolat-Konzentration im Raps nachgewiesen werden (Birch et al., 1992).

Wenn *Delia radicum* ihre Eier auf *Brassicaeae*-Arten ablegt, spielen Chemorezeptoren in den Tarsen der Muttertiere eine besondere Rolle. Glucosinolate weisen auf passende Wirtspflanzen hin und werden von einer empfindlichen Rezeptorzelle auf den Segmenten 3 und 4 des Tarsus detektiert. Insbesondere das Indol-Glucosinolat Glucobrassicin stimuliert die Eiablage durch die weiblichen Adulten (Roessingh et al., 1992). Dass *Delia radicum* sich an Senfölglycosiden orientiert konnte Zohren (1968) noch auf eine weitere Art zeigen. Im Labor behandelte er Nichtwirtspflanzen oder Attrappen mit diesen Attraktivstoffen. Beide wurden von den Weibchen als Eiablage angenommen und teilweise sogar Wirtspflanzen gegenüber präferiert. „Entscheidend war die Kontaktrezeption von Senfölglycosiden bzw. deren Agluconen. Neben diesen anziehenden Stoffen „spielen vermutlich [...] auch die weitgehend noch nicht untersuchten Repellentien der Nichtwirte“ eine Rolle (Hirschfeld, 1987). So zeigte sich eine verminderte Eiablage, wenn „Wirtspflanzen mit Extrakten aus Nichtwirten“ behandelt wurden (Hirschfeld, 1987). Dabei war sowohl die Anzahl der Weibchen als auch die Anzahl der Eier, die pro Muttertier gelegt wurden, kleiner als bei nicht behandelten Wirtspflanzen (Hirschfeld, 1987).

Die Eier werden dicht an den Wurzelhals gelegt (Börner, 2009). Vorher zeigen die Weibchen ein komplexes, typisches Eiblageverhalten. Sie beginnen mit dem Blattspreitenlauf, der je nach Intensität der Reizung der Chemorezeptoren unterschiedlich intensiv ausfällt. Sie suchen den Stengel. Ist dieser gefunden, folgt der Stengellauf. Anhand der schmalen, länglichen Form des Stängels orientiert sich die Fliege in Richtung Boden. Die Phase des Kletterns schließt sich nun an. Die „Laufaktivität der Fliegen zeigte eine deutlich ausgeprägte, temperaturunabhängige Tagesperiodik“ (Zohren, 1968).

„Bei den Suchbewegungen des Kletterns wird der wichtige Schritt des Ausstreckens der Legeröhre durch Laufen über locker gelagerte Partikel bewirkt. Trockenem Substrat zogen die Fliegen bei der Oviposition feuchtem und nassem vor. Bei einer Helligkeit von 150 Lux wurden 71% Eier gegenüber 29% bei 1500 Lux abgelegt [...].“ (Zohren, 1968)

Im Durchschnitt legt ein Muttertier 115 Eier, wobei „zur steten Reifung der Eianlage [...] ständige Ablagemöglichkeiten und Zufuhr von Nahrung“ von Nöten sind (Zohren, 1968). In Versuchen von Hünmörder (2003) in Mecklenburg-Vorpommern legte *Delia radicum* ihre Eier im BBCH-Stadium 13 des Rapses an diesen ab. Der Larvenschlupf erfolgte bei BBCH 18. Der Zuflug erfolgte bereits vor BBCH-Stadium 10.

Auch die Larven identifizieren ihre Wirtspflanzen anhand von Gerüchen (Li, 2008). Die Eier wurden bereits dicht an die Wirtspflanzen gelegt, weshalb die Suche nach einer solchen für die geschlüpfte Larve entfällt. Jedoch muss sie den Weg zu deren Wurzel zurücklegen. Die dafür verwendeten Sinneszellen sind nur in geringer Zahl ausgebildet (Honda & Ishikawa, 1987; RYAN und BEHAN 1973). Larven der *Delia radicum* orientieren sich an für *Brassicaceae* typischen Stoffwechselprodukten wie Allyl und Ethyl Isothiocanaten. Von der Wurzel abgehend, entsteht im Boden schnell ein Konzentrationsgefälle, anhand dessen sie zum Ziel geleitet werden (Košťál, 1991). Die Hauptverpuppung der Larven konnte Zohren (1968) 26 Tage nach der Eiablage beobachten.

2.2.4 Schadbild im Winterraps

Die Kleine Kohlfliege ist in Europa zu einem wichtigen Schädling der Brassiceae geworden. Für den Raps besonders schädigend ist die im Herbst auftretende dritte Generation, mit deren Befall im Allgemeinen ab vier Wochen nach dem Saattermin zu rechnen ist. Die Populationsdichte der dritten Generation ist abhängig von der Intensität der vorangegangenen Generationen. Es sind die Tiere im Larvenstadium, die sich vom Raps ernähren und ihn somit schädigen. Fraßschäden an den Wurzeln kennzeichnen sich durch Fraßgänge. Das Gewebe stirbt an diesen Stellen ab und es kommt zu Beeinträchtigungen der Wurzelfunktionen. Die Folgen können Vergilbungen, Welkeerscheinungen und bei starkem Befall im Herbst auch oberirdische, rotblaue Verfärbungen sein (Erichsen & Hünmörder, 2005; Schöber-Butin et al., 1999). „Für das Auftreten und Ausmaß der Larven ist vor allem die Eiablage der Kohlfliege entscheidend“ (Kizina, 2010). Je nach Befallsstärke ist ein vollständiges Absterben der Pflanze möglich. Zusätzlich besteht bei den Fraßschäden die Gefahr, dass pflanzenpathogene Bakterien oder Pilze wie *Verticilium longisporum* (Stängelstreifigkeit) übertragen werden (Bartels et al., 2020; Börner, 2009).

2.3 Prognosemodelle

Es existieren Prognosemodelle, mit denen der Befall bestimmter Schaderreger vorausgesagt beziehungsweise modelliert werden kann. „Man versucht zunächst, durch Prognoseverfahren den Zuflug der legereifen Weibchen festzustellen und diese dann direkt zu bekämpfen oder die Larven von dem Eindringen in das Pflanzengewebe abzutöten“ (Börner, 2009). Besonders einfach ist das Monitoring und eine damit verbundene Einschätzung des Befalls mittels Gelbschalen, Allyl-isothiocyanat-Fallen und Leimtafeln (Hoffmann & Schmutterer, 1999; Schöber-Butin et al., 1999). Die sichere Bestimmung der Kleinen Kohlfliege ist jedoch nicht leicht, da sie nur schwer von anderen Fliegenarten zu

unterscheiden ist (Döring, 2014). Komplexer ist das Prognosemodell DELRAD, welches von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Braunschweig entwickelt wurde. Es „berechnet die Populationsentwicklung der Kleinen Kohlfliege vom Erscheinen aus der Winterruhe bis zum Ende der Vegetationsperiode“ in Abhängigkeit von den ortsspezifischen Wetterdaten (Hünmörder, 2003). Zudem können Aussagen über den jeweiligen Anteil der verschiedenen Entwicklungsstadien am Gesamtaufkommen getroffen werden. Auf diese Weise soll es die Landwirte darin unterstützen, Bekämpfungsmaßnahmen optimal zu planen (Hünmörder, 2003). Hünmörder (2003) führte in Veelböken, Mecklenburg-Vorpommern, ein Monitoring der Kleinen Kohlfliege durch und verglich es mit den Vorhersagen des DELRAD-Programmes. Dabei stellte sich heraus, dass die DELRAD-Prognosen mit ersten beiden Kohlfliegengenerationen übereinstimmten. Für die dritte Generation, die letztendlich die schädigende im Raps ist, war das Modell zu ungenau. Zwei Jahr später analysierten Erichsen & Hünmörder (2005) Daten deutschlandweiter Untersuchungen zur Kleinen Kohlfliege im Raps. Neben dem Einsatz von Gelbschalen, der Beobachtung der Eiablage und Ermittlungen der Puppendichte in Bodenproben wurde das DELRAD-Modell der Biologischen Bundesanstalt für Forst- und Landwirtschaft Braunschweig eingesetzt sowie die Wurzeln auf Fraßschäden bonitiert. Die Bonitur der Wurzeln kurz vor Wintereinbruch stellte sich als sicherstes Mittel heraus, um die Befallsstärke einzuschätzen.

2.4 Winterraps – *Brassica napus*

2.4.1 Taxonomie, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung

Der Winterraps (*Brassica napus*) gehört zur Familie der Kreuzblütler. 1963 entdeckte der Kanadier Downey per Zufall Samen der Sommerrapssorte Liho, die einen sehr viel höheren Anteil an Ölsäure besaßen als die bis dato üblichen Rapssamen und gleichzeitig lediglich 0–2 % Erucasäure enthielten. Damit waren sie für die menschliche Ernährung deutlich geeigneter als die vorher vor allem für Schmierfett und Beleuchtung verwendeten Sorten. „Zehn Jahre später wurde in Deutschland erstmals eine Rapssorte des neuen Typs zugelassen. Jetzt stand ein Öl zur Verfügung, das [...] mit dem ernährungsphysiologisch hochwertigen Olivenöl zu vergleichen war“ (Miedaner, 2017). Daraufhin dehnte sich der Rapsanbau in Deutschland stark aus. Heute ist *Brassica napus* die zweitwichtigste Ölpflanze der Welt; in gemäßigten Klimazonen jene höchster Bedeutung. Neben dem Einsatz als Schmier- und Hydrauliköl sowie als omega-3-Fettsäure-reiches Öl in der menschlichen Ernährung wird Raps in Form von Extraktionsschrot in großem Umfang auch an

landwirtschaftliche Nutztiere verfüttert. Zudem gewinnt der Rapsanbau für Treibstoff an Bedeutung (Diepenbrock et al., 2005; Friedt et al., 2018), was die sogenannte Tank-Teller-Tonne-Diskussion hervorruft. Als oftmals einzige Blattpflanze in der Fruchtfolge stellt sie ein übliches Fruchtfolgeglied in Europa, China, Australien und Kanada dar. Ihre guten Vorfruchtwirkungen spielen eine wichtige Rolle im Management von Phytosanität und Bodenstruktur. Auch ökonomisch gesehen hat Raps einen großen Anteil am Ackerbau. Durch den Wegfall von Pflanzenschutzmitteln, besonders durch das Verbot von Neonicotinoiden in der EU, wird immer mehr genetische Forschung für nachhaltigen Rapsanbau notwendig. Heute werden vor allem F1 Hybride gesät. Ein Ausbau der genetischen Vielfalt gilt als Voraussetzung dafür, dass Raps auch in der Zukunft erfolgreich angebaut werden kann. Dabei kommt den Parametern Ertragspotential, Abwehrkraft gegenüber Krankheitserregern sowie Schädlingsresistenz eine besondere Bedeutung zu (Friedt et al., 2018).

2.4.2 Die Jungpflanze und ihre Wachstumsbedingungen

„Der Nährstoffvorrat in einem Rapskorn beträgt nur ein Zehntel eines Getreidekorns. Deshalb muss der Keimling die feine Erde unmittelbar an der Keimwurzel finden und es muss hier im Bodenwasser ein Nährstoffgehalt an den Grundnährstoffen NPK gegeben sein. Das Umschalten von der Kornernährung auf die Wurzelernährung ist bereits im Keimblatt erforderlich, da die Nährstoffmenge des Saatkorns gering ist.“ (Bohla, 2017)

Im Laufe seiner Entwicklung bildet Raps „eine kräftige Pfahlwurzel, die im oberen Teil mit zahlreichen kurzen und darunter mit längeren Seitenwurzeln besetzt ist“ (Diepenbrock et al., 2005). Unter günstigen Bedingungen kann das Wurzelsystem bis in Bodentiefen von 1,80 m vordringen. Schadverdichtungen führen schnell zum Abknicken der Wurzel. Ältere Wurzeln haben dabei eine weißlich-gelbe Oberfläche, während junge noch glasig-weiß sind. Damit die Pflanze optimal vor Frost geschützt ist, wird im Herbst die Ausbildung von acht bis zehn Blättern angestrebt, welche den sensiblen Vegetationskegel schützen (Diepenbrock et al., 2005). Bohla (2017) nennt zehn Blätter im Herbst als Minimum für gute Winterfestigkeit – besser seien zwölf. Das Streckenwachstum der Sprossachse sollte noch nicht begonnen haben (Diepenbrock et al., 2005). Sie sollte noch unter 2 cm lang sein und der Wurzelhalsdurchmesser über 8 mm aufweisen (Sommerfeldt, 2020). Etwa 70 % des Ertragspotentials lassen sich durch eine gute Jugendentwicklung im Herbst ausmachen (Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 2011). Ein ungestörtes Wurzelwachstum im Herbst bildet die Grundlage für optimale Nährstoffaufnahme und Assimilateinlagerung vor dem Winter (Bohla, 2017).

„Temperatur und Wasser sind die beiden wesentlichen Einflussfaktoren für ein erfolgreiches Anbaujahr. Dabei ist die Temperatur im Herbst für das Feintuning der Pflanze verantwortlich“ (Alpmann, 2009). Für eine optimale Herbstentwicklung sollte die Temperatursumme „vom Feldaufgang bis zum Jahresende ca. 875 °C“ betragen (Alpmann, 2009). Um diese zu erreichen sind an den Standort angepasste Saattermine ausschlaggebend (Alpmann, 2009).

2.5 Zusammenhang von Kohlfliegenbefall und Ertrag

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass der Schaden an der Pflanze proportional mit dem Befall wächst (Turnock et al., 1992). Die Fraßschäden an der Pflanze führen aber nicht in jedem Fall zu Ertragsverlusten. Im konventionellen Rapsanbau konnten Turnock et al. (1992) keine Ertragsverluste aufgrund von Wurzelschädigung feststellen, obwohl Larvenfraß der Kleinen Kohlfliege stattfand. Kultivierter Raps besäße diesbezüglich eine ausgeprägte Fähigkeit der Regeneration. Dies zeigt sich auch in verwandten Kohlpflanzen wie dem Brokkoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck), der zwar mit zunehmender Wurzelschädigung durch die Larven von *Delia radicum* weniger Blattmasse ausbildet, diese jedoch im Laufe seiner Entwicklung kompensiert (Mesmin et al., 2019). Bei guten Wachstumsbedingungen im Herbst kann die Rapspflanze noch im Aussaatjahr Nebenwurzeln bilden. Diese funktionieren zwar etwas weniger effektiv als die Pfahlwurzel selbst, können jedoch entstandene Schäden größtenteils ausgleichen. Summieren sich in Jahren mit hohem Befallsdruck durch *Delia radicum* zusätzlich Trockenheit in Herbst und Frühling, so sinkt die Kompensationsfähigkeit des Rapses. Dann sind neben einer „verminderten Standfestigkeit [...] gelegentlich auch eine geringere Winterfestigkeit und sekundäre Pilzansiedlungen“ zu beobachten. Es kann zu Ertragsverlusten kommen (Erichsen & Hünmörder, 2005). Bezüglich der Larven selbst ist eine Präferenz für warme und feuchte Witterung zu erkennen. Sollten mehrere Jahre mit diesen Bedingungen aufeinander folgen, sehen Turnock et al. (1992) auch hier die Gefahr, dass sich die Kohlfliegenpopulation so sehr ausdehnt, dass der Ertrag gefährdet ist.

2.6 Möglichkeiten zur Regulierung des Kohlfliegenbefalls

In der Literatur sind die Möglichkeiten zur Regulierung des Kohlfliegenbefalls für den Gartenbau vielfältiger beschrieben als im Rapsanbau auf großen Flächen. Der

Vollständigkeit halber werden die dort gängigen Methoden im Folgenden genauso aufgeführt wie die aktuelle Situation im erwerblichen Rapsanbau und neue Studien.

Maßnahmen wie das Anbringen von mechanischen Barrieren an der Stängelbasis oder das Installieren von Kulturschutznetzen können im kleinstrukturierten Anbau gute Erfolge erzielen (Börner, 2009; Hoffmann & Schmutterer, 1999). „Bei Anbau mit einer Untersaat von Erdklee oder anderen Kleearten trat ebenfalls nur geringer Kohlflienschaden auf“ (Kahrer & Gross, 2002). Insektizide werden im kleinstrukturierten Anbau in fester oder flüssiger Form entweder auf Einzelpflanzen, reihenweise oder auf der ganzen Fläche ausgebracht (Börner, 2009). Die chemischen Mittel, die im Gemüsebau eingesetzt werden, basieren auf „den Wirkstoffen Carbofuran, Chlorpyrifos, Chlorfenvinphos“ (Kahrer & Gross, 2002). Eine weitere chemische Regulierungsmöglichkeit ist die Inkrustinierung des Saatguts (s. u.) (Börner, 2009).

Die Befallsstärke von *Delia radicum* kann durch natürliche Feinde reglementiert werden. Hymenopteren wie die Gallwespe (*Trybilographa rapae*) parasitieren die Larve der Kleinen Kohlflye. Schlupfwespen (*Phygadeuon subtilis*, *P. fumator* und *P. trichops*) schädigen ihr Puppenstadium genauso wie die Larven einiger Kurzflügler-Arten (z. B. *Aleochara bilineata* und *A. bipustulata*) (Hoffmann & Schmutterer, 1999; Jonasson et al., 1995). „Unter den Prädatoren werden vor allem kleine Laufkäferarten der Gattung *Bembidion* genannt, die Kohlfliogeneier fressen, außerdem *Poecilus melanarius* und mehrere *Harpalus*-Arten“ (Hoffmann & Schmutterer, 1999). Im Brokkoli Anbau konnte im Allgemeinen kein negativer Effekt der Bodenbearbeitung auf nützliche Arthropoden, die die Kleine Kohlflye regulieren, gefunden werden. Bei Käfern, die in Puppen im Boden überwintern, kann eine Bodenbearbeitung im Frühjahr den Schlupf vermindern und sich somit auf folgende Räuber-Beute-Beziehungen auswirken (Mesmin et al., 2019). Durch wiederholte flache Einarbeitung der Rapsstoppeln werden außerdem die Puppen der dritten Kohlfliengeneration tiefer in den Boden gebracht und zudem zerstört. Auf diese Weise kann der Befall der neu ausgesäten Rapsbestände vermindert werden (Bartels et al., 2020). Auch eine Erhöhung der Saatchichte auf 45 bis 55 keimfähige Körner je m² hat bereits mehrfach eine Reduzierung des Schadens gezeigt, da die einzelnen Pflanzen dann nicht so stark befallen werden (Döring, 2014).

Bezüglich umliegender Flächen ist zu sagen, dass Rapsbestände oder Kohlarten sowie „kulturbegleitende Kreuzblütler“, die ebenfalls von den Larven der Kleinen Kohlflye

befallen werden, eine rasantere Ausbreitung des Schädlings ermöglichen (Bartels et al., 2020).

„Es kann davon ausgegangen werden, dass enge Rapsfruchtfolgen den Befall fördern. Allerdings ergaben unsere umfangreichen Untersuchungen zur Dispersion und zu Nachbarschaftseffekten nicht die deutlichen Zusammenhänge wie sie von anderen Rapsschädlingen her bekannt sind (Kohlschotenmücke u. a.). Randbefall oder Befallskonzentrationen neben vorjährigen Rapsflächen waren z. B. weit weniger deutlich.“ (Erichsen & Hünmörder, 2005)

In der Literatur wird teilweise berichtet, es gäbe insgesamt keine chemischen Mittel, die gegen die Kleine Kohlflyge ausgebracht werden können (Sontheimer, 2014). Häufiger ist zu lesen, dass die vorhandenen Mittel nur unzureichend wirken. So schreiben zum Beispiel Erichsen & Hünmörder (2005): „In den Versuchen erwiesen sich sowohl Pyrethroidapplikationen gegen die Imagines als auch Dimethoatapplikationen gegen die Larven in der Regel als wenig wirksam.“ „Durch die vorwiegend geschützte Lebensweise der Larven sind diese mit Insektiziden oft nur schwer zu erreichen“ (Börner, 2009). Dazu kommt die Problematik, dass immer mehr Pflanzenschutzmittel ihre Zulassung verlieren. 2009 konnte Winterrapssaatgut noch mit der Beize Elado (beta-Cyfluthrin, Clothianidin) vor späteren Schäden durch die Kleine Kohlflyge geschützt werden (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft). Am 03. Januar 2021 verzeichnet das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) als Pflanzenschutzmittel gegen die Kleine Kohlflyge im Raps ausschließlich das „Lumiposa“ (s. Kapitel 2.8.1). Die Beize wirkt auf Basis der Cyantraniliprole und ist bis zum 14. September 2027 zugelassen. Für den ökologischen Landbau stellt das Fraßgift Spinosad eine Alternative dar (Herbst et al., 2017). Es ist derzeit bis zum 30. April 2021 zugelassen (BVL). Das als bienengefährlich eingestufte Mittel wird zum Beispiel zur Regulierung des Kartoffelkäfers eingesetzt, wirkt aber auch gegen Dipteren. Es führt zu einer vollständigen Lähmung des Körpers und somit zum Tod (Kühne & Friedrich, 2010).

Bereits 1999 schrieben Hoffmann & Schmutterer von Saatgutinkrustinierungen als Regulierungsmöglichkeit des Kohlflygenbefalls. 2005 sahen Erichsen & Hünmörder mögliches Potential in neuen Beizmitteln. Die für *Delia radicum* relevanten Varianten der Saatgutbeizung werden in Kapitel 2.8.1 beschrieben.

2.6.1 Einfluss des Saattermins auf Raps und Kohlflye

Hierzulande wird für die Winterrapsaussaat der Zeitraum vom 20. bis 30. August allgemein empfohlen. Der schlussendliche Termin hängt von der Region und den damit verbundenen klimatischen Verhältnissen ab. Es muss beachtet werden, dass eine ausreichende Jugendentwicklung im Herbst nötig ist, damit der Bestand den Winter überlebt. Folgend kann im Süden Deutschlands später gedrillt werden als im Norden. Auch Hybridsorten ermöglichen ein größeres Zeitfenster für die Aussaat (Aigner & Hege, 2006; Diepenbrock et al., 2005). Die Kleine Kohlflye bevorzugt Pflanzen von frühen Saatterminen, die vergleichsweise groß sind. Dass größere Pflanzen mit Präferenz befallen werden, zeigten unter Anderem (Hlavjenka et al., 2017). Die Befallsstärke durch *Delia radicum* stieg mit zunehmendem Wurzelhalsdurchmesser. Auch im deutschlandweiten Kohlflye-Ringversuch des Anbaujahres 2004 / 2005 zeigten stark heterogen entwickelte Bestände oder solche mit durchwachsendem Ausfallraps diesen Effekt. Um dem Befall entgegenzuwirken und dennoch eine möglichst gute Jugendentwicklung zu erreichen, werden mittlere Termine empfohlen (Bartels et al., 2020; Erichsen & Hünmörder, 2005).

An der Aleksandras Stulginskis University in Kaunas (Litauen) untersuchten Velička et al. 2012, wie sich der Saattermin auf die Überwinterungsfähigkeit zweier Rapsorten und somit auf ihre Entwicklung auswirkten. Die Saattermine waren der 10. August, 20. August, 30. August, 5. September, 10. September und 15. September. Es fanden übliche phytosanitäre Behandlungen sowie Düngemaßnahmen statt. Die Proben wurden nach Abschluss des Herbstwachstums genommen und unter anderem auf Anzahl ausgebildeter Blätter und Wurzelhalsdurchmesser untersucht. Die Pflanzen der Hybridsorte Kronos bildeten unabhängig vom Saattermin mehr Blätter als jene der Sorte Sunday. Dennoch ist bei beiden Sorten ein abnehmender Trend in der Blattanzahl zu sehen, je später die Saat erfolgte. Pflanzen, die am 10. August gedrillt wurden, entwickelten bei beiden Sorten gleich dicke Wurzelhäuse. Während bei denen vom 20. August die Hybridsorte Sunday leicht dickere Wurzelhäuse bildete, zeigte letztere bei den Saatterminen vom 30. August und 5. September einen deutlichen Entwicklungsvorteil. Insgesamt nahm der Wurzelhalsdurchmesser ebenfalls bei beiden Sorten mit später werdendem Saattermin ab (Velička et al., 2012).

2.6.2 Einfluss der Saattiefe auf Raps und Kohlflye

Aufgrund der sehr kleinen Samen benötigt Raps ein sorgfältig vorbereitetes und ausreichend rückverfestigtes Saatbett. Die Bodenoberfläche muss dabei dennoch locker genug bleiben. Verschlammungen sind ungünstig. Diese Bedingungen fördern eine präzise Ablage der

Körner und somit ein gutes Auflaufen. 2 bis 3 cm werden als Saattiefe empfohlen (Aigner & Hege, 2006). Unterschiede in der Tiefenablage führen allgemein zu einem inhomogenen Feldaufgang, was sich auch im späteren Bestand zeigt. Eine gleichmäßige Aussaat ist daher anzustreben. Dabei sollen die Körner so gelegt werden, dass sie „eine ausreichende Verbindung [...] zur wasserführenden Bodenschicht“ haben (Diepenbrock et al., 2005). Aufgrund der geringen Triebkraft dürfen die kleinen Samen nicht zu tief gelegt werden (Aigner & Hege, 2006).

In niederschlagsarmen Perioden trocknet der Boden von oben nach unten ab. Die Larven der Kleinen Kohlfliege bevorzugen feuchten Boden (Hünmörder, 2003).

2.7 Theoretische Grundlagen „Plasma“

Plasma bezeichnet den vierten Aggregatzustand eines Stoffes (vgl. Abbildung 4). Im Universum sind 99 % der leuchtenden Materie Plasma. Plasma entsteht, indem die Teilchen einer Flüssigkeit oder eines Gases stark angeregt werden. Die dafür verwendete Energie kann in Form von Wärme, Strahlung / Mikrowellen oder elektrischen Feldern sein. Die Herstellung von Plasma ist sowohl unter atmosphärischem Druck als auch mit Unterdruck möglich. Es können Edelgase wie Argon oder Helium verwendet werden. Durch das höhere Energieniveau geben die Atome bei ihren Kollisionen Elektronen frei. Die Elektronen stoßen wiederum weitere Atome an, sodass zusätzliche Elektronen abgegeben werden. Plasma stellt also ein ionisiertes Gas dar. Trotz der freien Ladungsträger ist es insgesamt als elektrisch neutral anzusehen. Bei der beschriebenen Ladungstrennung von Ionen und Elektronen entstehen elektrische Felder. Auch magnetische Felder resultieren aus den Strömen der geladenen Teilchen. Diese Tatsachen führen zu besonderen Wechselwirkungen des Plasmas mit anderen Stoffen sowie mit sich selbst. Plasma hat vielseitige Einsatzgebiete. Unter anderem wird es zur Saatgutbehandlung genutzt (s. Kapitel 2.8.2). Man unterscheidet zwischen Fusionsplasma mit hoher Temperatur und kaltem Plasma (Brust, 2020; Goldston, 2020).

Die großen Energien des Plasmas führen zu Schwierigkeiten bei der Herstellung. So muss der Behälter, in dem das Plasma entstehen soll, sehr hohe Temperaturen aushalten. Andernfalls kann er selbst zu Plasma werden. Es gibt die Möglichkeit, ihn zum Beispiel durch Wasser zu kühlen. Auch der Einsatz von speziell ausgerichteten elektrischen Feldern kann das Plasma von den Gefäßwänden abhalten. Dass diese nicht mit dem Plasma in Berührung kommen hat außerdem den Grund, dass bei jeder Berührung Energie verloren

geht, die Temperatur der Materie sinkt und zusätzlich Verunreinigungen stattfinden (Goldston, 2020; Grehn & Krause, 2013).

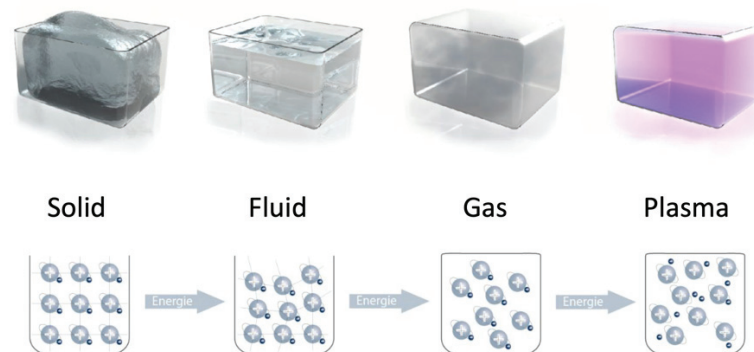


Abbildung 4: Aggregatzustände von Wasser. Aus Brust 2020, S. 5

2.8 Behandlungen von Winterrapssaatgut

2.8.1 Beizen von Rapssaatgut und ihr Einfluss auf *Delia radicum*

Der Beize des Rapssaatgutes kommt im integrierten Pflanzenschutz eine große Rolle zu. Sie wirkt gezielt, wodurch ungewollte Auswirkungen auf das Ökosystem verringert werden. Durch eine Saatgutbeize wird bereits die Jungpflanze gestärkt, was ihre weitere Entwicklung positiv beeinflusst und sie auch gegenüber abiotischem Stress widerstandsfähiger macht. Im Raps kommen zwar vor allem fungizide Beizen zum Einsatz. Jedoch werden in den insektiziden Varianten besonders beim Management der Kleinen Kohlflye große Chancen gesehen (Bartels et al., 2020; Erichsen & Hünmörder, 2005).

Im Raps verloren in letzter Zeit mehrere Beizmittel ihre Zulassung. Der Einsatz von Neonicotinoiden ist seit Dezember 2018 nicht mehr erlaubt (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2018). Aufgrund seiner vielfältigen negativen Auswirkung auf die Umwelt (Brust, 2020) ist Thiram seit dem 30.01.2019 nicht mehr zugelassen. Zur Winterrapsaussaat 2020 erhielt es jedoch noch eine Notfallgenehmigung. Eine solche wurde etwa zeitgleich auch für die Beize Vibrance OSR erteilt. Letztere wirkt auf der Basis von Fludioxonil, Metalaxyl-M und Sedaxane gegen viele Pilzkrankheiten (z. B. Falscher Mehltau) (Hahn, 2020). Die Basisbeize Cruiser OSR, die unter anderem gegen den Rapserrdfloh eingesetzt wurde, besteht aus den fungiziden Wirkstoffen Fludioxonil und MetalaxylM sowie dem nicht mehr zugelassenen Neonicotinoid Thiamethoxam (BayWa AG, n.d.; BVL, n.d.; Dähn, 2020). Hier zeigte sich keine zufriedenstellende Wirkung gegen die Kohlflye (Erichsen & Hünmörder, 2005).

„Über eine reguläre Zulassung im Segment der fungiziden Beizen verfügen derzeit lediglich DMM, die Spezialbeize gegen Falschen Mehltau, sowie Integral Pro, eine biologische Beize mit Indikationen gegen Phoma und Erdflöhen“ (Hahn, 2020). Als insektizide Beize kann zudem Lumiposa 625 FS eingesetzt werden. Sie stellt keinen ausreichenden Schutz gegenüber dem Rapserrdfloh da, jedoch sei die „Wirkung gegen die Kohlflye [...] gesichert und gut“ (Hahn, 2020).

Der Autorin sind keine veröffentlichten Untersuchungen bekannt, in denen die Auswirkung fungizider Beizen auf *Delia radicum* beschrieben wird. Zur Korrelation zwischen dem Befall von Rapspflanzen mit pilzlichen Schaderregern und der Kleinen Kohlflye können jedoch zwei Studien aufgeführt werden. So stellten Turnock et al. (1992) keinen Zusammenhang zwischen Fraßschäden der Kleinen Kohlflye und Pilzinfektionen im Wurzelbereich der Rapspflanzen fest. *Delia radicum* sei die einzige *Delia*-Art, die gesunde Wurzeln schädigen könne. Auch die von Hlavjenka et al. (2017) untersuchten Muttertiere schienen unbeeindruckt von *Plasmodiophora brassicae*-geschädigten Wurzeln. Teilweise wirkten starke Infektionen mit Kohlhernie sogar abschreckend.

2.8.2 Plasmabehandlung von Saatgut

Als weitere Behandlung des Saatgutes kann seine Oberfläche mit Plasma verändert werden. Unter anderem bei Samen von Tomaten, Soja, Bohnen, Weizen, Mais, Quinoa, Pfeffer und Reis werden durch eine solche Bearbeitung positive Einflüsse auf Pflanzenwachstum und -entwicklung angestrebt. Plasma verändert die Samenoberfläche. Ihre Porosität sowie die Anzahl der hydrophilen Gruppen steigt. So wird Wasser schneller aufgenommen. Die daraus resultierende, beschleunigte Keimung soll die Fähigkeit der Pflanzen verbessern, Stress auszuhalten. Dieser oberflächenverändernde Effekt ist auch noch nach ein bis zwei Monaten der Lagerung zu erkennen. Zudem werden Pathogene auf der Samenoberfläche reduziert, was sich sowohl positiv auf zeitnah gesäte Körner als auch auf die Lagerqualität auswirkt. In Kombination soll sich durch diese Maßnahmen die Menge der eingesetzten chemischen Pflanzenschutzmittel reduzieren lassen. In Plasma behandelten Pflanzen wird eine vielfältig einsetzbare Methode gesehen, die zukünftig einen Beitrag zu nachhaltiger, umweltschonender und lokaler Landwirtschaft leistet (Brust et al., 2021; Brust, 2020).

Das Saatgut kann direkt in Kontakt mit dem Plasma kommen, indirekt plasmabehandelte Luft oder Plasmawasser ausgesetzt werden. Abbildung 5 verdeutlicht die verschiedenen

Vorgänge skizzenhaft. Die direkte Methode dient der Keimungsstimulierung, während die Anwendung indirekter Varianten eher der Keimverminderung dient. Die Intensität der Behandlung muss der Pflanzenart angepasst werden (Brust, 2020).

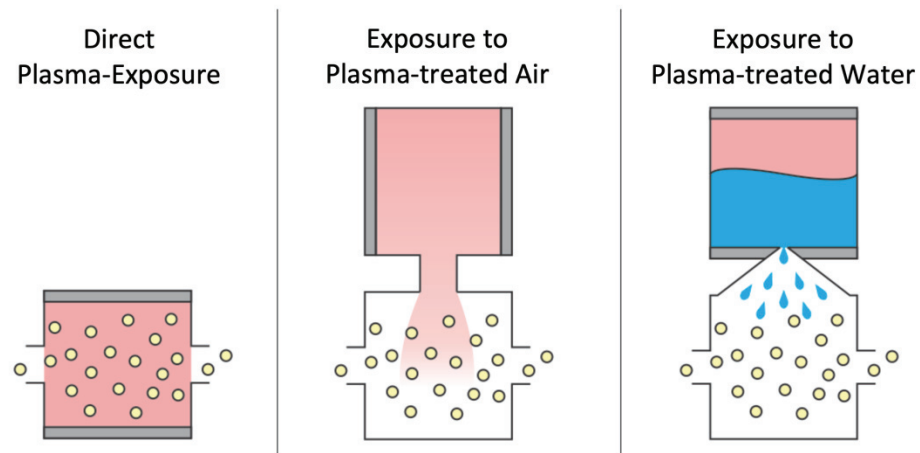


Abbildung 5: Direkte und indirekte Plasmabehandlung. Aus Brust (2020), S. 11

Es existieren zwei Hypothesen, warum die direkt mit Plasma behandelten Körner schneller keimen als solche, die nicht mit Plasma in Kontakt gekommen sind. Zum einen soll die erhöhte Porosität und Hydrophilie der Samenoberfläche im Endeffekt zu einer schnelleren Wasseraufnahme führen. Erste Versuche im Labor, bei denen die Keimungsgeschwindigkeit von direkt mit Plasma behandelten Samen untersucht wurde, scheinen diese Aussage zu unterstützen. Zudem wird vermutet, dass die Plasmabehandlung zu physiologischen Veränderungen im Korn führt. „Reactive oxygen and nitrogen species“ (RONS) werden vom Plasma produziert. Sie stellen Signalmoleküle dar, die sich auf zelluläre Reaktionen auswirken. Plasma wirkt sich auch auf die N-Fixierung im Korn aus. Nachdem das Potential dieser Veränderungen im Labor untersucht wurde, sollen nun Feldversuche folgen (Brust, 2020; Kim & Chung, 2016; Wahyuningtyas et al., 2020).

3 Material und Methode

3.1 Versuchsaufbau

Die für diese Arbeit untersuchten Pflanzen sind ein kleiner Teil umfangreicher „WIR!-Konzepte“ des INP Greifswald. Das INP ist das größte nicht-universitäre Forschungsinstitut für Niedrigtemperaturplasma in Europa. In Kooperation mit der

Hochschule Neubrandenburg entstand das Projekt „Physics for Food – Eine Region denkt um!“, dessen Ergebnisse den regionalen Ackerbau mit innovativen Ansätzen stärken sollen. In Parzellenversuchen wurde Raps aus folgenden, miteinander kombinierten Faktorstufen untersucht:

- zwei verschiedene Saattiefen
- zwei verschiedene Saatzeitpunkte
- Saatgutbehandlung mit Fungiziden oder Plasma
- Ohne Behandlung der Jungpflanzen, mit Plasmawasser oder UV-C-Bestrahlung

Die beiden Saattiefen sind im Folgenden als „flach“ für 2 cm und als „tief“ für 4-5 cm Tiefe gekennzeichnet. Der erste Saattermin am 25. August 2020 wird als „früh“ bezeichnet und der zweite am 07. September 2020 als „spät“. Als chemische Beize wurde Vibrance OSR verwendet. Für die vorliegende Arbeit sind ausschließlich jene Parzellen relevant, in denen keine Jungpflanzenbehandlung durchgeführt wurde. So wurde sichergestellt, dass sie sich nicht auf die Ergebnisse auswirkt.

Der Versuchsplan ist in Anhang A dargestellt. Diese randomisierte Blockanlage wurde jeweils einmal an den Standorten Hungerstorf, Zinzow und Sietow in Mecklenburg-Vorpommern angelegt. In Zinzow und Sietow führten unvorhersehbare Ereignisse (starker Rapserrdlohbefall, Durchwuchs der Vorfrucht) dazu, dass sich die Jungpflanzen nur ungenügend entwickelten. Eine Kohlfliegenbonitur an Pflanzen von diesen Standorten wurde daher als zu wenig aussagekräftig eingestuft und lediglich in Hungerstorf durchgeführt. Das Versuchsfeld liegt etwas südlich vom Ort Hungerstorf und ist in einen Praxisschlag eingebettet (vgl. Abbildung 7). Am westlichen Rand befindet sich mit etwas Abstand vom Versuchsfeld eine lange, schmale Saumstruktur aus Sträuchern und Bäumen. Die im Anhang A gezeigten Parzellen sind in vier Wiederholungsblöcke eingeteilt (vgl. Abbildung 8). Jede Parzelle ist 27 m² groß und besteht aus zwei Teilparzellen, die mit halber Breite und voller Länge der Gesamtparzelle angelegt wurden. Die Teilparzellen haben demnach eine Größe von 13,5 m². In der nordwestlichen und südöstlichen Ecke wurde jeweils eine Gelbschale aufgestellt. Die Gelbschalen wurden regelmäßig hinsichtlich Rapserrdlohs und Kleiner Kohlfliege ausgewertet. Eine Übersicht über das Aufkommen der Kleinen Kohlfliege in Hungerstorf befindet sich in Tabelle 21: Gelbschalenfänge in Hungerstorf im Herbst 2020 und ist in Abbildung 37 visualisiert.

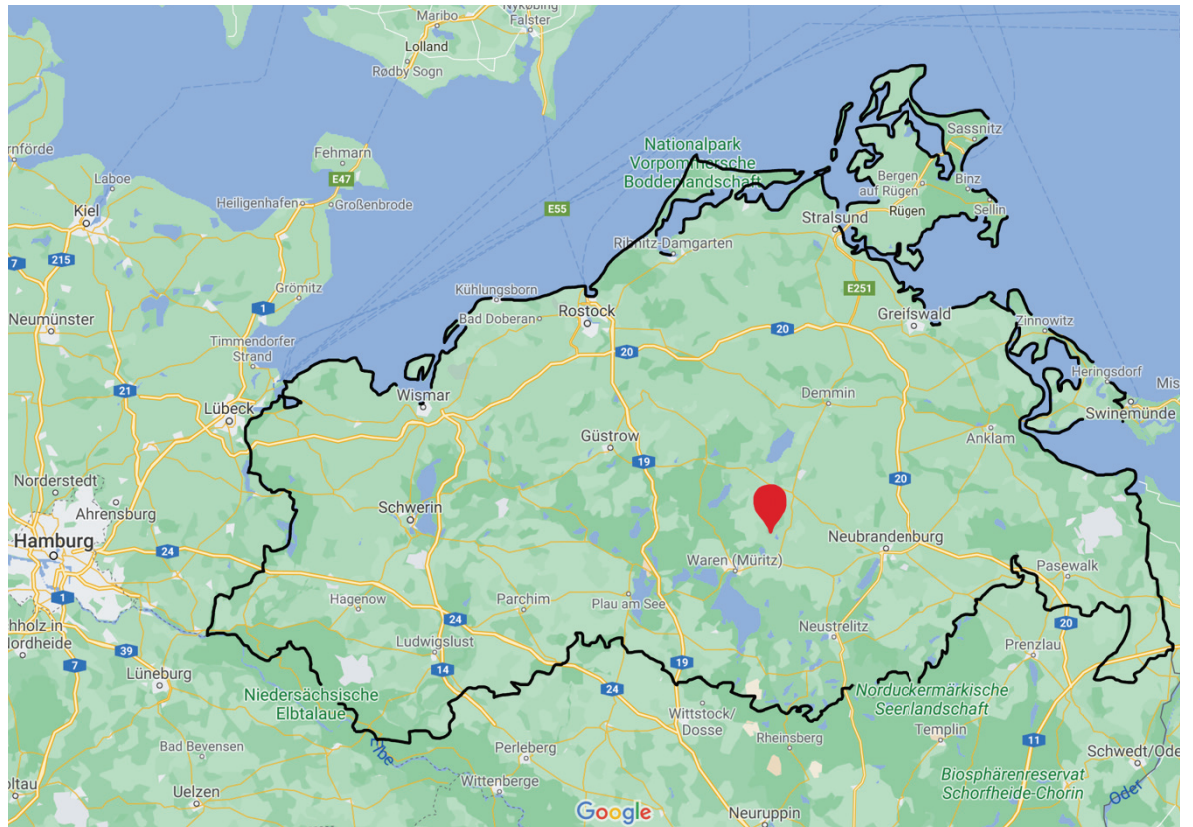


Abbildung 6: Lage des Ortes Hungerstorf in Mecklenburg-Vorpommern. Verändert nach Google (2021) In schwarz ist die Landesgrenze von Mecklenburg-Vorpommern, in rot der Standort Hungerstorf gekennzeichnet



Abbildung 7: Lage des Versuchsfeldes bei Hungerstorf. Verändert nach Google (2021)

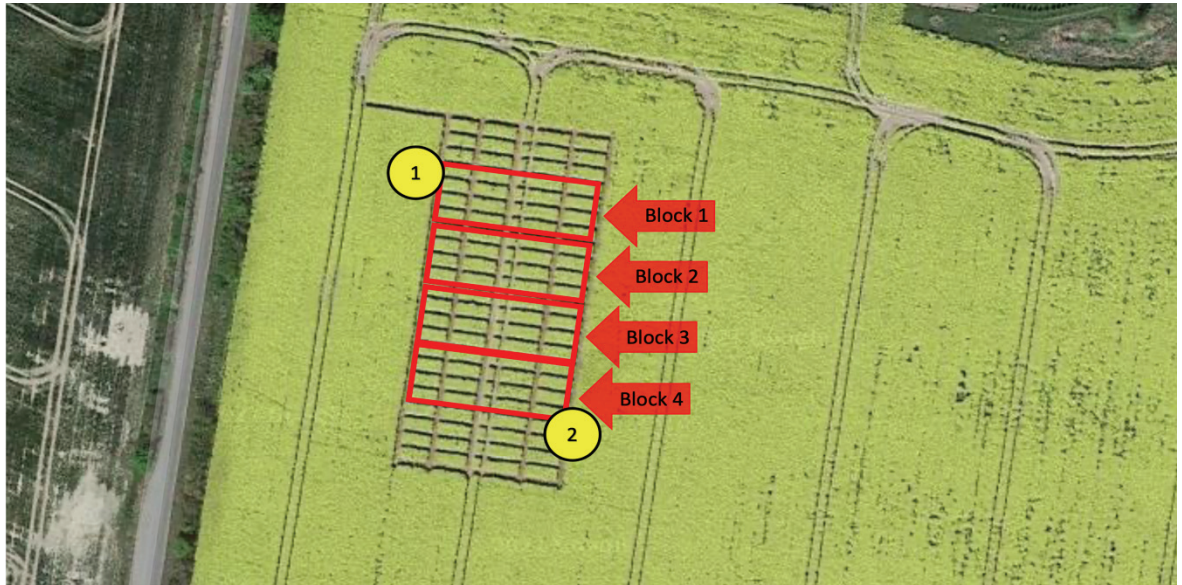


Abbildung 8: Luftbild und Aufbau des Versuchsfeldes. Verändert nach Google (2021).

In rot sind die Wiederholungsblöcke, in gelb die Standpunkte der Gelbschalen gekennzeichnet.

In Hungerstorf wurde am 18. September 2020 eine Bodenanalyse erhoben, deren Ergebnisse im Anhang B1 aufgelistet sind. Es wird ein lehmiger Sandboden beschrieben mit einem Tongehalt von 11 % und einem Humusgehalt von 2 %. Der pH-Wert betrug 6,4. Der Boden war optimal mit Phosphat, Magnesium und Bor versorgt. Einen hohen bis sehr hohen Gehalt wies er bei den Nährstoffen Kalium, Kupfer, Mangan sowie Molybdän auf. In der Bodenschicht 0–30 cm befanden sich 50 kg ha^{-1} Nitrat, 1 kg ha^{-1} Ammonium, 52 kg ha^{-1} mineralischer Stickstoff (N_{\min}) und 15 kg ha^{-1} mineralischer Schwefel. Eine ausführlichere Analyse der N_{\min} -Werte, in welcher auch tiefere Bodenschichten bis 90 cm beachtet werden, befindet sich in Anhang B2.

Die Vorfrucht des Rapses war Wintergerste, die Vorvorfrucht Hafer und die Vorvorvorfrucht Zuckerrübe. Am 21. August 2020 wurde die Fläche gepflügt. Es erfolgten Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen nach den in der Praxis üblichen Regeln und Voraussetzungen. Der Pflanzenschutz bezog in Hungerstorf neben Behandlungen mit Molluskiziden und Herbiziden / Graminiziden auch die zweifache Anwendung eines Insektizids mit ein. Dabei wurde Karate Zeon gegen den Rapserrdfloh eingesetzt. Es wirkt auf Basis des Pyrethroids Lambda-Cyhalothrin. Die Applikationen erfolgten am 16. September 2020 mit einer Aufwandmenge von $0,4 \text{ l ha}^{-1}$ und am 05. Oktober 2020 mit $0,075 \text{ l ha}^{-1}$ (vgl. Anhang C) aufgrund von hohen Gelbschalenfängen.

3.2 Bonitur

Die Pflanzenentwicklung wurde über den Versuchszeitraum hinweg beobachtet. Anhang G zeigt auszugsweise, welche BBCH-Stadien wann erreicht wurden. Am 30. November 2020 fand die Probenahme statt. Aus jeder Doppelparzelle wurden zufällig acht Pflanzen mit Blättern und Pfahlwurzel sowie einigen Sekundärwurzeln entnommen. Trotz der zufälligen Ziehung wurde darauf geachtet, dass aus jeder Parzellenhälfte vier Pflanzen stammen, um eine möglichst repräsentative Stichprobe zu erhalten. Innerhalb der Parzellen wurde ausschließlich die zweite Reihe von außen beprobt. Die Pflanzen wurden dann im Gewächshaus gewaschen und untersucht. Es wurden das BBCH-Stadium, die oberirdische Blattmasse und die von Kohlflieden befallene Wurzeloberfläche in Prozent per Sichtbonitur erfasst. Abbildung 9 stellt das verwendete Boniturschema dar. Es ist von dem von Erichsen & Hünmörder (2005) vorgeschlagenen Schema abgewandelt. Die Frischmassen wurden am Tag der Probenahme oder an den drei darauffolgenden Tagen gewogen. Abschließend wurden die oberirdischen Organe im Trockenschrank getrocknet, um ihre Trockenmasse zu ermitteln. Aus Effizienzgründen wurden mehrere Pflanzen einer Parzelle zusammen in einen Crispac-Beutel gelegt und getrocknet. Die Trockenmasse-Daten liegen daher nicht für jede einzelne Pflanze vor.



Abbildung 9: Boniturschema

3.3 Statistische Auswertung

Die Daten wurden in Tabellen des Microsoft-Programms Excel zusammengetragen. Mit diesem Programm konnten im Rahmen der beschreibenden Statistiken die arithmetischen Mittel, Standardabweichungen sowie Varianzen berechnet werden. Um Wechselwirkungen der Faktorstufen (Beize, Saattiefe, Saatzeit) im Ergebnis zu vermeiden, wurden die Parzellen in Gruppen eingeteilt. Diese Gruppen haben in allen drei Faktoren die gleiche Faktorstufe. Sie sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die Tabellen 2 bis 4 zeigen, wie diese Gruppen für die jeweiligen Faktorstufenvergleiche sortiert wurden. Pro Faktorstufenvergleich entstanden so vier Kategorien à zwei Gruppen. In jedem der drei Faktorstufenvergleiche lassen sich alle acht Gruppen wiederfinden. Sie sind lediglich unterschiedlich sortiert.

Tabelle 1: Allgemeine Gruppeneinteilung der Parzellen

Gruppe	Beize	Tiefe	Zeit	Parzellen
A	Plasma	tief	früh	2, 45, 55, 77
B	Plasma	tief	spät	17, 26, 65, 96
C	Plasma	flach	früh	8, 37, 50, 79
D	Plasma	flach	spät	22, 32, 68, 89
E	chemisch	tief	früh	6, 47, 59, 74
F	chemisch	tief	spät	13, 30, 62, 93
G	chemisch	flach	früh	12, 42, 54, 82
H	chemisch	flach	spät	21, 34, 71, 87

Tabelle 2: Gruppensortierung für den Vergleich der beiden Saatgutbehandlungen

gleichbleibende Faktoren/ Kategorie	Vergleich zwischen	
	Plasma	chemisch
tief-früh	A	E
tief-spät	B	F
flach-früh	C	G
flach-spät	D	H

Tabelle 3: Gruppensortierung für den Vergleich der beiden Saattiefen

gleichbleibende Faktoren/ Kategorie	Vergleich zwischen	
	flach	tief
Plasma-früh	C	A
Plasma-spät	D	B

chemisch-früh	G	E
chemisch-spät	H	F

Tabelle 4: Gruppensortierung für den Vergleich der beiden Saattermine

gleichbleibende Faktoren/ Kategorie	Vergleich zwischen	
	früh	spät
Plasma-tief	A	B
Plasma-flach	C	D
chemisch-tief	E	F
chemisch-flach	G	H

Im Rahmen der Rangvarianzanalyse für nicht gepaarte Stichproben ohne Normalverteilung wurde als Globaltest ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Dies geschah ebenfalls mit Microsoft Excel. Hier wurde geprüft, ob es – ganzheitlich betrachtet – signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen gibt. Die Nullhypothese besagt, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen gibt. Die Alternativhypothese beschreibt dagegen, dass signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen existieren. Die Wechselwirkungen der verschiedenen Faktoren wurden beim Globaltest noch außer Acht gelassen. Da hier signifikante Unterschiede festgestellt und die Alternativhypothese angenommen werden konnte, wurde der Mann-Whitney-U-Test angeschlossen. Dieser zeigt, zwischen welchen Gruppen die signifikanten Unterschiede liegen. Zudem schließt er die Wechselwirkungen durch die in den Tabellen 2 bis 4 dargestellten Sortierungen aus. Für jede Kategorie wurde ein einzelner Test gemacht. Für alle Tests wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % angenommen.

Für den Kruskal-Wallis-Test wurde die gruppierte Ordinalskala der Boniturnoten in eine metrische Skala umgewandelt. Jeder Pflanze wurde im Zuge dessen statt der Boniturnote die befallene Wurzeloberfläche in Prozent zugeordnet (s. Abbildung 9). Der Schaden in Prozent bildet die abhängige Variable. Die Gruppen stellen die unabhängige Variable dar. Der Schaden wurde Rängen zugeordnet und die H-Test-Statistik angewandt (Richter, 2006):

$$H_{err} = \frac{12}{N \cdot (N + 1)} \cdot \sum_{i=1}^a \frac{R_i^2}{n_i} - 3 \cdot (N + 1)$$

mit

N Pflanzen insgesamt

- a Anzahl der Bindungsgruppen
- R_i Rangsumme der jeweiligen Gruppe
- n_i Anzahl der Pflanzen innerhalb der jeweiligen Gruppe

Da mehr als 25 % der Werte Bindungen angehören, muss eine Korrektur mit folgender Formel vorgenommen werden (Richter, 2006):

$$H_{korr} = \frac{H_{err}}{1 - \frac{\sum_{j=1}^a (t_j^3 - t_j)}{(N^3 - N)}}$$

mit

- N Pflanzen insgesamt
- a Anzahl der Bindungsgruppen
- t_j Anzahl der Beobachtungswerte in der j-ten Bindungsgruppe

Der Mann-Whitney-U-Test vergleicht anhand der Ränge der abhängigen Variable, ob sich zwei unabhängige Stichproben signifikant voneinander unterscheiden. Es ist also ein paarweiser Vergleich. Auch hier ist der Schaden die abhängige und die Gruppe die unabhängige Variable. Die Nullhypothese besagt, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen gibt. Die Alternativhypothese wird angenommen, wenn ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden konnte. Mithilfe des Online-Statistik-Rechners „Datatab“ wurde eine U-Statistik durchgeführt, der Z-Wert, die Effektgröße und die asymptotische Signifikanz ermittelt.

Ebenfalls mit Microsoft Excel analysiert und visualisiert wurden die Daten der Frisch- und Trockenmasse. Dabei wurden bevorzugt die Trockenmasse-Daten verwendet, da die Bonitur an drei verschiedenen Tagen stattfand. Die Trockenmasse ermöglicht einen exakteren Vergleich, weil die Transpirationsverluste sich hier nicht auswirken. Diese Daten liegen jedoch wie oben beschrieben nur parzellenweise addiert vor. Wenn Informationen zu Einzelpflanzengewichten benötigt wurden, wie es in Abbildung 36 der Fall war, wurden daher die Frischmassedaten verwendet. Die Tatsache, dass jeder Pflanze ihr eigenes Gewicht zugeordnet werden konnte, wurde als wichtiger eingestuft als die wahrscheinlich geringfügige Datenverfälschung durch die Transpirationsverluste.

3.4 Witterungsverlauf

Direkt am Standort Hungerstorf wurde eine Wetterstation eingerichtet. Dort wurden Daten zu Lufttemperatur, Taupunkt, Sättigungsdampfdruckdefizit, relativer Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, aktiver Strahlung und Windspitzen erfasst. Über das Pessl-Instrument „FieldClimate“ wurden die Daten gespeichert und für diese Arbeit vorbereitet. Die Diagramme wurden auch für die Witterung mit Microsoft Excel erstellt.

4 Ergebnisse

4.1 Beschreibende Statistiken für die Boniturnoten in Abhängigkeit der Faktorstufen

Die Auswertung der Ergebnisse beginnt mit der deskriptiven Statistik für die Boniturnoten. Sie sind in Abhängigkeit der sechs Faktorstufen dargestellt. Tabelle 5 zeigt, wie oft welche Boniturnote in den einzelnen Faktorstufen vorgekommen ist. In Tabelle 6 wurden die Pflanzen dann den in Tabelle 1 aufgeführten Gruppen zugeordnet. Die Anzahl der Pflanzen in den Gruppen variiert von 30 bis 32, da manche Proben nicht auswertbar waren. Sowohl die Schadenssumme x_i als auch das arithmetische Mittel \bar{x} zeigen starke Unterschiede zwischen den Gruppen. So waren die Pflanzen der Gruppe A, C, E und besonders G deutlich stärker befallen als jene der Gruppen B, D, F und H. Die Gruppe H war am gesündesten. Das Wort „gesund“ bezieht sich folgend ausschließlich auf den Kohlfliedenbefall. Andere Parameter wurden nicht untersucht.

Tabelle 5: Verteilung der Boniturnoten auf die einzelnen Faktorstufen; absolute Häufigkeiten

Note	Schaden (%)	Saatzeit		Saattiefe		Beize		gesamt
		früh	spät	flach	tief	chemisch	Plasma	
1	0	37	119	74	82	74	82	468
2	5	19	5	12	12	12	12	72
3	20	40	2	17	25	20	22	126
4	40	21	0	16	5	10	11	63
5	60	6	0	4	2	4	2	18
6	80	2	0	1	1	1	1	6
7	100	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 6: Verteilung des Schadens (% befallener Wurzeloberfläche; entspricht den Boniturnoten) auf die acht Gruppen

Schaden (%)	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C	Gruppe D	Gruppe E	Gruppe F	Gruppe G	Gruppe H
0	9	31	7	28	13	29	8	31
5	6	-	4	2	4	2	5	-
20	10	1	11	-	13	1	6	-
40	3	-	8	-	2	-	8	-
60	2	-	-	-	-	-	4	-
80	1	-	-	-	-	-	1	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-
Anzahl n	31	32	30	30	32	32	32	31
Summe x_i	550	20	560	10	360	30	785	0
Mittelwert \bar{x}	17,74	0,63	18,67	0,33	11,25	0,94	24,53	0
Varianz s^2	31,00	32,00	30,00	30,00	32,00	32,00	32,00	0
Standardabweichung s	5,57	5,66	5,48	5,48	5,66	5,66	5,66	0

Im Folgenden werden diese Daten nun graphisch dargestellt. Dabei werden paarweise Gruppenvergleiche nach den Tabellen 2 bis 4 gemacht, um die Wechselwirkungen der Faktorstufen so gering wie möglich zu halten.

4.1.1 Saatgutbehandlungen

In den Abbildungen 10 bis 13 sind paarweise Vergleiche der Saatgutbehandlungen „Plasma“ und „chemisch“ dargestellt. Die Gruppeneinteilung orientiert sich an Tabelle 2: Gruppensortierung für den Vergleich der beiden Saatgutbehandlungen. In den früh gesäten Beständen verteilten sich die Pflanzen beider Beizvarianten deutlich gleichmäßiger auf die Boniturnoten als in den spät gesäten. Bei der Spätsaat überwog sowohl für die Plasma- als auch für die chemisch behandelten Pflanzen die Note 1. Sie steht für eine gesunde Wurzel.

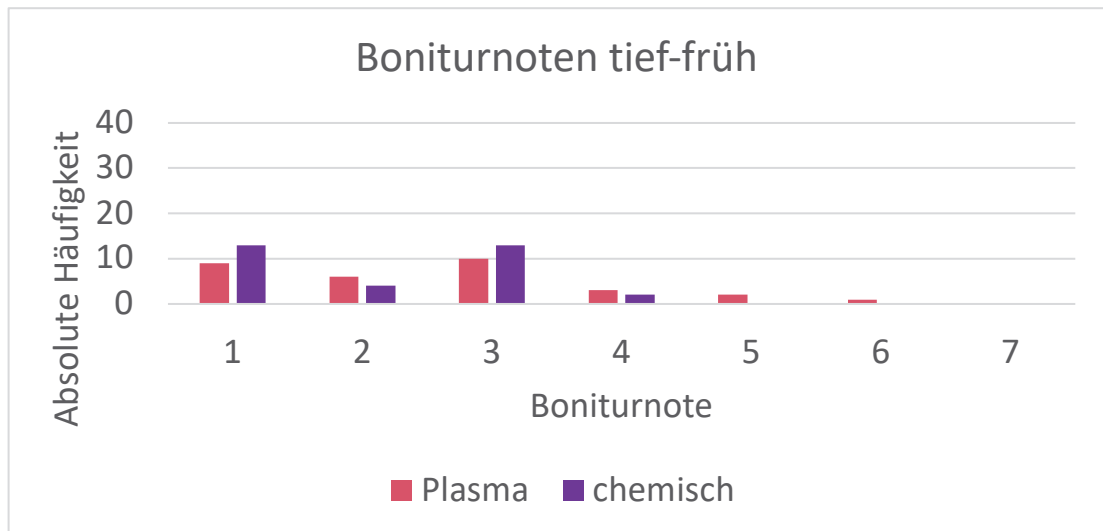


Abbildung 10: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante tief-früh

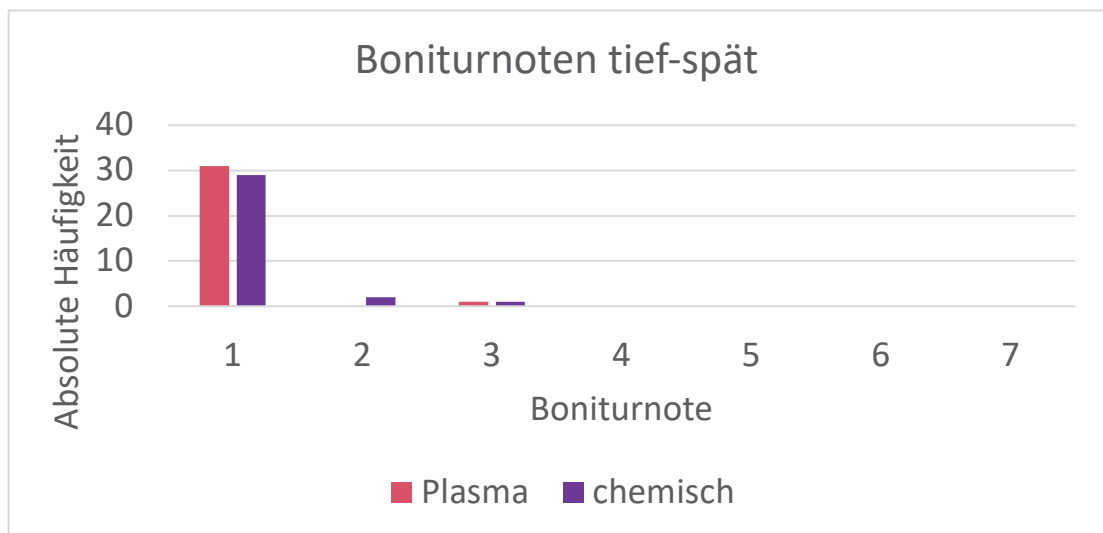


Abbildung 11: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante tief-spät

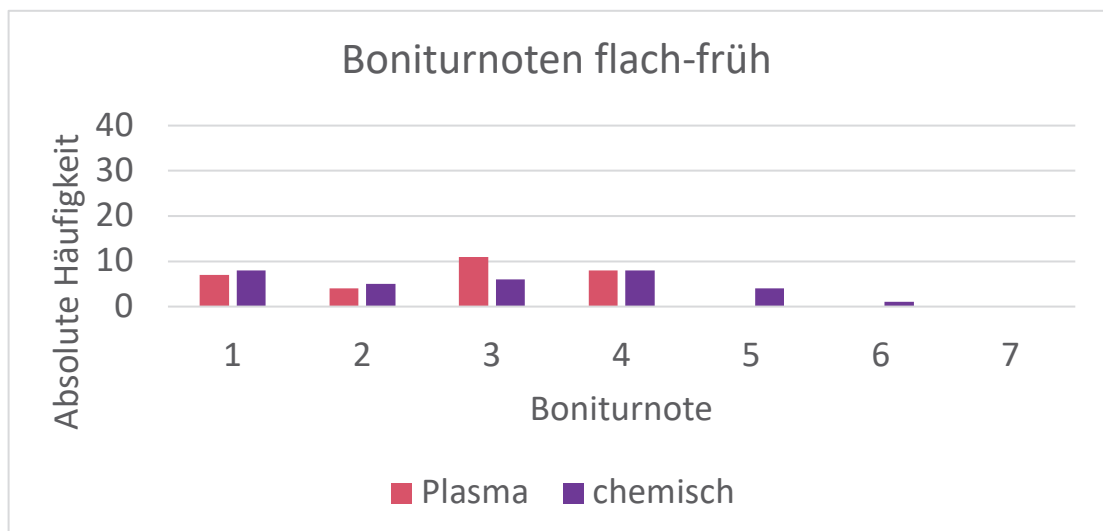


Abbildung 12: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante flach-früh

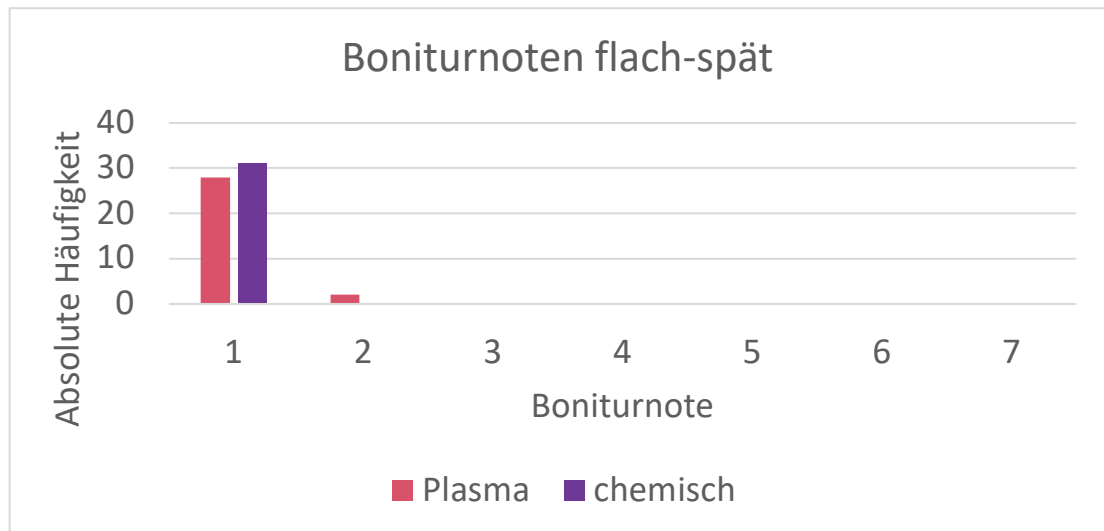


Abbildung 13: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante flach-spät

4.1.2 Saattiefen

Die paarweisen Gruppenvergleiche der flach und tief gesäten Varianten in den Abbildungen 14 bis 17 basieren auf Tabelle 3. Tendenziell stärker befallen sind zwar in der Plasma-früh-Kombination die tief gesäten und in der chemisch-frühen die flach gesäten. Dies sind jedoch nur kleine Unterschiede. Im Gesamten zeigen die Pflanzen der Faktorstufe „flach“ und jene der Stufe „tief“ ein ähnliches Verteilungsmuster. Dabei ist auch hier ein ausgeglicheneres Auftreten der Boniturnoten in den früh gesäten Parzellen zu sehen. Dort konnten gleichmäßig Boniturnoten von 1 bis 6 festgestellt werden, während in den späten Varianten vor allem die Note 1 auftrat.

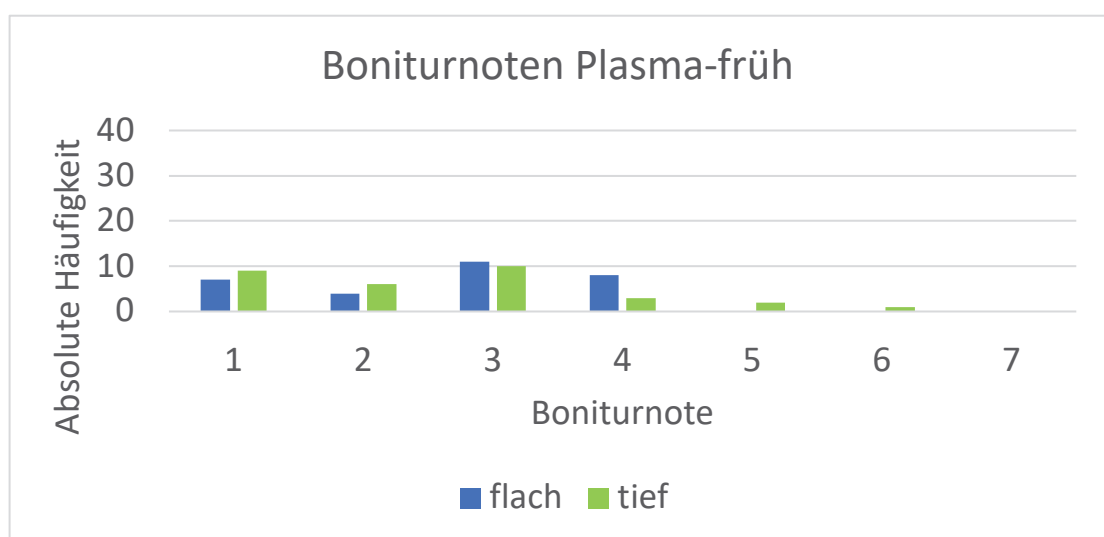


Abbildung 14: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante Plasma-früh

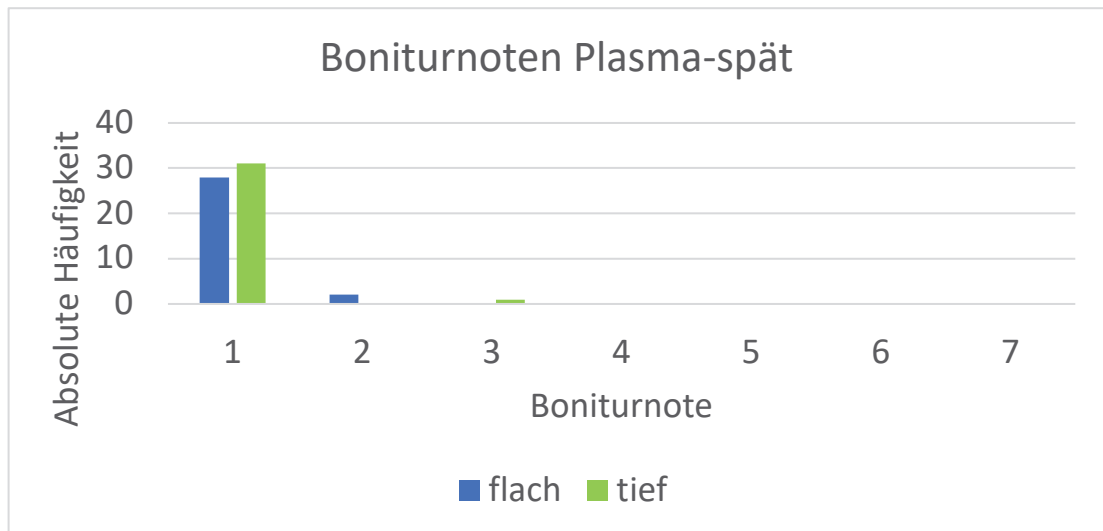


Abbildung 15: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante Plasma-spät

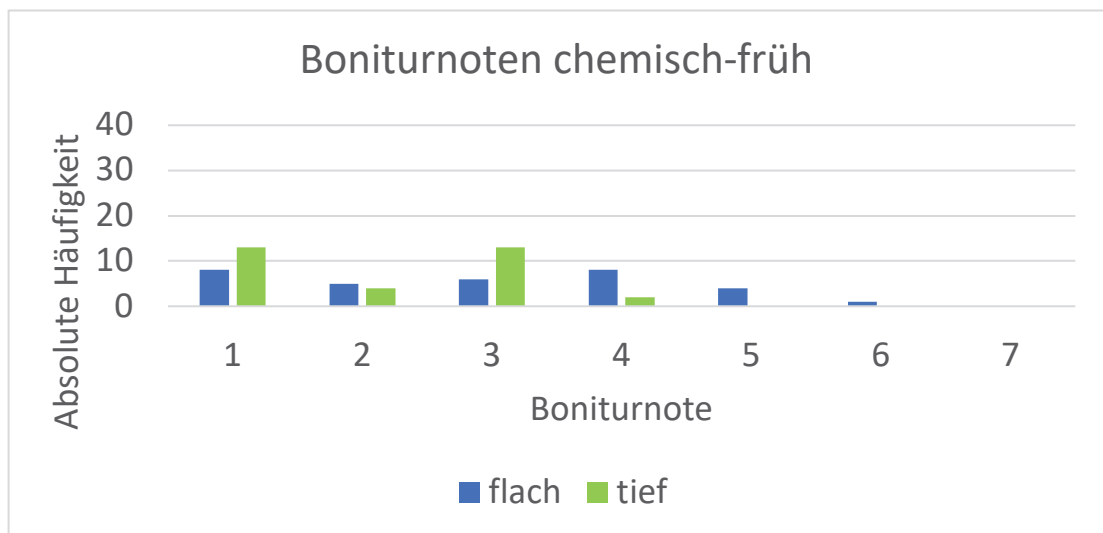


Abbildung 16: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante chemisch-früh

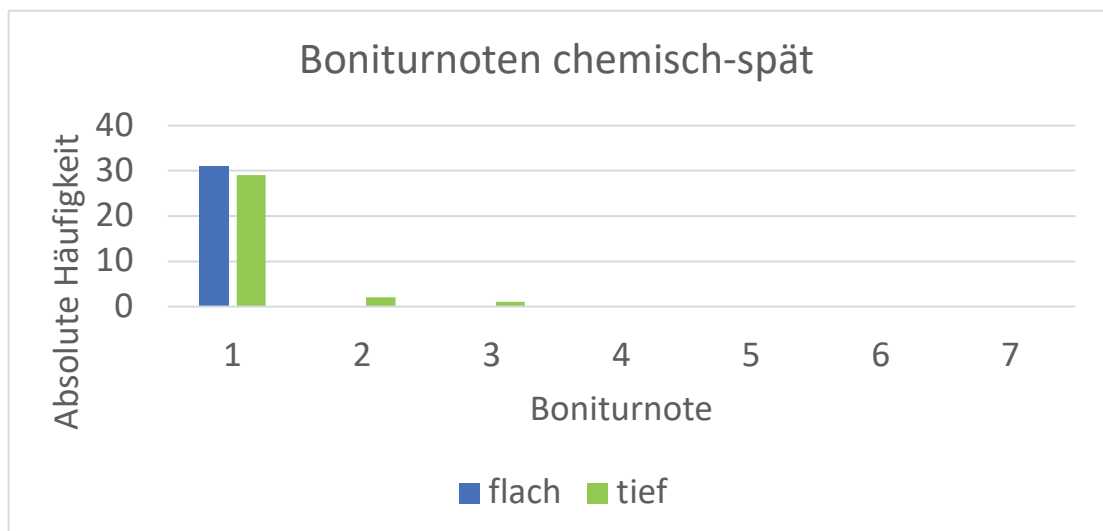


Abbildung 17: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante chemisch-spät

4.1.3 Saatzeiten

Die Grundlage für die Diagramme in diesem Abschnitt bildet die Gruppeneinteilung in Tabelle 4. Im Gegensatz zu den Vergleichen der Saatgutbehandlungen und der Saattiefen zeigen die Vergleiche der Saatzeiten in allen vier Kategorien annähernd das gleiche Muster. Die Boniturnote 1 ist in allen vier Diagrammen am häufigsten vertreten, wobei mit Abstand die meisten der gesunden Pflanzen spät gesät wurden. Wenn diese Pflanzen befallen waren, was nur geringfügig der Fall war, so gehörten sie zur Faktorstufe „tief“. Die früh gesäten Pflanzen waren in allen Diagrammen einer größeren Spanne an Boniturnoten zuzuordnen als die spät gesäten.

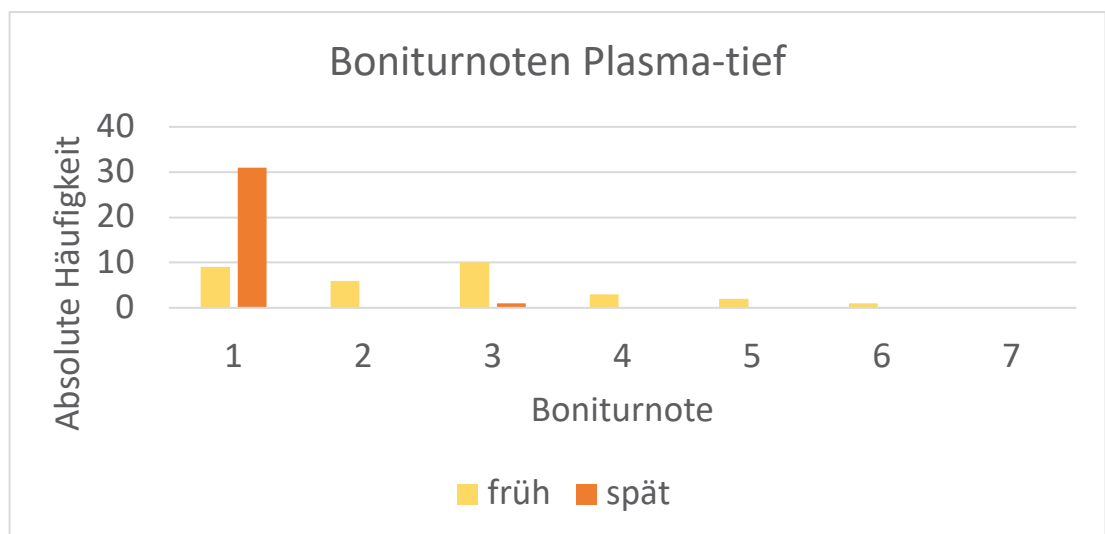


Abbildung 18: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante Plasma-tief

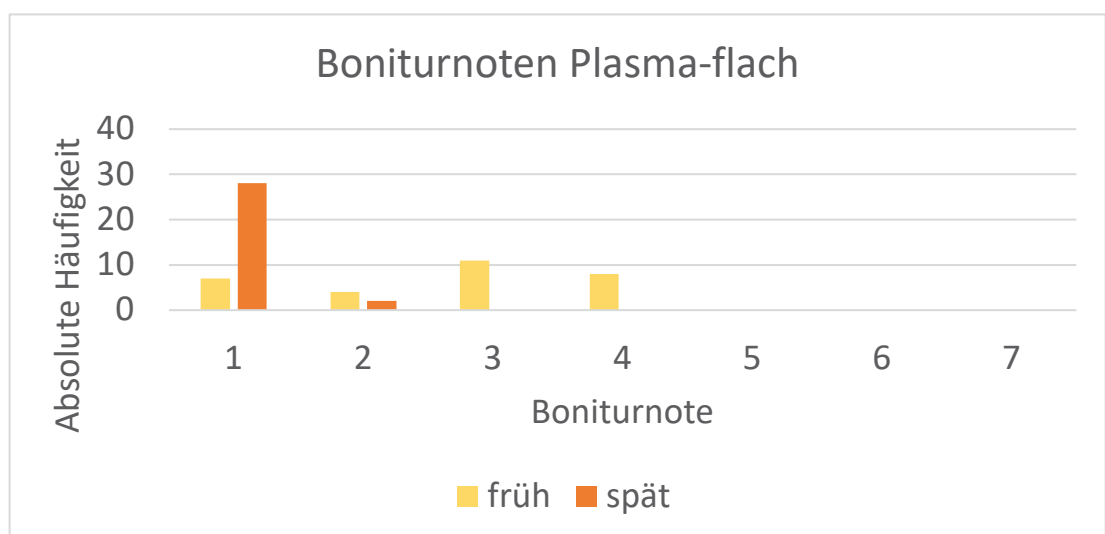


Abbildung 19: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante Plasma-flach

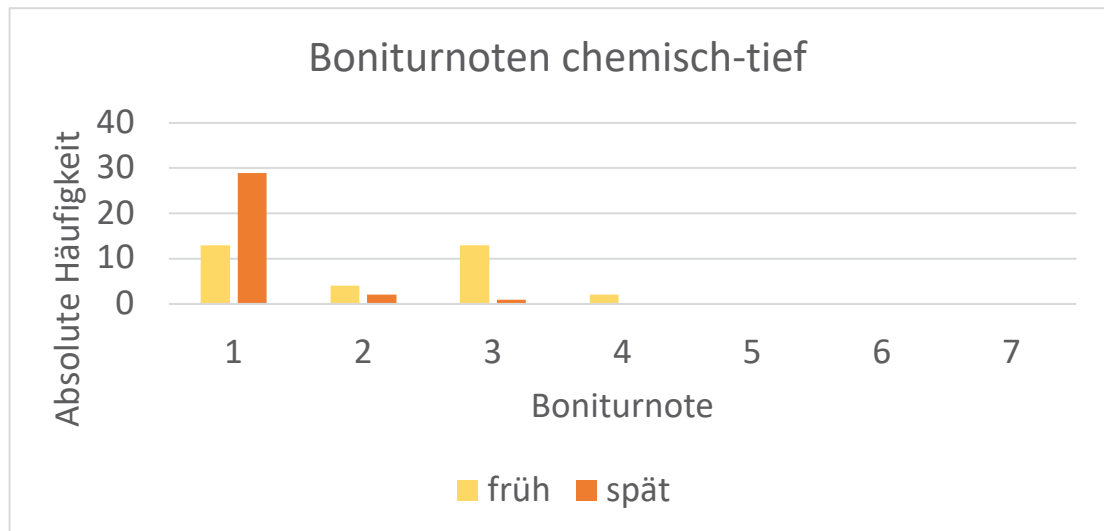


Abbildung 20: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante chemisch-tief

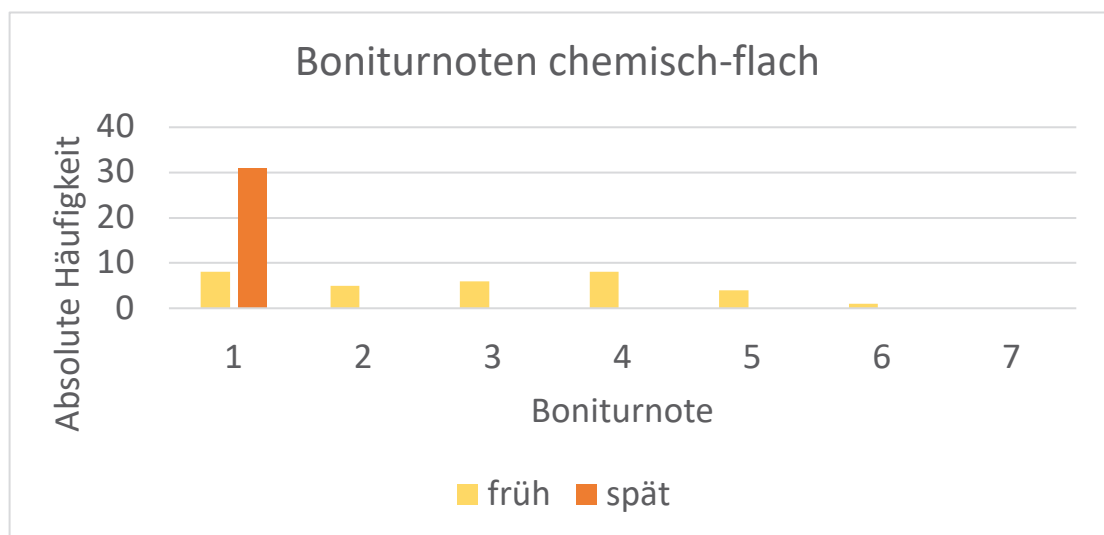


Abbildung 21: Verteilung und Häufigkeiten der Boniturnoten in der Variante chemisch-flach

4.2 Rangvarianzanalyse des Kohlfliegenbefalls (Kruskal-Wallis-Test)

Zunächst sollte mit dem Kruskal-Wallis-Test geprüft werden, ob es gesamtheitlich betrachtet Unterschiede zwischen den Kohlfliegenbefällen der Gruppen A-H gibt. Die allgemeine H-Teststatistik ergab ein H_{err} von gerundet 110,18 (s. u.). Die mit Excel vorgenommene Rangbildung ist im Anhang E zu finden. Da mehr als 25 % der Werte zu Bindungen gehören, wurde die Korrekturformel angewandt (s. Kapitel 3.3). Somit ergab sich ein korrigierter H-Wert von gerundet 146,17. Der kritische Wert lässt sich aus der χ^2 -Verteilung ablesen. Bei acht Gruppen gibt es sieben Freiheitsgrade, da $FG=a-1$. Für $FG=7$ zeigt die χ^2 -Verteilung bei einem P-Wert von 0,95 den kritischen Wert von 14,07.

$H_0: \mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu_4=\mu_5=\mu_6=\mu_7=\mu_8; H < \chi^2$

$H_A: \text{mindestens ein } \mu_i \neq \mu_j (i \neq j); H \geq \chi^2$

$$H_{err} = \frac{12}{N \cdot (N + 1)} \cdot \sum_{i=1}^a \frac{R_i^2}{n_i} - 3 \cdot (N + 1)$$

$$H_{err} = \frac{12}{251 \cdot (251 + 1)} \cdot 4\,565\,627,9 - 3 \cdot (251 + 1)$$

$$H_{err} \approx 110,18$$

$$H_{korr} = \frac{H_{err}}{1 - \frac{\sum_{j=1}^J (t_j^3 - t_j)}{(N^3 - N)}}$$

$$H_{korr} = \frac{110,18}{1 - \frac{3\,893\,562}{(15\,813\,000)}}$$

$$H_{korr} \approx 146,17$$

(RICHTER 2006)

Da der korrigierte H-Wert größer ist als der kritische Wert, kann die Alternativhypothese angenommen werden. Demnach existieren signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Das Ergebnis sagt jedoch noch nicht, zwischen welchen Gruppen diese Unterschiede bestehen. Um dies zu ermitteln und um Wechselwirkungen der Faktoren im Ergebnis sicher auszuschließen, folgt der Mann-Whitney-U-Test (s. Kapitel 4.3).

4.3 Anschlussstest der Rangvarianzanalyse: Mann-Whitney-U-Test

Der Mann-Whitney-U-Test stellt einen paarweisen Test dar. Er folgt der Annahme der Alternativhypothese des Kruskal-Wallis-Tests und basiert auf der Berechnung von Rangmittelwerten. Er bestimmt, zwischen welchen Gruppen die signifikanten Unterschiede liegen. In jedem der einzelnen Tests wird die asymptotische Signifikanz mit der Effektgröße r verglichen. Ist die asymptotische Signifikanz größer als die Effektgröße, so wird die Nullhypothese angenommen. Es existiert kein signifikanter Unterschied zwischen den verglichenen Gruppen. Ist die asymptotische Signifikanz jedoch kleiner als die Effektgröße, so wird die Alternativhypothese angenommen. Sie besagt, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen den verglichenen Gruppen gibt.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_A: \mu_1 \neq \mu_2$$

4.3.1 Paarweise Vergleiche der Saatgutbehandlungen

Um zu ermitteln, ob es zwischen den Saatgutbehandlungen „Plasma“ und „chemisch“ einen signifikanten Unterschied im Kohlfliegenbefall gibt, wurden die Gruppen wie in Tabelle 2 sortiert.

Keiner der vier Tests, die gemacht wurden, um die beiden Saatgutbehandlungen miteinander zu vergleichen, ergab einen signifikanten Unterschied zwischen diesen. Die Parzellen der Gruppen A und E wurden alle „tief“ und „früh“ gesät. Die asymptotische Signifikanz ist mit 0,362 größer als die Effektgröße von 0,123. Im Vergleich der Gruppen B und F, deren zugehörigen Parzellen „tief“ und „spät“ gesät wurden, war die asymptotische Signifikanz mit 0,683 ebenfalls größer als die Effektgröße von 0,124. Auch die Vergleiche der Gruppen C und G („flach“ und „früh“) zeigten eine größere asymptotische Signifikanz als Effektgröße (s. Tabelle 7 und 8).

Tabelle 7: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Gruppen A und E (tief-früh)

	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Schaden (%) – A Plasma	31	33,613	1.042
Schaden (%) – E chemisch	31	29,387	911
Gesamt	62		

	Werte
Mann-Whitney U	415
Z	-0,969
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,362
Effektgröße r	0,123

Tabelle 8: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Gruppen B und F (tief-spät)

	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Schaden (%) – B Plasma	32	31,531	1.009
Schaden (%) – F chemisch	32	33,469	1.071
Gesamt	64		

	Werte
Mann-Whitney U	481
Z	-0,992
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,683
Effektgröße r	0,124

Tabelle 9: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Gruppen C und G (flach-früh)

	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Schaden (%) – C Plasma	30	29,833	895
Schaden (%) – G chemisch	32	33,063	1.058
Gesamt	62		

	Werte
Mann-Whitney U	430
Z	-0,725
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,487
Effektgröße r	0,092

Tabelle 10: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Gruppen D und H (flach-spät)

	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Schaden (%) – D Plasma	30	32,067	962
Schaden (%) – H chemisch	32	30,969	991
Gesamt	62		

	Werte
Mann-Whitney U	463
Z	-0,644
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,817
Effektgröße r	0,082

4.3.2 Paarweise Vergleiche der Saattiefen

Die Vergleiche der Saattiefen „flach“ und „tief“ basieren auf der Gruppeneinteilung der Tabelle 3. Es wurden vier Mann-Whitney-U-Tests durchgeführt.

Bei Dreien davon konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Saattiefen festgestellt werden. Der Vergleich der Gruppen G und E, deren zugehörige Pflanzen chemisch gebeizt und früh gesät wurden, waren die Pflanzen der flachen Saat jedoch signifikant gesünder als die der tiefen. Dies zeigte sich darin, dass die asymptotische Signifikanz von 0,029 kleiner war als die Effektgröße von 0,285 (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 11: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Gruppen C und A (Plasma-früh)

	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Schaden (%) – C flach	30	32,55	976,5
Schaden (%) – A tief	31	29,5	914,5
Gesamt	61		

	Werte
Mann-Whitney U	418,5
Z	-0,695
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,508
Effektgröße r	0,089

Tabelle 12: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Gruppen D und B (Plasma-spät)

	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Schaden (%) – D flach	30	32,033	961
Schaden (%) – B tief	32	31	992
Gesamt	62		

	Werte
Mann-Whitney U	464
Z	-0,606
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,828
Effektgröße r	0,077

Tabelle 13: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für den Vergleich der Gruppen G und E (chemisch-früh)

	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Schaden (%) – G flach	32	37,625	1.204
Schaden (%) – E spät	32	27,375	876

Gesamt	64		
---------------	----	--	--

	Werte
Mann-Whitney U	348
Z	-2,281
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,029
Effektgröße r	0,285

Tabelle 14: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für die Gruppen H und F (chemisch-spät)

	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Schaden (%) – H flach	32	31,484	976,00
Schaden (%) – F tief	32	33,516	976,00
Gesamt	64		

	Werte
Mann-Whitney U	479,5
Z	-1,04
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,668
Effektgröße r	0,13

4.3.3 Paarweise Vergleiche der Saatzeiten

Die paarweisen Vergleiche der Saatzeiten „früh“ und „spät“ orientieren sich an der Gruppeneinteilung der Tabelle 4. Auch hier wurde der Mann-Whitney-U-Test viermal durchgeführt.

Die Saatzeit war der einzige Faktor, bei dem in allen vier Tests ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Faktorstufen nachgewiesen werden konnte. Die asymptotische Signifikanz war in allen Tests kleiner als 0,01 und somit kleiner als die jeweilige Effektgröße (vgl. Tabelle 13-16).

Tabelle 15: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für die Gruppen A und B (Plasma-tief)

	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Schaden (%) – A früh	31	42,855	1.328,50
Schaden (%) – B spät	32	21,484	687,5

Gesamt	63		
---------------	----	--	--

	Werte
Mann-Whitney U	159,5
Z	-5,386
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	<0,01
Effektgröße r	0,678

Tabelle 16: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für die Gruppen C und D (Plasma-flach)

	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Schaden (%) – C früh	30	41,633	1.249
Schaden (%) – D spät	30	19,367	581
Gesamt	60		

	Werte
Mann-Whitney U	116
Z	-5,548
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	<0,01
Effektgröße r	0,716

Tabelle 17: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für die Gruppen E und F (chemisch-tief)

	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Schaden (%) – E früh	32	40,938	1.310
Schaden (%) – F spät	32	24,063	770
Gesamt	64		

	Werte
Mann-Whitney U	242
Z	-4,314
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	<0,01
Effektgröße r	0,539

Tabelle 18: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für die Gruppen G und H (chemisch-flach)

	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
--	----------	-----------------------	------------------

Schaden (%) – G früh	32	44,297	1.417,50
Schaden (%) – H spät	32	20,703	662,5
Gesamt	64		

	Werte
Mann-Whitney U	134,5
Z	-5,776
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	<0,01
Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,722

4.4 Beschreibende Statistiken für die oberirdische Biomasse (TM) in Abhängigkeit der Faktorstufen

In diesem Kapitel sind die Ergebnisse der beschreibenden Statistik für die oberirdische Biomasse in Abhängigkeit der Faktorstufen dargestellt. Die Gruppenzuteilung orientiert sich auch hier an Kapitel 3.3.

Tabelle 19 sind die Trockenmassesummen der den Gruppen A bis H zugehörigen Parzellen zu entnehmen. Der Median bewegt sich von kleinen Werten zwischen 20 und 30 g Trockenmasse pro Parzelle (Gruppe B, D, F und H) bis zu 163,12 g in der Gruppe G. Gruppe G hatte auch den höchsten Minimal- sowie höchsten Maximalwert im Vergleich zu den anderen Gruppen. Dabei war die Spanne zwischen dem Minimal- und Maximalwert in Gruppe G besonders hoch.

Tabelle 19: Trockenmassen (g) parzellenweise addiert

	Gruppe							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Parzelle 1	74,67	27,05	101,44	17,95	92,24	24,34	195,43	26,96
Parzelle 2	133,94	13,34	62,49	19,93	102,33	34,61	136,5	22,62
Parzelle 3	76,93	37,16	73,83	23,91	139,29	53,6	157,65	23,48
Parzelle 4	77,05	27,17	103,46	22,77	122,78	22,45	168,58	19,19

Min	74,67	13,34	62,49	17,95	92,24	22,45	136,5	19,19
Q1	76,37	23,625	71,00	19,44	99,81	23,87	152,36	21,76
Median	76,99	27,11	87,64	21,35	112,56	29,48	163,12	23,05
Q3	91,27	29,67	101,95	23,1	126,91	39,36	175,295	24,35
Max	133,94	37,16	103,46	23,91	139,29	53,6	195,43	26,96

4.4.1 Saatgutbehandlungen

Folgend wird der Einfluss der Saatgutbehandlungen „Plasma“ und „chemisch“ auf die Trockenmasse untersucht. In zweien der vier Vergleiche waren die chemisch gebeizten Pflanzen schwerer als die mit Plasma behandelten (vgl. Abbildung 22 und Abbildung 24). Diese gehörten der Faktorstufe „früh“ an, wobei die davon flach gesäten Pflanzen besonders hohe Trockenmassen erzielten. Bei den spät gesäten Pflanzen zeigte sich kein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Saatgutbehandlungen.

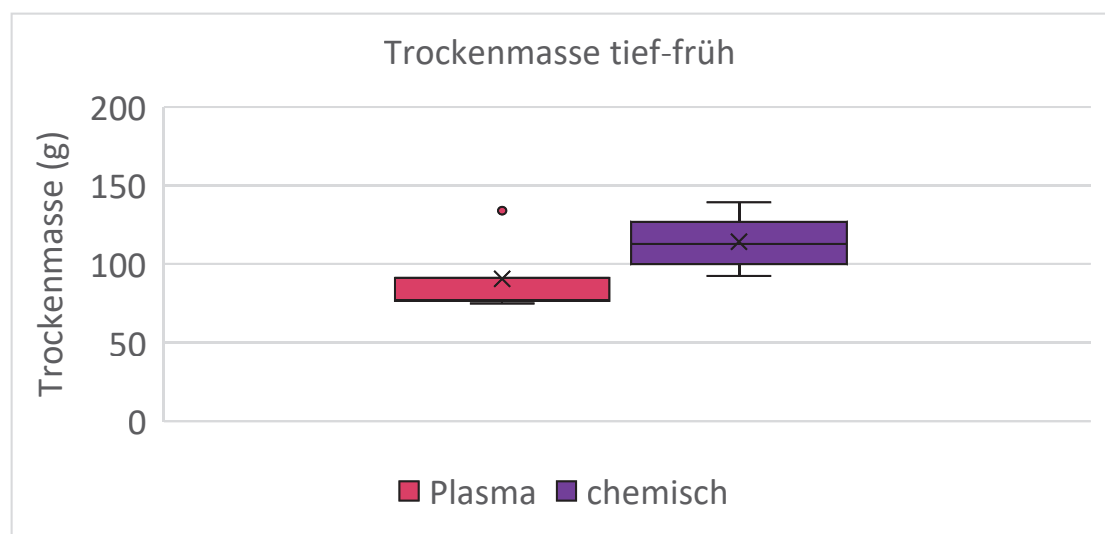


Abbildung 22: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante tief-früh

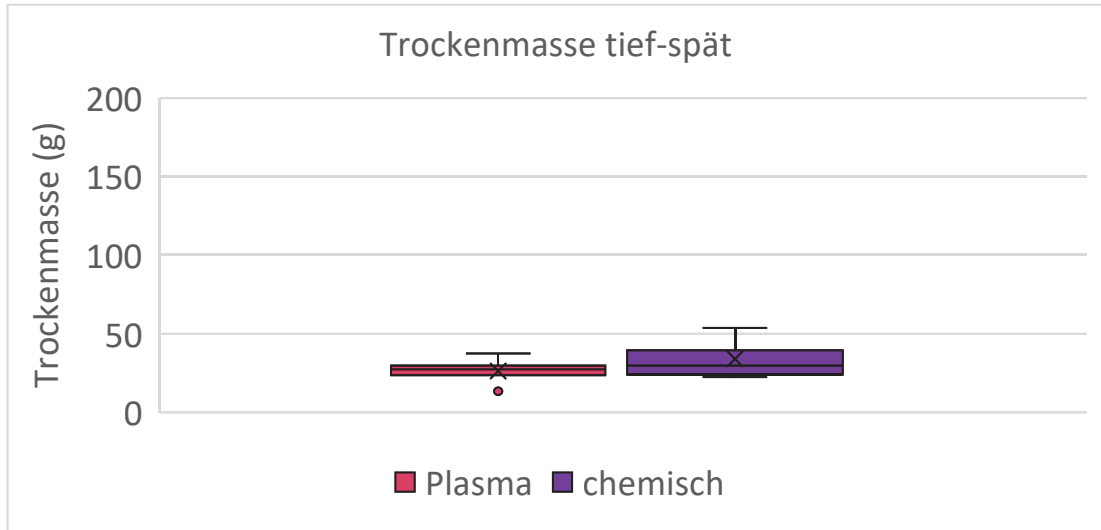


Abbildung 23: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante tief-spät

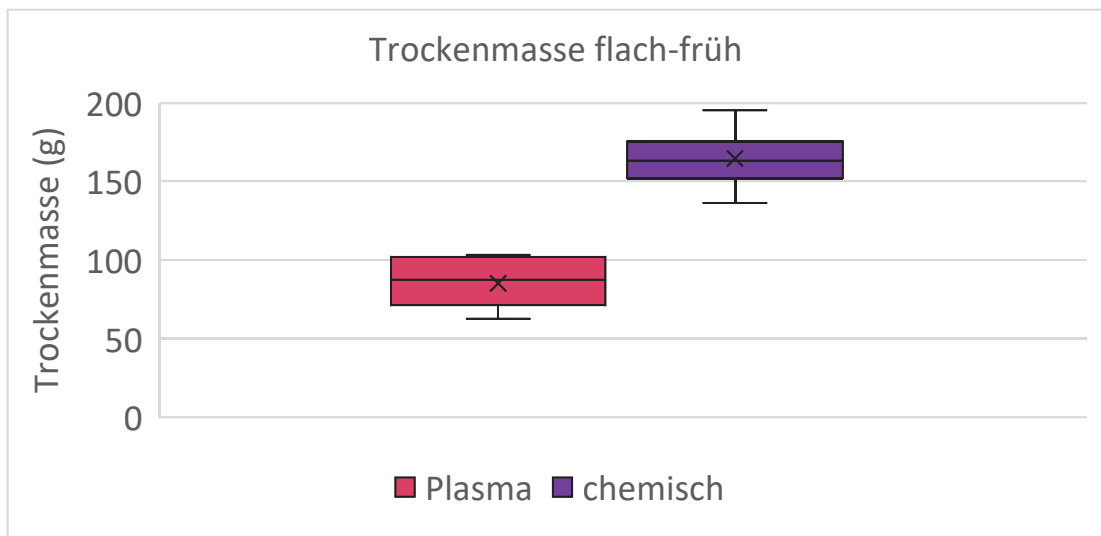


Abbildung 24: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante flach-früh

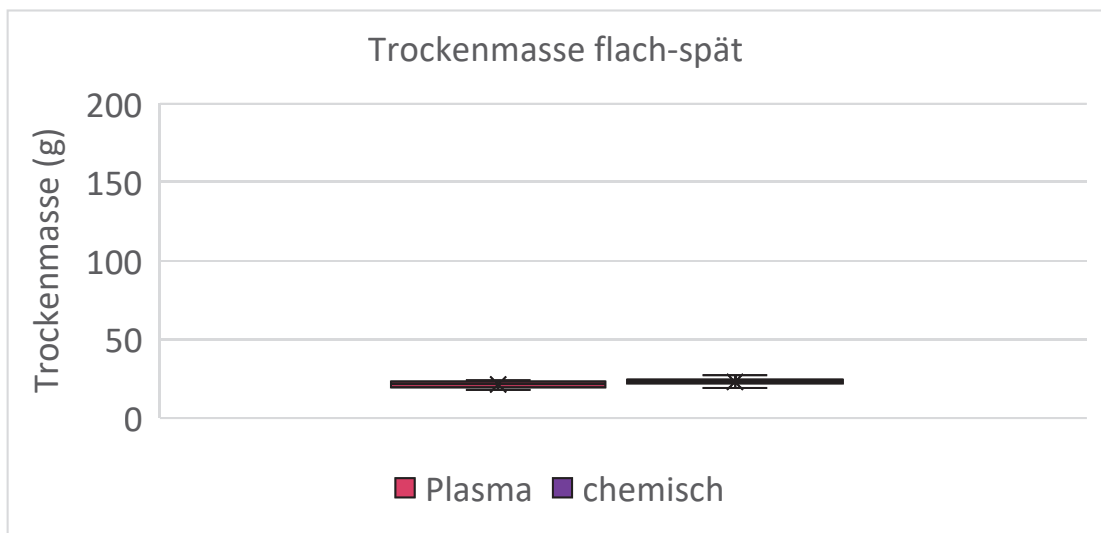


Abbildung 25: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante flach-spät

4.4.2 Saattiefe

Abbildung 26 bis 29 visualisieren den Einfluss der Saattiefe auf die Trockenmasse. In den Kombinationen „Plasma-früh“, „Plasma-spät“ und „chemisch-spät“ waren kaum Unterschiede in der Trockenmasse zwischen den flach und tief gesäten Parzellen zu verzeichnen. Ein solcher trat lediglich bei den chemisch gebeizten und früh gesäten Pflanzen auf. Hier waren die flach gesäten Proben schwerer als die tief gesäten (vgl. Abbildung 28).

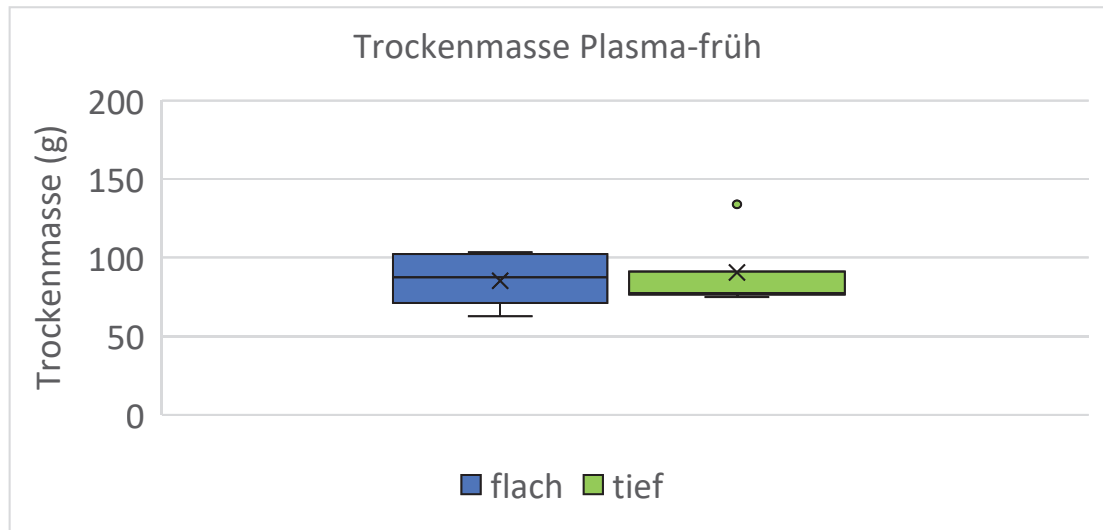


Abbildung 26: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante Plasma-früh

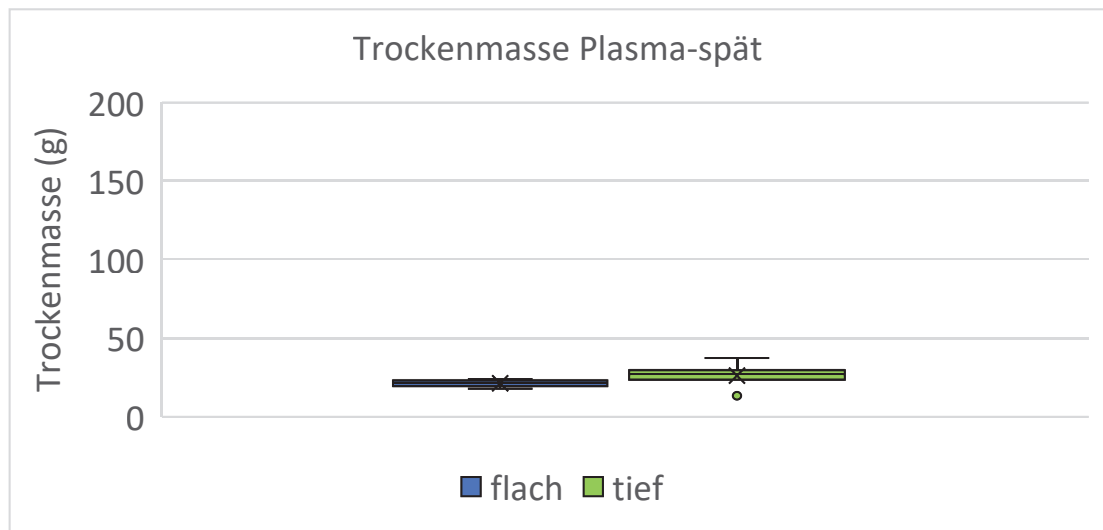


Abbildung 27: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante Plasma-spät

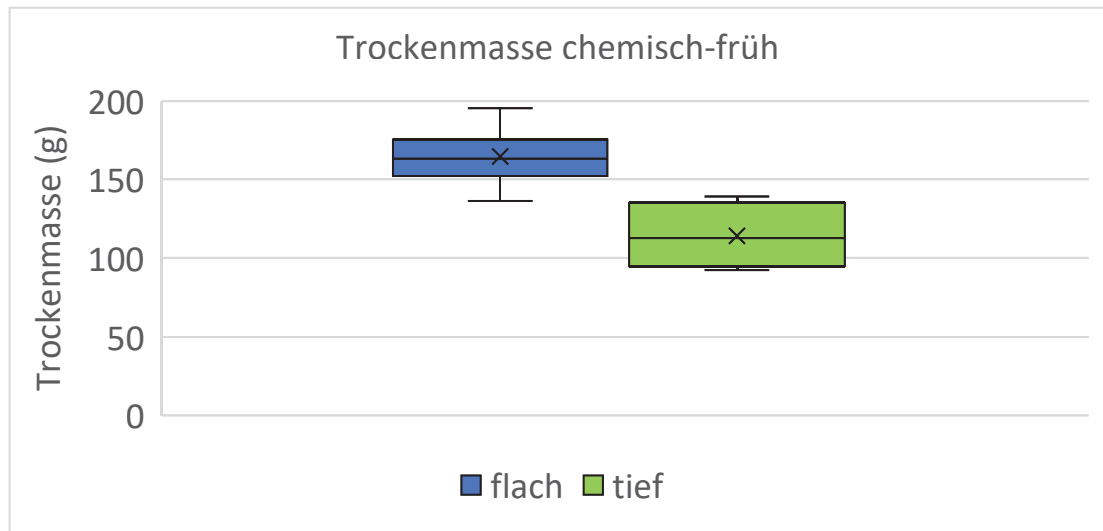


Abbildung 28: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante chemisch-früh

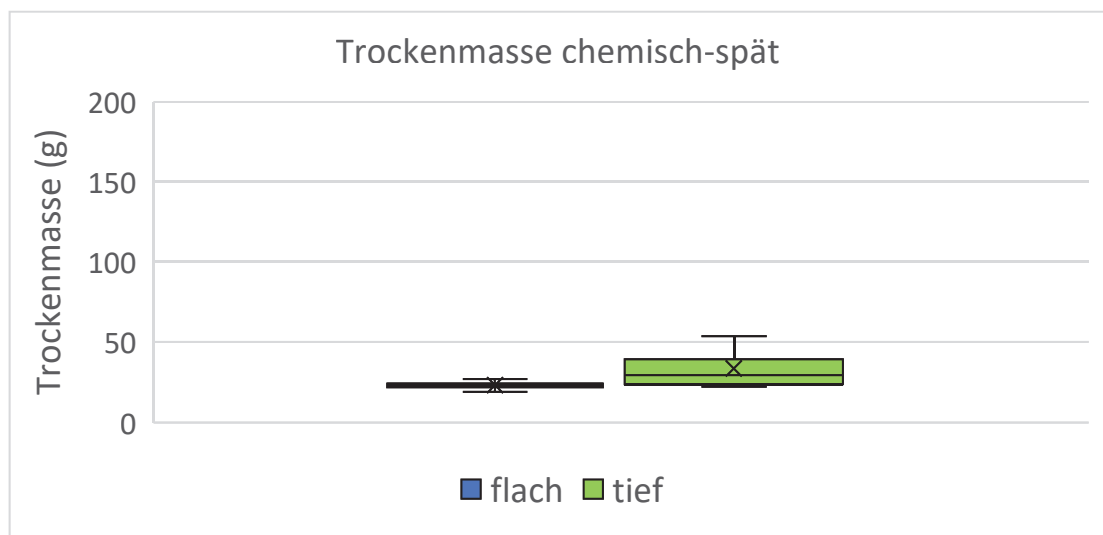


Abbildung 29: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante chemisch-spät

4.4.3 Saatzeit

Der Vergleich der Saatzeiten zeigte – wie schon in der Boniturnoten-Analyse – auch bezüglich der Trockenmasse als einziger in allen vier Kombinationen das gleiche Muster. In den Abbildungen 30 bis 33 variieren zwar die Spannweiten zwischen Minimal- und Maximalwerten. Bei den früh gesäten Pflanzen gab es eine größere Abweichung der Werte vom Mittelwert. Die Trockenmasse-Mittelwerte der früh gesäten liegen jedoch konsequent und deutlich über den spät gesäten, weniger vom Mittelwert abweichenden Pflanzen.

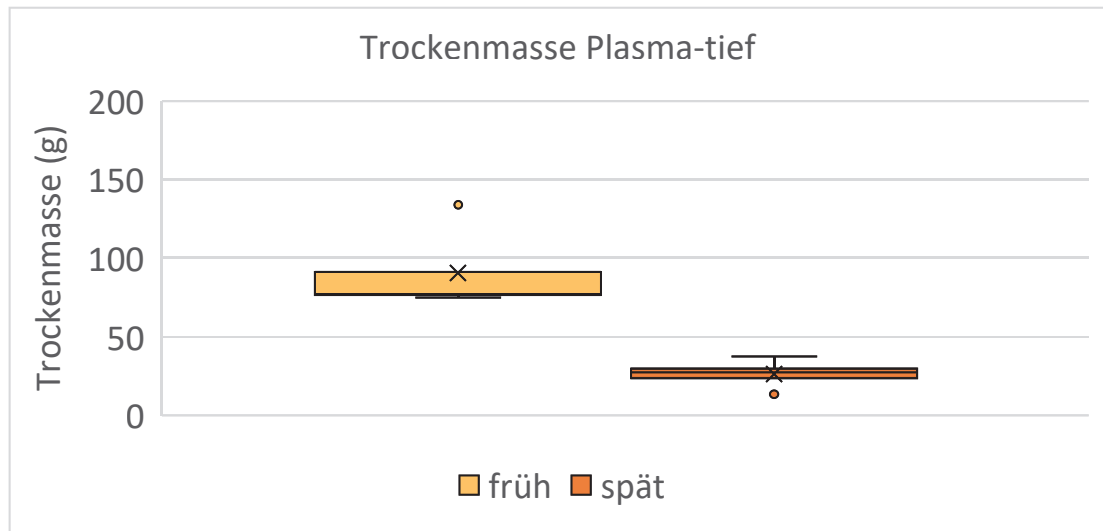


Abbildung 30: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante Plasma-tief

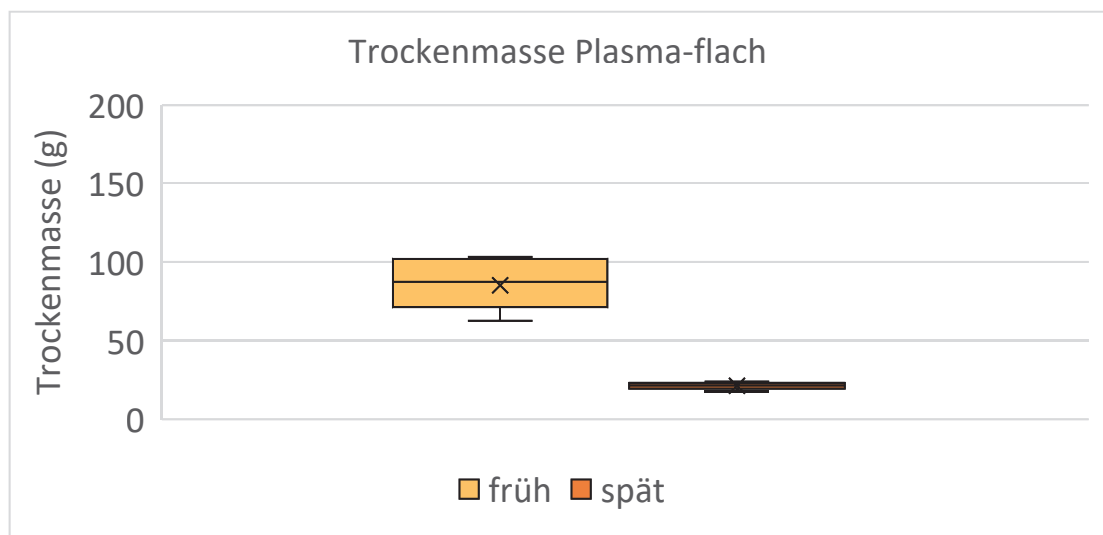


Abbildung 31: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante Plasma-flach

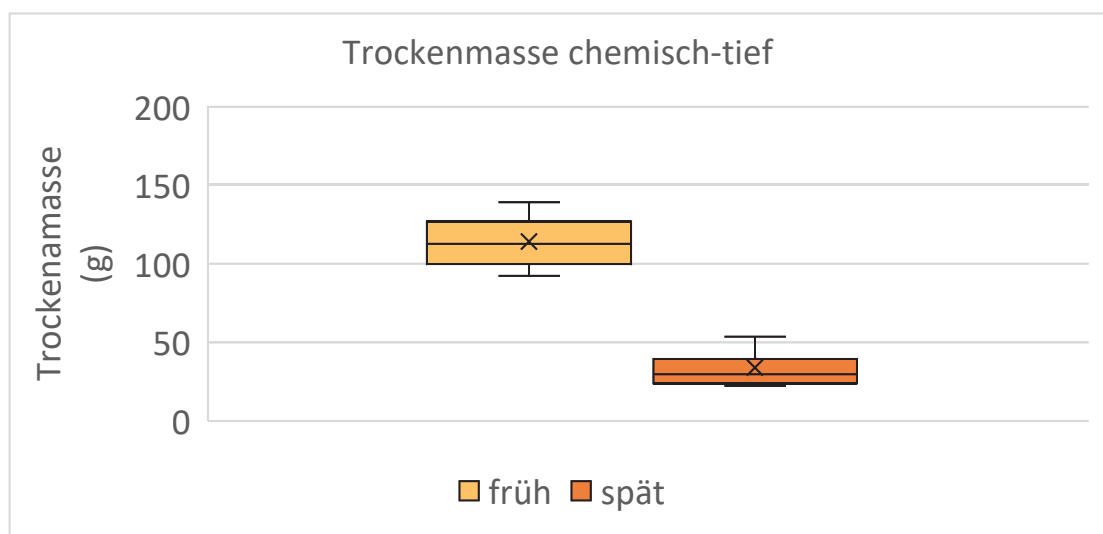


Abbildung 32: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante chemisch-tief

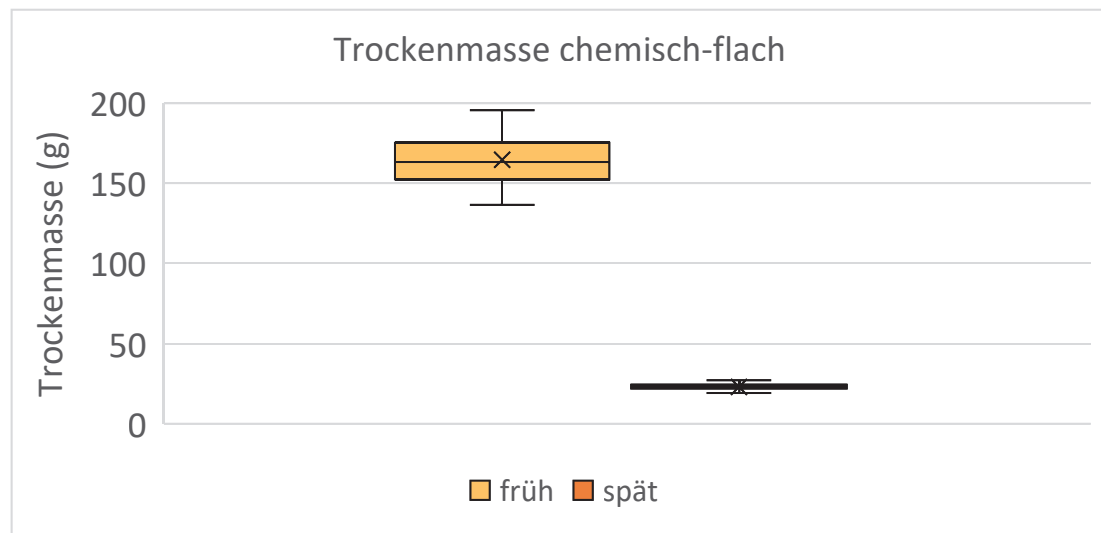


Abbildung 33: Verteilung der Trockenmasse (parzellenweise addiert) in der Variante chemisch-flach

In den obigen grundlegenden Datenanalysen stach der Einfluss der Saatzeit sowohl auf den Befall mit *Delia radicum* als auch auf die Trockenmasse hervor. Der Einfluss der Faktoren „Saattiefe“ und „Saatgutbehandlung“ war dagegen geringer. Aufgrund dessen schließt sich nun eine weitere Analyse auf Basis der beiden Saattermine an. Über alle Parzellen hinweg wird die geschädigte Wurzeloberfläche in Relation zur Trockenmasse gesetzt. Beides sind Parzellenmittelwerte. Es gibt je vier Parzellen pro Gruppe. Die Wechselwirkungen der Saattiefe und der Saatgutbehandlungen werden hier wieder außer Acht gelassen, da sie nach den vorangegangenen Analysen als wenig beeinflussend eingestuft werden. In Tabelle 20 befindet sich die Datengrundlage für die Abbildungen 34 und 35. Varianz und Standardabweichung sind für die Faktorstufen „früh“ und „spät“ gleich. Die Mittelwerte der Trockenmasse und des Schadensmittels unterscheiden sich jedoch deutlich zwischen den Faktorstufen. Die mittlere Trockenmasse über alle früh gesäten Parzellen liegt mit 113,66 g / Parzelle deutlich über den 26,03 g / Parzelle der späten Variante. Auch der Mittelwert des Schadens ist bei den Parzellen der Stufe „früh“ mit 18,18 % sehr viel größer als jener der Stufe „spät“ mit 0,43 % befallener Wurzeloberfläche. Die Werte sind also sehr unterschiedlich. Dennoch steigt bei beiden Saatterminen der Schaden mit zunehmender Trockenmasse (vgl. Abbildung 34 und Abbildung 35). Es zeigt sich hier erneut, was bereits in Kapitel 4.4.3 beschrieben wurde. Die früh gesäten Pflanzen streuen dabei stärker, während die spät gesäten einem deutlicheren Trend folgen. Der lineare Trend ist zwar in beiden Varianten zu erkennen; er ist jedoch genauer für die Variante „spät“. Dies spiegeln die R^2 -Werte wider.

Tabelle 20: Relation von Trockenmasse und Schadensmittel für die Faktorstufen "früh" und "spät"

früh	Gruppe	TM (g)	Schadensmittel (%)
	A	74,67	6,25
	A	76,93	37,14
	A	77,05	11,25
	A	133,94	18,75
	C	62,49	25,63
	C	73,83	13,75
	C	101,44	22,86
	C	103,46	12,14
	E	92,24	15,63
	E	102,33	10,63
	E	122,78	8,13
	E	139,29	10,63
	G	136,5	25,63
	G	157,65	25,63
	G	168,58	11,88
	G	195,43	35
Anzahl n		16	16
Summe xi		1818,61	290,93
Mittelwert		113,66	18,18
Varianz s ²		16	16
Standardabweichung s		4	4

spät	Gruppe	TM (g)	Schadensmittel (%)
	B	27,05	0
	B	13,34	0
	B	37,16	2,5
	B	27,17	0
	D	17,95	0
	D	19,93	0
	D	23,91	0
	D	22,77	1,25
	F	24,34	0
	F	34,61	0,63
	F	53,6	2,5
	F	22,45	0
	H	26,96	0
	H	22,62	0
	H	23,48	0
	H	19,19	0
Anzahl n		16	16
Summe xi		416,53	6,88
Mittelwert		26,03	0,43
Varianz s ²		16	16
Standardabweichung s		4	4

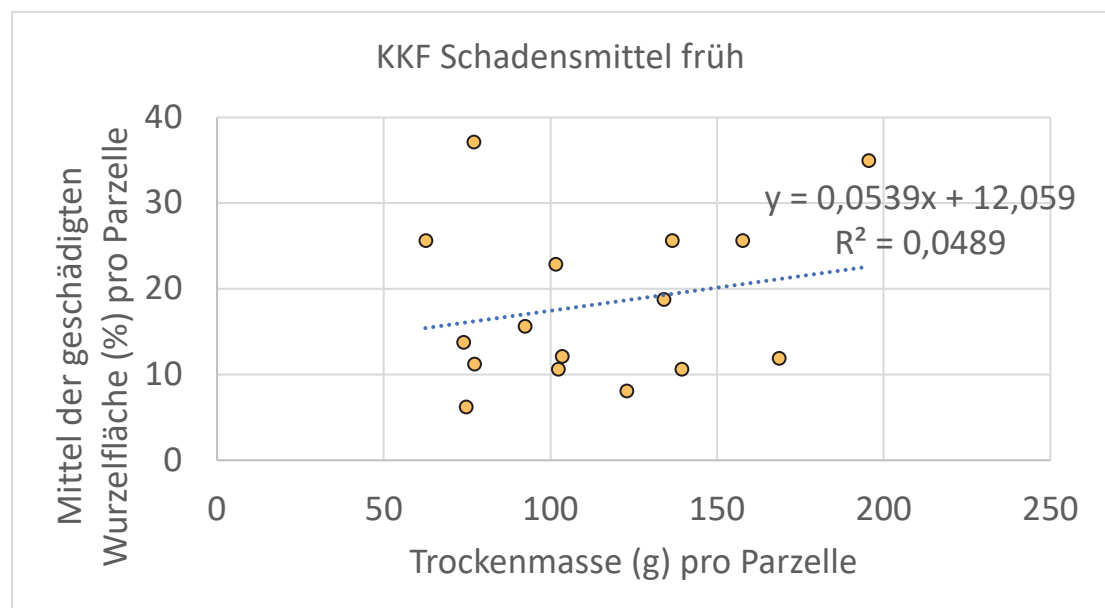


Abbildung 34: Geschädigte Wurzelfläche in Abhängigkeit von der pflanzlichen Trockenmasse – Variante früh

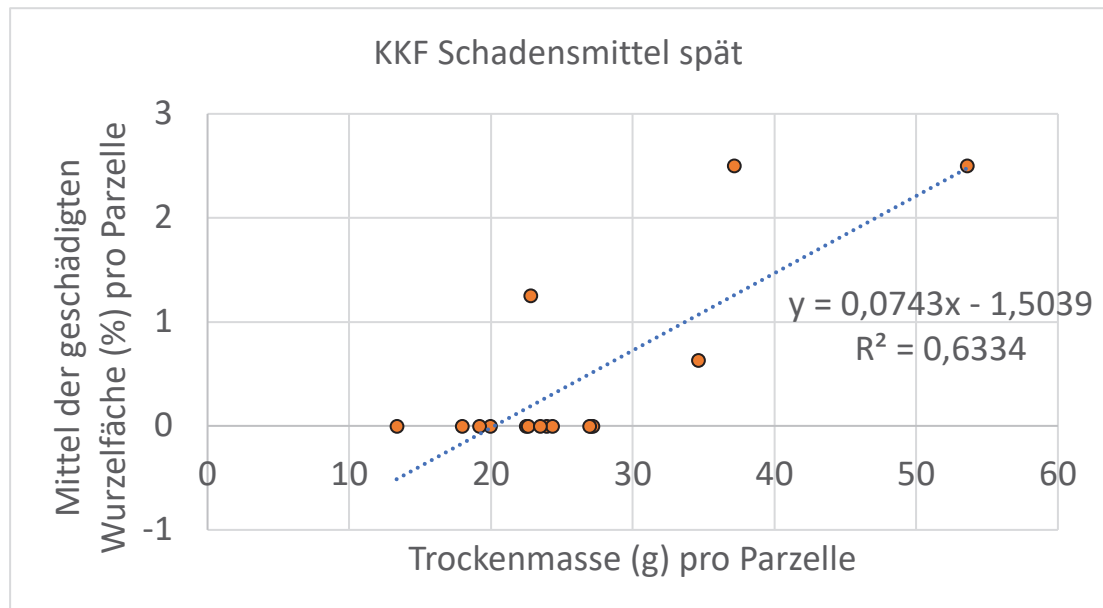


Abbildung 35: Geschädigte Wurzelfläche in Abhängigkeit von der pflanzlichen Trockenmasse –
Variante spät

Während Abbildung 34 und 35 die Abhängigkeit der geschädigten Wurzelfläche vom Pflanzengewicht kontinuierlich darstellen, wird in Abbildung 36 nun eine Einteilung der Pflanzen in befallen und nicht befallen vorgenommen. So wird untersucht, ob sich die Pflanzengewichte von gesunden und befallenen Pflanzen unterscheiden. Da die Trockenmasse nur parzellenweise addiert und die Frischmasse für jede Pflanze einzeln ermittelt wurde, wurde hier auf die Frischmassedaten zurückgegriffen. Insgesamt nehmen die Gewichte der befallenen und nicht befallenen Pflanzen gleiche Werte an. Die Streuung ist groß. Die Mittelwerte, das erste, dritte und vierte Quartil weisen jedoch Unterschiede auf. Sie waren bei den befallenen Pflanzen größer als bei den gesunden. Es kann geschlussfolgert werden, dass die schwereren Pflanzen öfter befallen waren als die leichteren.

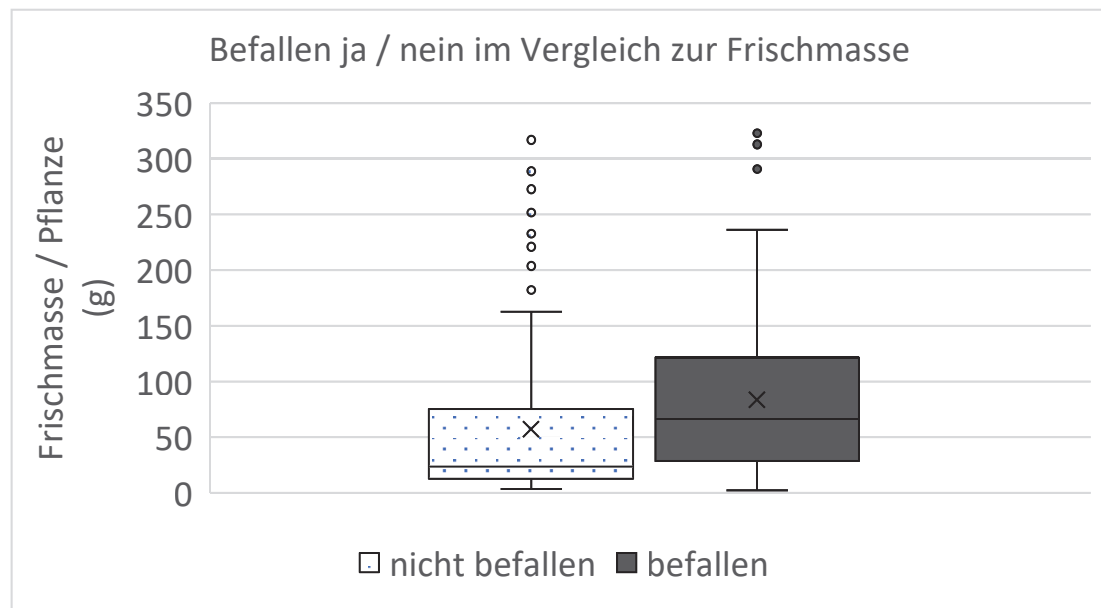


Abbildung 36: Frischmassen befallener und nicht befallener Pflanzen

4.5 Kohlfliegenauftreten und Witterung

Abschließend sollen die Gelbschalenfänge der Kleinen Kohlfliege dargestellt und mit der Witterung in Verbindung gesetzt werden. Die Daten beschreiben den Zeitraum von der frühen Jugendentwicklung bis zur Probenahme Ende November. Tendenziell nahmen die Gelbschalenfänge im Laufe des Beobachtungszeitraums ab. Zu Beginn konnten zwei Peaks festgestellt werden. Der Erste war am 15.09.20 mit 42 Fliegen insgesamt, der Zweite 14 Tage später mit 38 Fängen. Ein dritter, deutlich leichter Anstieg war einen Monat nach dem zweiten Höhepunkt am 28.10.20 zu vermerken (vgl. Tabelle 21). Die Abbildung 37 visualisiert die Gelbschalenfänge, Aussattermine, Entwicklungsstadien des Rapses, zu denen man Eiablage und Larvenschlupf vermutet (Erichsen & Hünmöder 2005), sowie Insektizidmaßnahmen in einem Zeitstrahl.

Tabelle 21: Gelbschalenfänge in Hungerstorf im Herbst 2020

Datum	Fänge links (Schale 2)	Fänge rechts (Schale 1)	Gesamt
15.09.20	25	17	42
18.09.20	12	15	27
21.09.20	6	4	10
29.09.20	16	22	38
02.10.20	9	11	20
06.10.20	7	8	15
09.10.20	5	4	9

20.10.20	9	2	11
28.10.20	17	7	24
09.11.20	8	11	19
20.11.20	-	6	6

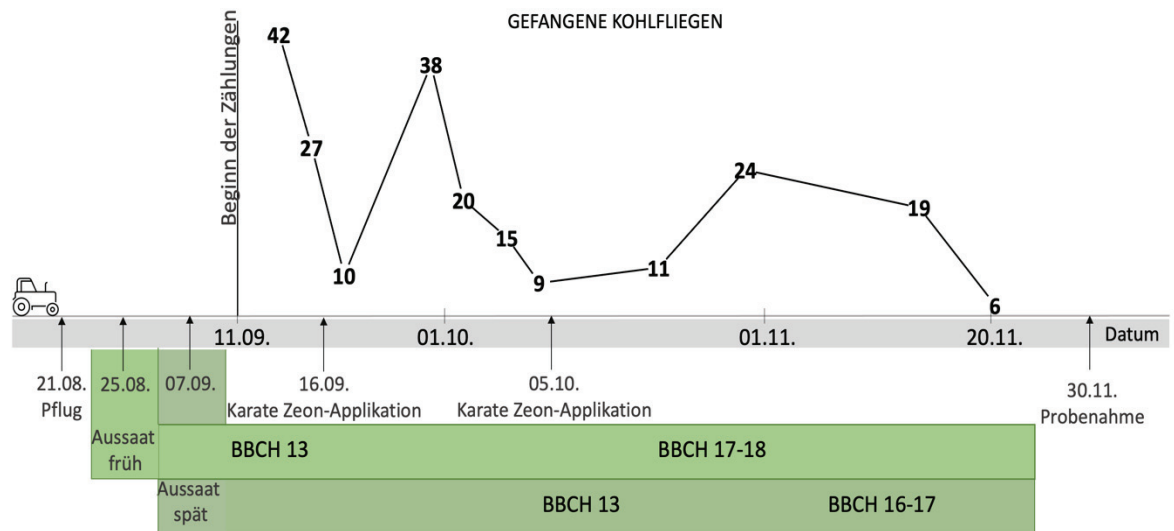


Abbildung 37: Zeitstrahl

Die Lufttemperaturen bewegten sich im Spätsommer / Herbst 2020 in Hungerstorf zwischen 31,08 °C am 15.09.20 und -3,32 °C am 28.11.20. Mitte September waren noch große Unterschiede zwischen der maximalen und minimalen Tagestemperatur zu verzeichnen, während diese Differenz mit fortschreitender Zeit geringer wurde (vgl. Abbildung 38).

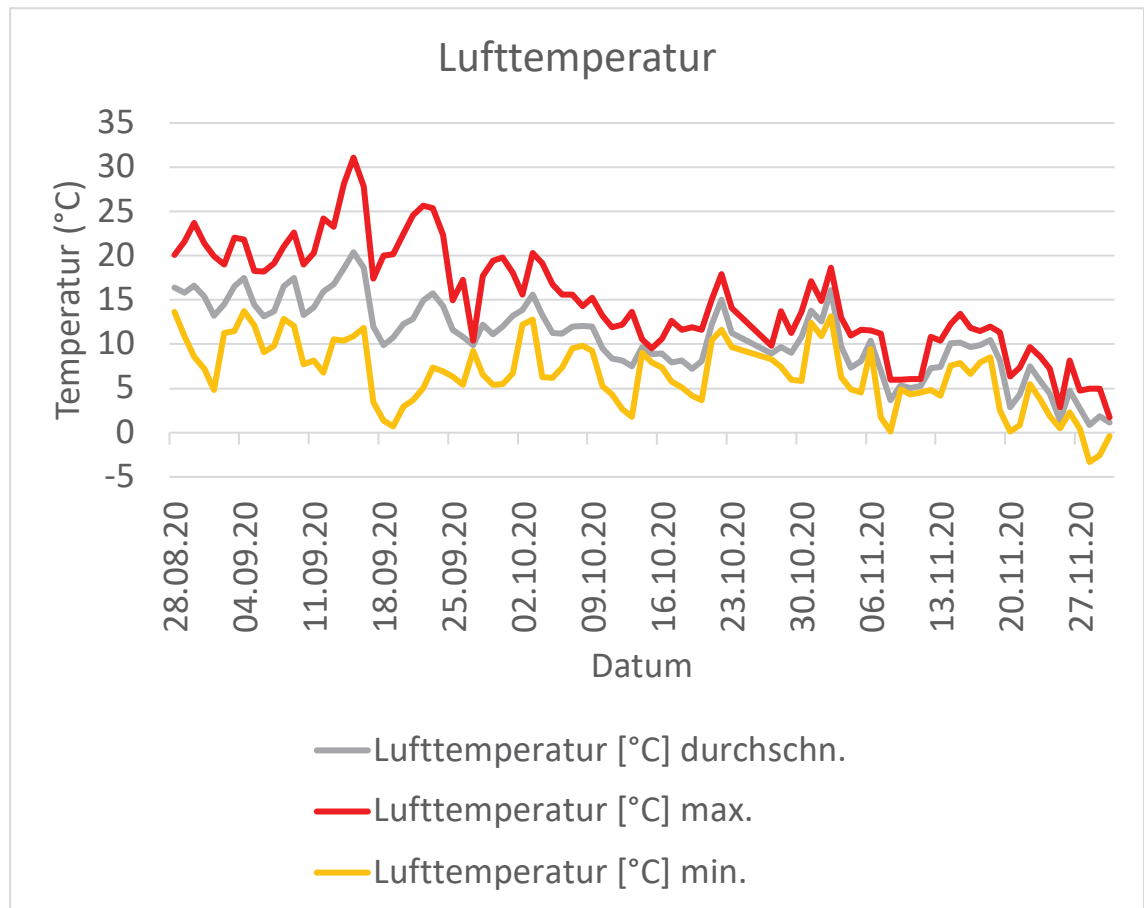


Abbildung 38: Lufttemperaturverlauf am Standort Hungerstorf in der Zeit vom 15.08.20 bis zum 30.11.20

In der Abbildung 39 ist der Niederschlagsverlauf im gleichen Zeitraum wie die Temperatur oben dargestellt. Zur Saat fielen geringe Niederschläge. Ab dem 10.09.20 regnete es dann für einen Zeitraum von zwei Wochen nicht mehr. Anschließend kamen regelmäßig Niederschläge unterschiedlicher Höhen.

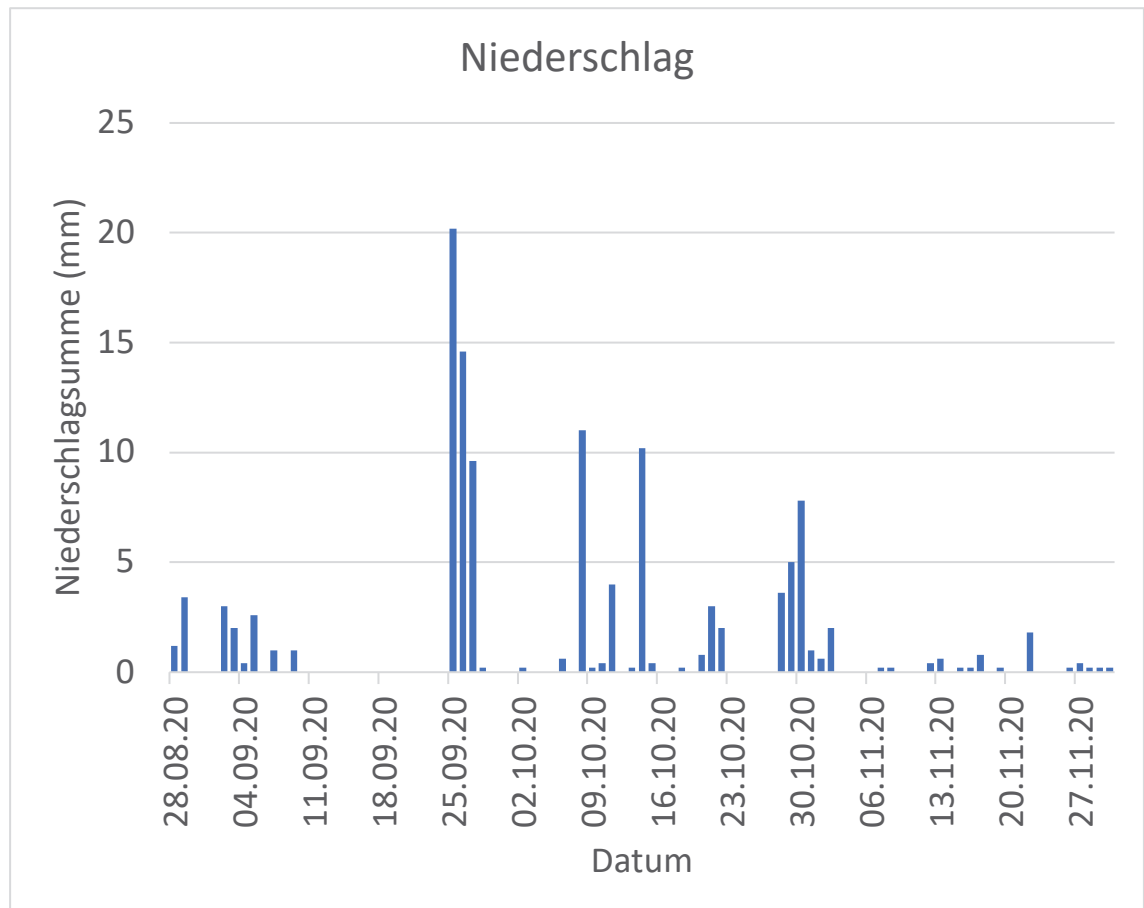


Abbildung 39: Niederschlagsverlauf am Standort Hungerstorf in der Zeit vom 15.08.20 bis zum 30.11.20

Die Verläufe der mittleren Lufttemperatur und des Niederschlags sind in Abbildung 40 gemeinsam mit den Kohlfiegenfängen dargestellt. Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Witterung (Temperatur, Niederschlag) und dem Kohlfiegenauftreten festgestellt werden.

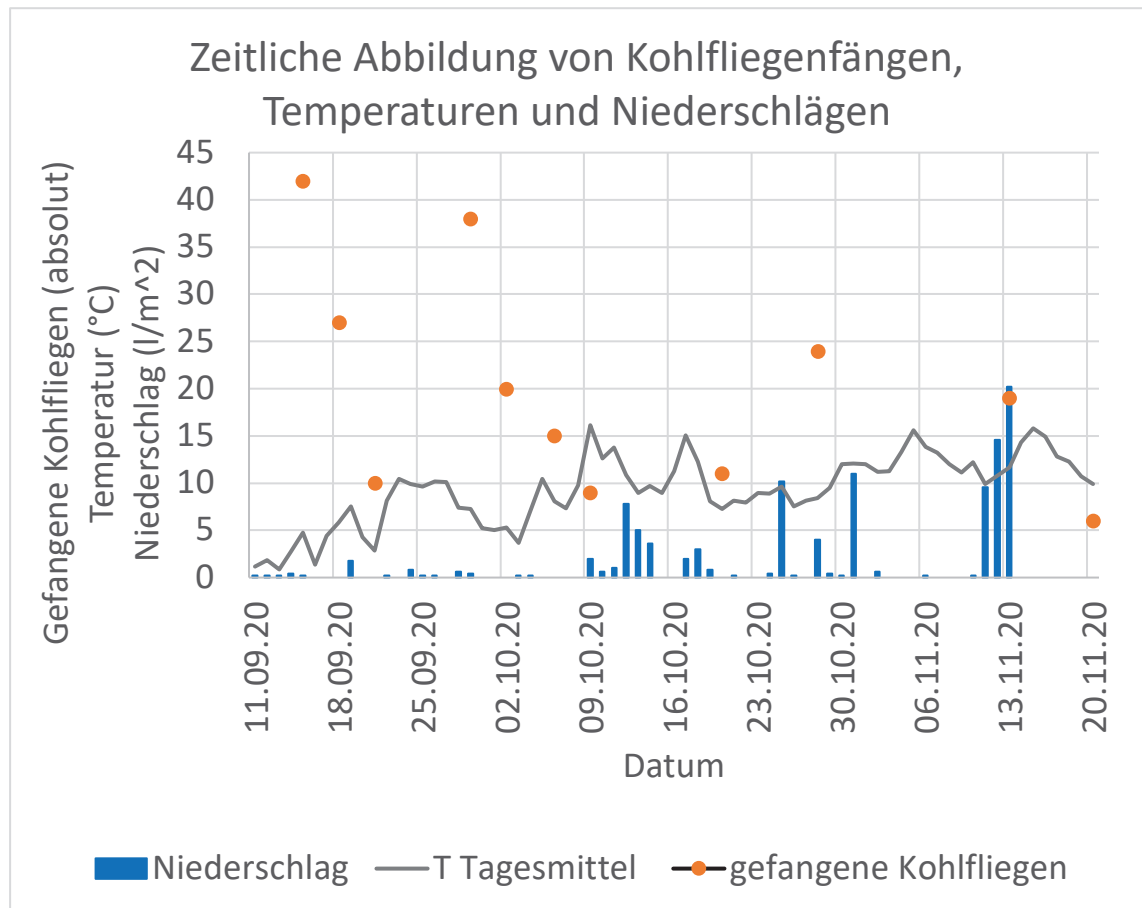


Abbildung 40: Zeitliche Abbildung von Kohlfliegenfängen, Temperaturen und Niederschlägen

5 Diskussion

Die in Abschnitt 4 vorgestellten Ergebnisse sollen nun mit der Literatur verglichen und interpretiert werden. Grundlegend wird der Einfluss verschiedener Faktoren (Saatzeit, Saattiefe und Saatgutbehandlung) auf den Befall der Rapswurzel mit *Delia radicum* untersucht. Ein besonderes Augenmerk liegt auf den Stellschrauben, die der Landwirt bei der Jugend- / Herbstentwicklung der Rapspflanze hat und deren Zusammenhang mit der Wurzelschädigung. Denn bei der Befallsregulierung von *Delia radicum* steht der Anbau kräftiger Rapspflanzen im Vordergrund (Sontheimer, 2014). Sie verfügen über ein ausgeprägtes Wurzelsystem, das maximale Regeneration von den Fraßschäden ermöglicht (Mesmin et al., 2019; Turnock et al., 1992). Ein solches zu erreichen wird durch die Tatsache erschwert, dass bereits die zu Beginn des Rapswachstums – im Herbst – auftretende Kohlfliegengeneration die größten Wurzelschäden verursacht (vgl. Erichsen & Hünmörder, 2005). Als gut entwickelt können Pflanzen angesehen werden, welche die Winterhärte erreicht haben. Sie sind ausreichend weit und gleichzeitig noch nicht zu sehr entwickelt, um einen durchschnittlichen Winter zu überstehen (s. u.).

5.1 Grundlegende Einschätzung von Pflanzenentwicklung und Befall

Für die Winterrapsaussaat in Deutschland werden Saattermine zwischen dem 20. und 30. August empfohlen (Diepenbrock et al., 2005). Im vorliegenden Versuch lag die erste Aussaat genau in der Mitte dieses Zeitraums. Eine Woche nach dessen Ablauf erfolgte die Zweite. Je später die Rapskörner gesät werden, desto schwieriger sei es, eine ausreichende Winterfestigkeit der Pflanzen zu erreichen. Zwar träten teilweise starke Sortenunterschiede auf und besonders bei Hybridzüchtungen sei man im Saattermin etwas flexibler. Der Trend, dass sich später gesäte Rapspflanzen schlechter entwickeln als früh gesäte, sei jedoch über die Sorten hinweg zu erkennen (Velička et al., 2012). Dies war auch in Hungerstorf zu verzeichnen, wie die deskriptiven Statistiken in Kapitel 4.4.3 zeigen. Als ausreichend entwickelt, um den Winter zu überleben, gelten Pflanzen mit mindestens 8 Blättern; besser 10 – 12. Der Wurzelhalsdurchmesser sollte über 8 mm betragen und das Streckenwachstum der Sprossachse noch nicht begonnen haben (Bohla, 2017; Diepenbrock et al., 2005; Sommerfeldt, 2020). Demnach sollten die Pflanzen sich zwischen dem BBCH-Stadium 18 und 29 befinden. Von den in dieser Arbeit untersuchten Proben trifft dies auf 77 von 183 Pflanzen zu, was einem Anteil von 42,08 % entspricht (s. Anhang D). Die Herbstentwicklung stellt der Raps ein, wenn an fünf aufeinanderfolgenden Tagen die Temperatur nicht über 2 °C steigt (Diepenbrock et al., 2005). In Hungerstorf waren die Temperaturen zum Zeitpunkt der Probenahme noch nicht konstant so tief. Das bedeutet, dass die Pflanzen ihre Herbstentwicklung noch nicht abgeschlossen hatten. Zudem soll laut Alpmann (2009) zwischen Aussaat und Jahresende eine Temperatursumme von 875 °C erreicht werden, um optimale Erträge zu erzielen. Aus Anhang F ist erkennbar, dass diese Summe für beide Saattermine bereits am 30. November 2020 erreicht war. Die Bonitur kurz vor Eintritt in die Winterpause, wie sie hier durchgeführt wurde, beschrieben Erichsen & Hünmörder (2005) als sehr geeignete Möglichkeit, den Befall im Bestand einzuschätzen.

Als Schadsymptome der Kleinen Kohlfliege werden in der Literatur abgestorbenes Wurzelmaterial, Fraßgänge, Welkeerscheinungen, oberirdische Verfärbungen und teilweise vollständiges Absterben der Pflanze genannt (Erichsen & Hünmörder, 2005; Schöber-Butin et al., 1999). Die befallenen Pflanzen, die in dieser Arbeit ausgewertet wurden, zeigten in der Bonitur lediglich braun verfärbtes, abgestorbenes Wurzelmaterial im Bereich der

Fraßgänge, Welkeerscheinungen, Verfärbungen der Blattmasse oder ein kompletter Verlust der Pflanze konnten im November nicht festgestellt werden.

5.2 Auswertung der Prüffaktoren

In Hungerstorf war der Effekt des Saattermins auf den Befall größer als der Effekt von Saattiefe oder Beize. Als einziger Faktor führte er in allen paarweisen Vergleichen zu signifikanten Unterschieden im Befall (vgl. Kapitel 4.1.3 und 4.3.3). Dieses Ergebnis spiegelte sich auch in der deutlichen Differenz der Mittelwerte wider. Im Mittel waren die Wurzeloberflächen der früh gesäten zu 18,8 % durch die Kleine Kohlfliege geschädigt. Bei den Späten waren es nur 0,43 %. Ebenfalls als einziger Faktor wirkte sich der Saattermin in allen Kombinationen auf die Trockenmasse der Rapspflanzen aus. So zeigten sich in allen Tests signifikante Unterschiede der Trockenmasse zwischen den Früh- und Spätsaaten. Die Pflanzen der frühen Saaten waren signifikant schwerer. Der Parzellenmittelwert der Trockenmasse lag für die früh Gesäten 87,63 g / Parzelle (vgl. Tabelle 20) über dem der spät Gesäten. Die Saatzeit stellte sich demnach als ein ausschlaggebendes Kriterium für die Entwicklung der Pflanzen und den Befall heraus.

Die beiden Saattiefen „flach“ und „tief“ wirkten sich in Hungerstorf weniger als die Saattermine auf Befall und oberirdische Biomasse aus. Bezüglich des Befalls mit der Kleinen Kohlfliege war ein Unterschied nur in einem der vier Vergleiche sichtbar. Die Pflanzen dieses Vergleichs wurden chemisch gebeizt und früh gesät. Die flach gesäten Pflanzen waren hier signifikant gesünder als die tief gesäten. Das beschriebene Faktorenzusammenspiel führte auch als einziges zu einem signifikanten Unterschied in der Trockenmasse zwischen flach und tief gesäten Pflanzen. Die flache Saat war hier deutlich schwerer als die tiefe. Bei Mais, dessen Ablage auf 3 bis 7 cm Tiefe erfolgt (Eder, 2006), kann in der Praxis Gegenteiliges beobachtet werden. Besonders in trockenen Jahren kann es günstig sein, den Mais ein wenig tiefer zu legen. Er benötigt dann etwas mehr Zeit, bis er an die Oberfläche wächst, ist dafür aber umso kräftiger. Er profitiert davon, dass der tiefere Boden noch feuchter ist. Ein Maiskorn ist jedoch deutlich voluminöser als ein Rapskorn. Letzteres verfügt aufgrund seiner kleinen Größe nur über eine geringe Triebkraft, weshalb tiefe Saaten zu vermeiden sind (Aigner & Hege, 2006). Die Nährstoffvorräte im Samen reichen nur kurz. Kleine Niederschlagsmengen waren in Hungerstorf 2020 gegeben. Die Niederschläge waren nicht so stark, dass von Verschlammungen ausgegangen werden muss (vgl. Abbildung 39). Bezüglich der Saattiefe wird die folgende Schlussfolgerung gezogen. Führen unterschiedliche Saattiefen zu inhomogenem Auflaufen und somit zu einer Differenz

in der Biomasse, können sie indirekt auch den Kohlfliegenschaden beeinflussen. Aufgrund der geringen Energievorräte im kleinen Rapskorn ist auf große Sorgfalt bei der Bereitung des Saatbettes und der Aussaat zu achten.

Ob das Saatgut die chemische Beize „Vibrance OSR“ oder die physikalische Behandlung mit Plasma erhielt, hatte in Hungerstorf verglichen mit dem Saattermin und der Saattiefe die geringsten Auswirkungen. Bezüglich des Befalls stellte sich in keinem der paarweisen Vergleiche ein Unterschied zwischen den beiden Saatgutbehandlungen heraus. Bezüglich der Trockenmasse konnte bei den Spätsaaten auch kein Unterschied zwischen den Behandlungen erkannt werden. Anders verhielt es sich jedoch mit den früh gesäten Pflanzen. Hier waren die chemisch Behandelten schwerer als die physikalisch Behandelten. Der Effekt trat besonders in der Kombination „früh-flach“ auf. Diese Faktorkombination „chemisch-früh-flach“, welche höhere Trockenmassen erzielte als die Kombination „Plasma-früh-flach“, wurde in der Ergebnisdarstellung als Gruppe G bezeichnet. Gruppe G war von allen acht Gruppen – sprich von allen acht Faktorkombinationen – die schwerste und gleichzeitig die am stärksten von *Delia radicum* befallene (vgl. Tabelle 6 und Tabelle 19). Am gesündesten waren die Pflanzen der Gruppe H. Sie wurden chemisch gebeizt, spät und flach gesät. Der einzige Faktor, in dem sich die am wenigsten befallene Gruppe H von der am stärksten befallenen Gruppe G unterschied, war erneut der Saattermin. Die späte Variante war auch hier gesünder (vgl. Tabelle 6). Die Gruppe H ist bezüglich des Trockenmassemittels als relativ leicht einzustufen. Gruppe D, die ebenfalls spät und flach gesät wurde, jedoch die physikalische Saatgutbehandlung mit Plasma erhielt, war noch geringfügig leichter.

Versuche von Erichsen & Hünmörder (2005), Hlavjenka et al. (2017) sowie Bartels et al. (2020) zeigten eine positive Korrelation des Befalls durch *Delia radicum* und der Größe der Rapspflanze. Auch die Ergebnisse dieser Arbeit deuten darauf hin, dass der Schaden mit zunehmender Trockenmasse steigt. Von den analysierten Faktoren hatte der Saatzeitpunkt den größten Effekt auf Befall und Trockenmasse. Daher wurde in Kapitel 4.4.3 einmal für die Variante „früh“ und einmal für die Variante „spät“ die befallene Wurzeloberfläche in % in Abhängigkeit von der oberirdischen Biomasse dargestellt (vgl. Abbildung 34 und Abbildung 35). Es zeigte sich beide Male eine positive Korrelation von Schaden und Biomasse. Bei den früh gesäten ist das R^2 mit 0,0489 jedoch sehr klein, weshalb der positive Zusammenhang hier nicht überbewertet werden sollte. Weiterführend wurde nun der Fragestellung nachgegangen, ob schwerere Pflanzen auch insgesamt öfter von den

Kohlfliegenweibchen zur Eiablage angefliegen wurden. Dafür wurden die Pflanzen nicht mehr nach der Befallsintensität unterschieden, sondern lediglich in die zwei Kategorien „befallen“ und „nicht befallen“ eingeteilt. Das Ergebnis ist in Abbildung 36 zu sehen. Die befallenen Pflanzen waren im Mittel etwas schwerer als die nicht Befallenen. Dieses Ergebnis unterstützt erneut die Aussage, dass die Kleine Kohlfliege kräftige Pflanzen bevorzugt.

5.3 Zeitliches Auftreten der Kleinen Kohlfliege

Die Saattermine in Hungerstorf waren der 25. August und der 07. September 2020. Demnach überschneidet sich die frühe Jugendentwicklung der Rapspflanzen mit dem Zeitraum, den Schöber-Butin et al. (1999) und Kizina (2010) als aktive Phase der dritten Kohlfliegen-Generation beschrieben. Schöber-Butin et al. (1999) ordnen diese allgemein den Monaten September und Oktober zu. Kizina (2010) schränkte ihn für das Jahr 2009 in Güstrow auf den Zeitraum vom 21. August bis zum 09. Oktober ein. In Hungerstorf, wo das Kohlfliegenauftreten mittels Gelbschalen bis zum 20. November ermittelt wurde, konnten noch eineinhalb Monate nach dem 09. Oktober Kohlfliegen gezählt werden. Ihre Anzahl nahm zum Ende hin jedoch stark ab. Für Rapspflanzen kann angenommen werden, dass sie fünf bis sieben Tage nach der Saat aufgelaufen sind. Demnach ist davon auszugehen, dass am 01. September der Großteil der früh gesäten Pflanzen und am 14. September der Großteil der spät gesäten Pflanzen aufgelaufen war. Erichsen & Hünmörder (2005) beschrieben den Zuflug der Kohlfliegenweibchen schon vor dem BBCH-Stadium 10 des Rapses. Die Pflanzen sind zu diesem Zeitpunkt noch sehr klein. Es ist denkbar, dass die spät gesäten Pflanzen für jene Kohlfliegen, die im ersten Peak am 15. September festgestellt wurden, noch nicht attraktiv genug waren (vgl. Tabelle 21). Währenddessen hatten die Frühsaaten bereits etwas mehr Zeit, um zu wachsen, sich zu entwickeln und die Kohlfliegen in den Bestand zu locken. Wie in der Literatur hinreichend beschrieben wird, reagieren eierlegende Kohlfliegenweibchen stärker auf die Reize größerer Wirtspflanzen (Bartels et al., 2020; Erichsen & Hünmörder, 2005; Hlavjenka et al., 2017). Die anschließende Eiablage erfolgt etwa bei BBCH 13 (Erichsen & Hünmörder, 2005), welches die Frühsaaten des vorliegenden Versuchs bis zum 23. September 2020 erreicht hatten. Zu dieser Zeit waren die Gelbschalenfänge besonders hoch. Bei den Spätsaaten konnte das BBCH-Stadium 13 erst am 5. Oktober teilweise und am 16. Oktober deutlich erkannt werden. Der um 2 Wochen versetzte Saattermin führte demnach zu einem Entwicklungsunterschied von circa drei Wochen. Als die spät gesäten Pflanzen das BBCH-Stadium erreichten, zu welchem an ihnen die Eier abgelegt werden, waren deutlich weniger Kohlfliegen in den Gelbschalen zu

verzeichnen. Dies würde den in diesem Versuch auftretenden starken Einfluss des Saattermins auf den Befall erklären. Den Larvenschlupf konnten Erichsen & Hünmörder (2005) bei BBCH 18 feststellen. Währenddessen schrieben Kahrer & Gross (2002) bereits ab dem sechsten Tag nach der Eiablage von Schäden an den Seitenwurzeln. Da die Eiablage und Larvenentwicklung in Hungerstorf nicht genau beobachtet wurden, ist es an dieser Stelle schwierig, zeitliche Einordnungen vorzunehmen. Es kann jedoch festgehalten werden, dass die Kohlflyge zu den kritischen Zeiten der Fröhsaat sehr aktiv war, während dies für die Spätsaat nur vermindert der Fall war.

5.4 Reaktion auf Reize der Wirtspflanzen

Die Kleine Kohlflyge zeigt unter den *Delia*-Arten das Alleinstellungsmerkmal, auch gesunde Wurzeln schädigen zu können (Turnock et al., 1992). Sie reagiert in vielfältiger Weise auf die optischen und olfaktorischen Reize, die potentielle neue Wirtspflanzen aussenden (Börner, 2009; Hirschfeld, 1987; Roessingh et al., 1992; Zohren, 1968). Wie bereits oben geschrieben wird vermutet, dass die Pflanzen der frühen Saat in Hungerstorf bereits zu Beginn stärker befallen wurden als jene der späten Saat. Sind *Brassicaceae* geschädigt, geben sie zusätzlich zu den anderen attraktiven Reizen vermehrt Glucosinolate und deren Abbauprodukte frei (Birch et al., 1992). Auch darauf reagieren die Kohlflygenweibchen (Zohren, 1968). Es scheint ein sich selbst verstärkender Zyklus zu entstehen, der zusätzlich von den Methanausgasungen unterstützt wird, die von bereits gelegten Kohlflygeneiern ausgehen und weitere Weibchen anlocken (Gouinguéné et al., 2006). Auf diese Weise wurde der ursprüngliche Effekt der Saatzeit auf den Befall vermutlich verstärkt. An dieser Stelle sei erneut die Schwierigkeit erwähnt, das richtige Mittelmaß der Pflanzenentwicklung zu treffen. Kräftige Pflanzen ziehen zum einen die eierlegenden Kohlflygenweibchen vermehrt an. Zum anderen verfügen diese Pflanzen im Allgemeinen über ein besser ausgeprägtes Wurzelsystem als kleinen Pflanzen. Ein solches trägt maßgeblich zur Regenerationsfähigkeit des Rapses von Fraßschäden bei. Es wirkt sich folglich auch positiv auf den Ertrag aus (Mesmin et al., 2019; Turnock et al., 1992).

6 Zusammenfassung

Die Larven der *Delia radicum* schädigen das Wurzelsystem des Rapses. Besonders stark sind die Schäden der dritten Generation im Herbst, weil der junge Raps während der dritten aktiven Phase des Schädlings besonders empfindlich ist. Die Muttertiere legen ihre Eier an den Wurzelhals, aus denen die Larven schlüpfen. Aufgrund ihres verdeckten Lebensraumes

sind sie schwer mit chemischen Pflanzenschutzmitteln zu erreichen. Beizen wird daher eine besonders große Bedeutung zugeschrieben. Gegen die Kleine Kohlfliege ist ausschließlich Lumiposa als solche verfügbar. Für eine langjährige Wirksamkeit dieses Wirkstoffes und eine nachhaltige Landwirtschaft im Allgemeinen ist der integrierte Pflanzenschutz unabdingbar. Im Ackerbau können sich Kleeuntersaaten, eine Reduzierung der Kreuzblütler in der Fruchtfolge und Anpassung des Saattermins als wirksam gegen die Kleine Kohlfliege erweisen. Maßnahmen wie diese lenken den Schädling optisch und olfaktorisch von den Kulturpflanzen ab oder verhindern, dass seine aktive Phase mit ihren empfindlichen Entwicklungsstadien zeitlich zusammentrifft.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss des Saattermins und der Saattiefe auf die Biomasse des Rapses und den Befall mit der Kleinen Kohlfliege untersucht. Diese Parameter wurden zusätzlich bei Pflanzen verglichen, die zuvor verschiedene Saatgutbehandlungen erhalten hatten. Dafür wurde im Sommer 2020 in Hungerstorf in Mecklenburg-Vorpommern ein Feldversuch angelegt. In der randomisierten Blockanlage wurde mit einem frühen und einem späten Saattermin, einer flachen und einer tiefen Saat sowie den Saatgutbehandlungen „chemisch“ und „Plasma“ gearbeitet.

Zu Beginn dieser Arbeit wurde die Hypothese aufgestellt, dass die Saatgutbehandlung mit Plasma jenen Pflanzen, die nicht optimal gesät werden konnten, durch schnellere Keimung einen Vorteil in Wachstum und Entwicklung verschafft. Ein signifikanter Unterschied im Befall mit der Kleinen Kohlfliege konnte zwischen den Saatgutbehandlungen nicht festgestellt werden. Die Hypothese kann demnach noch nicht bestätigt werden. Es gilt lediglich festzuhalten, dass sich die Plasmabehandlung unter für die Biomasseentwicklung vorteilhaften Aussaatbedingungen (früh und flach) nicht lohnte.

Die oberirdische Biomasse wurde besonders durch den um zwei Wochen versetzten Saattermin beeinflusst. Die früh gesäten Pflanzen hatten im Herbst mehr Zeit, um sich zu entwickeln. Saattiefe und Saatgutbehandlung wirkten sich jeweils nur in einem von vier Vergleichen auf die Biomasse aus. Hier erzielten die chemisch gebeizten Pflanzen höhere Biomassen als die mit Plasma behandelten. Bezüglich der Saattiefe stellte sich die flache Saat als Biomasse-fördernd heraus. Als Ursache werden die geringen Nährstoffreserven im kleinen Rapskorn gesehen. Tief gesäte Pflanzen erschöpfen diese stärker, da sie unter der Erde einen längeren Weg zurücklegen müssen als flach gesäte. Die Biomasse der Rapspflanzen hatte einen signifikanten Einfluss auf den Kohlfliegenbefall. Die Wurzeln von

Pflanzen mit höherer Biomasse wiesen stärkere Fraßschäden auf als die Wurzeln von Pflanzen mit geringerer Biomasse. Lediglich in einer einzigen Faktorkombination war dies – mit geringem Signifikanzniveau – nicht der Fall. Da früh gesäte Pflanzen zu höheren Biomassen führten, war die Auswirkung des Saattermins auch auf den Kohlfliegenbefall besonders hoch. Genauso konnte beobachtet werden, dass auftretende Effekte der Saattiefe sich insofern äußerten, dass die flachen Saaten mit höherer Biomasse signifikant stärker befallen waren als die tiefen mit geringerem Gewicht.

Größere Pflanzen scheinen stärkere Reize auszusenden, von denen die Muttertiere zur Eiablage angezogen werden. Abschließend kann gesagt werden, dass der Konflikt, dass kräftigere Pflanzen vermehrt von der Kleinen Kohlfliege angefliegen und befallen werden, gleichzeitig aber durch ihre höhere Regenerationsfähigkeit im Frühjahr den Schaden besser ausgleichen können, das Kohlfliegenmanagement bestimmt. Wichtig ist es daher, die Kompensationsfähigkeit des Rapses zu stärken. Dafür ist eine gute Jugendentwicklung unabdingbar. Späte Saaten werden zwar weniger von der Kleinen Kohlfliege befallen, gehen aber deutlich schlechter entwickelt in den Winter. Dies wirkt sich vermutlich negativ auf den Ertrag aus. Es gilt, die Ergebnisse aus der Ernte abzuwarten. In Hungerstorf war der Befall insgesamt noch nicht sehr stark, da es zu keinen Totalausfällen kam. Um die Kohlfliegenpopulation in der Region nicht zu fördern, sollten Kreuzblütler in Zwischenfruchtmischungen nur mit Bedacht gewählt und als Ackerbegleitkräuter nachhaltig reguliert werden.

Neben einer Analyse der Erträge, die vor allem pflanzenbaulich interessant ist, kann aus phytomedizinischer Sicht im Erntejahr die weitere Beobachtung der Biomasse- und Schadensentwicklung vorgenommen werden. So wären Rückschlüsse auf die Regenerationsfähigkeit des Rapses möglich. Auch ein früheres Aussäen des Vorgewendes könnte untersucht werden („catch-crop“). Die dort wachsenden Pflanzen wären größer als jene im Feld, wodurch eine Ablenkung des Schädling vom Großteil des Bestandes zu erhoffen ist. Bei einer Wiederholung des in dieser Arbeit analysierten Versuchs könnten zusätzlich Bodenfeuchtedaten im Herbst erfasst und mit der Larvenentwicklung verglichen werden.

7 Quellenverzeichnis

- Aigner, A., & Hege, U. (2006). Winter- und Sommerraps. In M. Munzert & J. Frahm (Eds.), *Die Landwirtschaft – Pflanzliche Erzeugung* (pp. 657–658). BLV Buchverlag GmbH & Co. KG.
- Alpmann, L. (2009). Der Einfluss des Wetters auf die Entwicklung von Winterraps. *Innovation, 1*, 14–17.
- Bartels, A., Haberlah-Korr, V., & Schäfer, B. C. (2020). *Leitlinie des Integrierten Pflanzenschutzes im Rapsanbau* (Issue November).
- Baur, R., Städler, E., Monde, K., & Takasugi, M. (1998). Phytoalexins from Brassica (Cruciferae) as oviposition stimulants for the cabbage root fly, *Delia radicum*. *Chemoecology, 8*(4), 163–168. <https://doi.org/10.1007/s000490050021>
- Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). (2011). *LfL-Information: Anbauempfehlungen für Winterraps*. 1–14. http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p_37308.pdf. Abgerufen am 02.02.21
- BayWa AG (n.d.). *Beizvarianten in Winterraps*. https://www.baywa.de/fileadmin/media/relaunch/bilder/.DE/Pflanzenbau_und_Obst/Beizmittel_Raps.pdf. Abgerufen am 19.02.21
- Birch, A. N. E., Griffiths, D. W., Hopkins, R. J., Macfarlane Smith, W. H., & McKinlay, R. G. (1992). (1992). Glucosinolate responses of swede, kale, forage and oilseed rape to root damage by turnip root fly (*Delia floralis*) larvae. In I. Ahuja, J. Rohloff, & A. M. Bones (Eds.), (2009): *Defence mechanisms of Brassicaceae: implications for plant-insect interactions and potential for integrated pest management* (Vol. 2, p. 331). Sustainable Agriculture.
- Bohla, R. (2017). Eine starke Wurzel ist die Grundlage für einen hohen Rapsertag. *N.U. Agrar GmbH BASF Pflanzenbau, 3*, 1–5. <https://www.agrar.basf.de/Dokumente/Kulturen/Raps/raps-artikel-starke-wurzel-grundlage-fuer-rapsertag.pdf>. Abgerufen am 02.02.21
- Börner, H. (2009). *Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* (8th ed.). Springer-Verlag.
- Brust, H. (2020). *Potential of Plasma Technologies for Future Application in Plant-Based Food Production*.
- Brust, H., Nishime, T. M. C., Wannicke, N., Mui, T. S. M., Horn, S., Quade, A., & Weltmann, K. D. (2021). A medium-scale volume dielectric barrier discharge system for short-term treatment of cereal seeds indicates improved germination performance with long-term effects. *Journal of Applied Physics, 129*(4). <https://doi.org/10.1063/5.0033369>

- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2018). *Mehr Bienenschutz: Neonicotinoide künftig verboten*. <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/pflanzenschutz/bienenschutz-neonicotinoide.html>. Abgerufen am 01.03.21
- BVL. (n.d.). *Verzeichnis zugelassener Pflanzenschutzmittel*. Stand Vom 3. Dezember 2020. <https://apps2.bvl.bund.de/psm>. Abgerufen am 03.12.20
- Chenje, M., & Mohamed-Katerere, J. (2006). *Delia radicum* (cabbage root fly). *CABI Invasive Species Compendium*.
- Collier, R. H., Finch, S., Phelps, K., & Thompson, A. R. (1991). Possible impact of global warming on cabbage root fly (*Delia radicum*) activity in the UK. *Annals of Applied Biology*, 118(2), 261–271. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1991.tb05627.x>
- Crespo, E., Hordijk, C. A., de Graaf, R., Samudrala, D., Cristecu, S., Harren, F., & van Dam, N. (2012). On-line detection of root-induced volatiles in *Brassica nigra* plants infested with *Delia radicum* L. root fly larvae. *Phytochemistry*, 84, 68–77.
- Dähn, S. (2020). *Die Auswirkungen des Neonicotinoids Thiamethoxam auf den Glucosemetabolismus der Honigbiene (Apis mellifera)*. Universität des Saarlandes.
- Diepenbrock, W., Ellmer, F., & Léon, J. (2005). *Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Grundwissen Bachelor*. Eugen Ulmer GmbH & Co.
- Döring, A. (2014, February). Raps – Was tun ohne Premiumbeizung? *Innovation*, 10–11.
- Eder, J. (2006). Mais. In M. Munzert & J. Frahm (Eds.), *Die Landwirtschaft – Pflanzliche Erzeugung* (p. 525). BLV Buchverlag GmbH & Co. KG.
- Erichsen, E., & Hünmörder, S. (2005). Kohlfliengenaufreten im Raps. Bericht über ein Gemeinschaftsprojekt von acht Länderpflanzenschutzdiensten und der BBA. *Springer-Verlag. Gesunde Pflanzen*, 57(6), 149–157. <https://doi.org/10.1007/s10343-005-0081-z>
- Friedt, W., Tu, J., & Fu, T. (2018). Academic and Economic Importance of *Brassica napus* Rapeseed. In S. Liu, R. Snowdon, & B. Chalhoub (Eds.), *The Brassica napus Genome. Compendium of Plant Genomes*. Springer, Cham. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-43694-4_1
- Giamoustaris, A., & Mithen, R. (1995). The effect of modifying the glucosinolate content of leaves of oilseed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera*) on its interaction with specialist and generalist pests. *Annals of Applied Biology*, 126(2), 347–363.
- Goldston, R. J. (2020). *Introduction to Plasma Physics*. CRC Press.
- Google. (2021). *Kartendaten via Google Maps*. <https://www.google.de/maps>. Abgerufen am

11.02.21

- Gouinguéné, S. P. D., Poiger, T., & Städler, E. (2006). Eggs of cabbage root fly stimulate conspecific oviposition: Evaluation of the activity and determination of an egg-associated compound. *Chemoecology*, *16*(2), 107–113. <https://doi.org/10.1007/s00049-006-0335-y>
- Grehn, J., & Krause, J. (2013). *Metzler Physik* (4th ed.). Schroedel.
- Hahn, M. (2020). *Beizung im Raps*. 2020(19).
- Hell, R. (2002). Der assimilatorische Schwefelstoffwechsel in Pflanzen. *BIOspektrum*, *3*, 248–251.
- Herbst, M., Razinger, J., Ugrinović, K., Škof, M., Schroers, H.-J., Hommes, M., & Poehling, H.-M. (2017). Evaluation of low risk methods for managing *Delia radicum*, cabbage root fly, in broccoli production. *Crop Protection*, *96*, 273–280. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.02.023>
- Hirschfeld, A. (1987). Der Einfluß von Nichtwirtsreizen auf das Eiablageverhalten der Kleinen Kohlfliege (*Delia Radicum*). *DGaaE Nachrichten – Deutsche Gesellschaft Für Allgemeine Und Angewandte Entomologie e.V., Darmstadt*, *1*(2), 33.
- Hlavjenka, V., Seidenglanz, M., Dufek, A., & Šefrová, H. (2017). Spatial distribution of cabbage root maggot (*Delia radicum*) and clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) in winter oilseed rape crops in the Czech Republic. *Plant Protection Science*, *53*(3), 159–168. <https://doi.org/10.17221/181/2015-PPS>
- Hoffmann, G. M., & Schmutterer, H. (1999). *Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Nutzpflanzen* (2nd ed.). Eugen Ulmer GmbH & Co.
- Hünmörder, S. (2003). *Untersuchungen zur Biologie, Ökologie und Bekämpfung der Kleinen Kohlfliege an Winterraps*. Universität Rostock.
- JKI. (n.d.). *Integrierter Pflanzenschutz und Nationaler Aktionsplan*. <https://www.julius-kuehn.de/pflanzenschutz/integrierter-pflanzenschutz-und-nationaler-aktionsplan/>
- Jonasson, T., Ahlström-Olsson, M., & Johansen, T. J. (1995). Short note – *aleochara suffusa* and *a. bilineata* (col.: staphylinidae) as parasitoids of brassica root flies in northern norway. *Entomophaga*, *40*(2), 163–167.
- Kahrer, A., & Gross, M. (2002). *Gemüseschädlinge – Erkennung, Lebensweise, Bekämpfung*. Österreichischer Agrarverlag.
- Kim, S. J., & Chung, T. H. (2016). Cold atmospheric plasma jet-generated RONS and their selective effects on normal and carcinoma cells. *Scientific Reports* *6*, 20332. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/srep20332>
- Kizina, A. (2010). *Bekämpfung der Kleinen Kohlfliege (Delia radicum) unter besonderer*

Berücksichtigung alternativer Bekämpfungsmöglichkeiten im Gemüsebau. Hochschule Neubrandenburg.

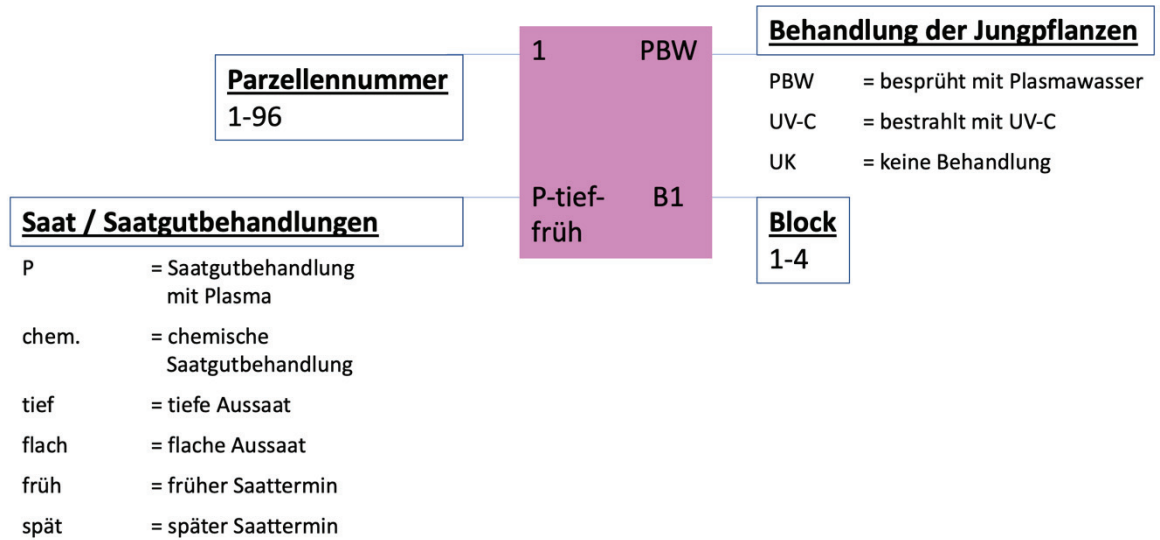
- Košťál, V. (1991). Orientation behavior of newly hatched larvae of the cabbage maggot, *Delia radicum* (L.) (Diptera: Anthomyiidae), to volatile plant metabolites. *Journal of Insect Behavior*, 5(1), 61–70. <https://doi.org/10.1007/BF01049158>
- Kühne, S., & Friedrich, B. (2010). Spinosad. In *JKI, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow*. <https://oekologischerlandbau.julius-kuehn.de/index.php?menuid=56>. Abgerufen am 16.02.21
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2018). *Mehr Bienenschutz: Neonicotinoide künftig verboten*. auf <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/pflanzenschutz/bienenschutz-neonicotinoide.html>. Abgerufen am 11.02.21
- Li, H. (2008). Preference-performance relationships in herbivorous insects feeding on oilseed rape inoculated with soil-borne fungi [Georg-August-Universität Göttingen]. In *Fakultät für Agrarwissenschaften*. http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2008/li_hong/%5Cnhttp://translate.google.co.nz/translate?hl=en&sl=de&u=http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2008/li_hong/&ei=4wx8TqqwCbCviQfHi5XADg&sa=X&oi=translate&ct=result&resnum=5&ved=0CDYQ7gEwBA&prev=/search?q=%22Preferen. Abgerufen am 18.11.20
- Mesmin, X., Vincent, M., Tricault, Y., Estorgues, V., Daniel, L., Cortesero, A. M., Faloya, V., & Le Ralec, A. (2019). Assessing the relationship between pest density and plant damage: a case study with the belowground herbivore *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae) on broccoli. *Applied Entomology and Zoology*, 54(2), 155–165. <https://doi.org/10.1007/s13355-019-00607-3>
- Miedaner, T. (2017). *Grundlagen der Pflanzenzüchtung* (2nd ed.). DLG-Verlag GmbH.
- Peshin, R., & Zhang, W. (2014). Integrated Pest Management and Pesticide Use. In D. Pimentel & R. Peshin (Eds.), *Integrated Pest Management* (pp. 1–46). Springer Science+Business Media Dordrecht. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-94-007-7796-5_1
- Pflanzenforschung.de. (n.d.). Glucosinolate (Senfölglycoside). In *Redaktion Pflanzenforschung.de; c/o Genius GmbH – Wissenschaft und Kommunikation*. <https://www.pflanzenforschung.de/de/uber-uns/kontakt>. Abgerufen am 02.02.21
- Richter, C. (2006). *Lehrbrief – Einführung in die Biometrie*. Humboldt-Universität zu Berlin.
- Roessingh, P., Städler, E., Fenwick, G., Lewis, J., Nielsen, J., Hurter, J., & Ramp, T. (1992).

- Oviposition and tarsal chemoreceptors of the cabbage root fly are stimulated by glucosinolates and host plant extracts. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 65(3), 267–282. <https://doi.org/10.1007/BF02343860>
- Samal, S. (2017). Thermal plasma technology: The prospective future in material processing. *Journal of Cleaner Production*, 142(4), 3131–3150. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.154>
- Schöber-Butin, B., Garbe, V., & Bartels, G. (1999). *Farbatlas Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen*. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co.
- Sommerfeldt. (2020). *Pflanzenschutzinformation Hinweis Feldbau 73 / 2020*.
- Sontheimer, A. (2014). *Wie kann ich die Kleine Kohlflye bekämpfen? – Aktuelles Raps – Rapsanbau ohne insektiziden Beizschutz*. <https://www.syngenta.de/news/aktuelles-raps/wie-kann-ich-die-kleine-kohlflye-bekaempfen>. Abgerufen am 25.11.20
- Städler, E., & Reifenrath, K. (2009). Glucosinolates on the leaf surface perceived by insect herbivores: Review of ambiguous results and new investigations. *Phytochemistry Reviews*, 8(1), 207–225. <https://doi.org/10.1007/s11101-008-9108-2>
- Turnock, W. J., Timlick, B., Galka, B. E., & Palaniswamy, P. (1992). Root maggot damage to canola and the distribution of *delia* ssp. (diptera: Anthomyiidae) in manitoba. *The Canadian Entomologist*, 124(01). <https://doi.org/10.4039/Ent12449-1>
- Velička, R., Pupaliene, R., Butkevičiene, L., & Kriaučiuniene, Z. (2012). Peculiarities of Overwintering of Hybrid and Conventional Cultivars of Winter Rapeseed Depending on the Sowing Date. *Scientiarum Polonorum Acta Sci. Pol. Agricultura*, 11(1), 53–66.
- von Woedtke, T., & Weltmann, K.-D. (2016). Grundlagen der Plasmamedizin. *Der MKG-Chirurg*, 9(4), 246–254. <https://doi.org/10.1007/s12285-016-0075-0>
- Wahyuningtyas, E. S., Setyowati, H., Rahayu, E., & Lutfiyati, H. (2020). *Efek Perlakuan Kombinatif Plasma Medis dan Ekstrak Daun Binahong Terhadap Penyembuhan Luka Fase Proliferasi Pada Mencit Diabetik*.
- Wink, M. (2015). Sekundärstoffe – die Geheimwaffen der Pflanzen. *Biologie Unserer Zeit*, 45(4), 225–235.
- Zohren, E. (1968). Laboruntersuchungen zu Massenanzucht, Lebensweise, Eiablage und Eiablageverhalten der Kohlflye, *Chortophila brassicae* Bouché (Diptera, Anthomyiidae). *Journal of Applied Entomology*, 62(1–4), 139–188. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1968.tb04118.x>

8 Anhang

A Parzellenplan

Legende:



Wdhlg 1				Wdhlg 2				Wdhlg 3				Wdhlg 4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
6	UK	chem-tief-früh	B1	7	PBWB	P-flach-früh	B1	8	UK	P-flach-früh	B1	9	UV-C	chem-tief-früh	B1	10	PBWB	chem-flach-früh	B1	11	UV-C	chem-flach-früh	B1	12	UK	chem-flach-früh	B1	13	UK	chem-tief-spät	B1	14	PBWB	chem-tief-spät	B1	15	UV-C	chem-tief-spät	B1	16	PBWB	P-tief-spät	B1	17	UK	P-tief-spät	B1	18	UV-C	P-tief-spät	B1	19	UV-C	chem-flach-spät	B1	20	PBWB	chem-flach-spät	B1	21	UK	chem-flach-spät	B1	22	UK	chem-flach-spät	B1	23	UV-C	P-flach-spät	B1	24	PBWB	P-flach-spät	B1	25	PBWB	P-tief-spät	B2	26	UK	P-tief-spät	B2	27	UV-C	P-tief-spät	B2	28	UV-C	chem-tief-spät	B2	29	PBWB	chem-tief-spät	B2	30	UK	chem-tief-spät	B2	31	UV-C	P-flach-spät	B2	32	UK	P-flach-spät	B2	33	PBWB	P-flach-spät	B2	34	UK	chem-flach-spät	B2	35	UV-C	chem-flach-spät	B2	36	PBWB	chem-flach-spät	B2	37	UK	P-flach-früh	B2	38	UV-C	P-flach-früh	B2	39	PBWB	P-flach-früh	B2	40	PBWB	chem-flach-früh	B2	41	UV-C	chem-flach-früh	B2	42	UK	chem-flach-früh	B2	43	UV-C	P-tief-früh	B2	44	PBWB	P-tief-früh	B2	45	UK	chem-flach-früh	B2	46	UV-C	chem-tief-früh	B2	47	UK	chem-tief-früh	B2	48	PBWB	chem-tief-früh	B2	49	PBWB	P-flach-früh	B3	50	UK	P-flach-früh	B3	51	UV-C	P-flach-früh	B3	52	PBWB	chem-flach-früh	B3	53	UV-C	chem-flach-früh	B3	54	UK	chem-flach-früh	B3	55	UK	P-tief-früh	B3	56	UV-C	P-tief-früh	B3	57	PBWB	P-tief-früh	B3	58	UV-C	chem-tief-früh	B3	59	UK	chem-tief-früh	B3	60	PBWB	chem-tief-früh	B3	61	UV-C	chem-tief-spät	B3	62	UK	chem-tief-spät	B3	63	PBWB	chem-tief-spät	B3	64	PBWB	P-tief-spät	B3	65	UK	P-tief-spät	B3	66	UV-C	P-tief-spät	B3	67	UV-C	P-flach-spät	B3	68	UK	P-flach-spät	B3	69	PBWB	P-flach-spät	B3	70	UV-C	chem-flach-spät	B3	71	UK	chem-flach-spät	B3	72	PBWB	chem-flach-spät	B3	73	PBWB	chem-tief-früh	B4	74	UK	chem-tief-früh	B4	75	UV-C	chem-tief-früh	B4	76	UV-C	P-tief-früh	B4	77	UK	P-tief-früh	B4	78	PBWB	P-tief-früh	B4	79	UK	P-flach-früh	B4	80	UV-C	P-flach-früh	B4	81	PBWB	P-flach-früh	B4	82	UK	chem-flach-früh	B4	83	PBWB	chem-flach-früh	B4	84	UV-C	chem-flach-früh	B4	85	UV-C	chem-flach-spät	B4	86	PBWB	chem-flach-spät	B4	87	UK	chem-flach-spät	B4	88	UV-C	P-flach-spät	B4	89	UK	P-flach-spät	B4	90	PBWB	P-flach-spät	B4	91	PBWB	chem-tief-spät	B4	92	UV-C	chem-tief-spät	B4	93	UK	chem-tief-spät	B4	94	UV-C	chem-tief-spät	B4	95	PBWB	P-tief-spät	B4	96	UK	P-tief-spät	B4

B1 Bodenanalyse

Analyse vom 18.09.20; die Buchstaben entsprechen den Gehaltsklassen A-E

Parameter	Wert
Bodengruppe	2 → lehmiger Sand / sandiger Schluff
Bodenart	1'S
pH-Wert	6,4
Klasse des pH-Wertes	D
Phosphat (mg/100 g)	6,1 C
Kalium (mg/100 g)	16,5 D
Magnesium (mg/100 g)	8,7 C
Natrium (mg/100 g)	0,9 A (Mittelwert E)
Ton (%)	11
Humus (%)	2
Bor (mg/kg)	0,31 C
Kupfer (mg/kg)	2,4 E
Mangan (mg/kg)	93 E
Zink (mg/kg)	3,2 E
Molybdän:	
Mo (mg/kg)	0,25 E
Mo-Bodenzahl (mg/kg)	8,9 E

Ges/0-30 cm

NO ₃	50
NH ₄	1
Nmin	52
Smin	15

B2 Nmin-Werte

Variante	Nmin (kg/ha) in 0-30 cm	Nmin (kg/ha) in 30-60 cm	Nmin (kg/ha) in 60-90 cm	Nmin (kg/ha) gesamt
Raps (früh)	8	6	5	19
Raps (spät)	20	41	11	72

C Pflanzenschutzmaßnahmen

Datum	Saat-termin	Mittel	Wirkungsbereich	Indikation	Aufwand-menge
25.08.2020	früh	Schneckenkorn	Molluskizid	Nacktschnecken	3 kg/ha
28.08.2020	früh	Gamit 36	Herbizid	Wegrauke	0,21 l/ha
10.09.2020	spät	Schneckenkorn	Molluskizid	Nacktschnecken	3 kg/ha
10.09.2020	spät	Gamit 36	Herbizid	Wegrauke	0,21 l/ha
16.09.2020	alle	Karate Zeon	Insektizid	Rapserrdfloh	0,4 l/ha
16.09.2020	alle	Gallant super	Graminizid	Ausfallgerste	0,075 l/ha
05.10.20	alle	Karate Zeon	Insektizid	Rapserrdfloh	0,075 l/ha
05.10.20	alle	Runway	Herbizid	Kamille	0,2 l/ha
23.10.20	früh	Carax	Fungizid		0,5 l/ha
-/-		Tilmor	Fungizid		0,5 l/ha
23.10.20	spät	Carax	Fungizid		0,15
-/-		Tilmor	Fungizid		0,15
18.11.20	alle	Targa Super			1 l/ha
-/-		Lebosol Bor			2 l/ha (150g B/l)

D Boniturnoten, BBCH-Stadien und Biomassen

Parzelle	Pflanze	Block	Beize	Saattiefe	Saatzeit	Bonitur- note	BBCH	FM (g)	TM (g)
2	1	1	Plasma	tief	früh	1	17	74,14	74,67
2	2	1	Plasma	tief	früh	1	16	33,96	
2	3	1	Plasma	tief	früh	3	18	106,79	
2	4	1	Plasma	tief	früh	1	15	44,53	
2	5	1	Plasma	tief	früh	2	18	82,93	
2	6	1	Plasma	tief	früh	3	18	80,63	
2	7	1	Plasma	tief	früh	2	18	80,61	
2	8	1	Plasma	tief	früh	1	16	53,81	
6	1	1	chemisch	tief	früh	4	19	87,4	92,24
6	2	1	chemisch	tief	früh	3	18	99,92	
6	3	1	chemisch	tief	früh	2	18	91,97	
6	4	1	chemisch	tief	früh	1	17	39,69	
6	5	1	chemisch	tief	früh	3	18	50,78	
6	6	1	chemisch	tief	früh	4	17	52,9	
6	7	1	chemisch	tief	früh	1	17	38,74	
6	8	1	chemisch	tief	früh	1	19	184,93	
8	1	1	Plasma	flach	früh	3	17	74,35	101,4
8	2	1	Plasma	flach	früh	1	17	68,16	
8	3	1	Plasma	flach	früh	4	19	135,65	
8	4	1	Plasma	flach	früh	3	15	28,54	
8	5	1	Plasma	flach	früh	4	19	106,29	
8	6	1	Plasma	flach	früh	3	20	143,86	
8	7	1	Plasma	flach	früh	3	18	107,84	
8	8	1	Plasma	flach	früh		19	79,83	
12	1	1	chemisch	flach	früh	4	19	186,49	195,4
12	2	1	chemisch	flach	früh	3	21	203,69	
12	3	1	chemisch	flach	früh	1	18	120,69	
12	4	1	chemisch	flach	früh	3	20	322,86	
12	5	1	chemisch	flach	früh	4	19	134,76	
12	6	1	chemisch	flach	früh	3	19	60,92	
12	7	1	chemisch	flach	früh	6	19	272,39	
12	8	1	chemisch	flach	früh	5	22	217,3	
13	1	1	chemisch	tief	spät	1	16	12,9	24,34
13	2	1	chemisch	tief	spät	1	17	18,37	
13	3	1	chemisch	tief	spät	2	16	17,53	
13	4	1	chemisch	tief	spät	1	16	19,53	
13	5	1	chemisch	tief	spät	1	17	19,28	
13	6	1	chemisch	tief	spät	1	17	18,89	
13	7	1	chemisch	tief	spät	1	17	27,37	
13	8	1	chemisch	tief	spät	1	16	13,92	
17	1	1	Plasma	tief	spät	1	16	12,56	27,05

17	2	1	Plasma	tief	spät	1	16	20,59	
17	3	1	Plasma	tief	spät	1	16	8,66	
17	4	1	Plasma	tief	spät	1	15	15,67	
17	5	1	Plasma	tief	spät	1	16	23,26	
17	6	1	Plasma	tief	spät	1	14	11,53	
17	7	1	Plasma	tief	spät	1	17	35,73	
17	8	1	Plasma	tief	spät	1	18	43,51	
21	1	1	chemisch	flach	spät	1	17	19,29	26,96
21	2	1	chemisch	flach	spät	1	14	10,3	
21	3	1	chemisch	flach	spät	1	17	44,54	
21	4	1	chemisch	flach	spät	1	15	13,98	
21	5	1	chemisch	flach	spät	1	17	33,81	
21	6	1	chemisch	flach	spät	1	15	15,13	
21	7	1	chemisch	flach	spät	1	17	35,76	
21	8	1	chemisch	flach	spät	1	14	6,34	
22	1	1	Plasma	flach	spät	1	16	10,18	17,95
22	2	1	Plasma	flach	spät	1	15	7,61	
22	3	1	Plasma	flach	spät	1	17	20,04	
22	4	1	Plasma	flach	spät	1	15	12,66	
22	5	1	Plasma	flach	spät	1	17	16,98	
22	6	1	Plasma	flach	spät	1	15	3,67	
22	7	1	Plasma	flach	spät	1	14	3,29	
22	8	1	Plasma	flach	spät	1	15	10,05	
26	1	2	Plasma	tief	spät	1	16	5,13	13,34
26	2	2	Plasma	tief	spät	1	17	9,87	
26	3	2	Plasma	tief	spät	1	16	3,07	
26	4	2	Plasma	tief	spät	1	15	4,73	
26	5	2	Plasma	tief	spät	1	15	3,13	
26	6	2	Plasma	tief	spät	1	16	10,86	
26	7	2	Plasma	tief	spät	1	16	16,08	
26	8	2	Plasma	tief	spät	1	16	4,85	
30	1	2	chemisch	tief	spät	1	14	24,34	34,61
30	2	2	chemisch	tief	spät	1	16	32,35	
30	3	2	chemisch	tief	spät	1	16	22,42	
30	4	2	chemisch	tief	spät	1	15	34,02	
30	5	2	chemisch	tief	spät	1	17	40,33	
30	6	2	chemisch	tief	spät	1	15	6,2	
30	7	2	chemisch	tief	spät	1	17	47,4	
30	8	2	chemisch	tief	spät	2	17	35,98	
32	1	2	Plasma	flach	spät	1	17	32,94	19,93
32	2	2	Plasma	flach	spät	1	17	19,16	
32	3	2	Plasma	flach	spät	1	16	12,55	
32	4	2	Plasma	flach	spät	1	15	16,05	
32	5	2	Plasma	flach	spät	1	16	16,45	
32	6	2	Plasma	flach	spät	1	14	2,26	

32	7	2	Plasma	flach	spät		16	13,66	
32	8	2	Plasma	flach	spät	1			
34	1	2	chemisch	flach	spät	1	16	23,9	22,62
34	2	2	chemisch	flach	spät	1	14	6,55	
34	3	2	chemisch	flach	spät	2	17	34,87	
34	4	2	chemisch	flach	spät	1	15	8,71	
34	5	2	chemisch	flach	spät	1	15	9,74	
34	6	2	chemisch	flach	spät	1	17	26,06	
34	7	2	chemisch	flach	spät	1	16	20,37	
34	8	2	chemisch	flach	spät	1	14	6,99	
37	1	2	Plasma	flach	früh	1	18	79,22	62,49
37	2	2	Plasma	flach	früh	4	21	130,58	
37	3	2	Plasma	flach	früh	4	24	22,82	
37	4	2	Plasma	flach	früh	2	18	62,92	
37	5	2	Plasma	flach	früh	4	22	223,94	
37	6	2	Plasma	flach	früh	3			
37	7	2	Plasma	flach	früh	4			
37	8	2	Plasma	flach	früh	3			
42	1	2	chemisch	flach	früh	5	21	162,67	136,5
42	2	2	chemisch	flach	früh	2	19	251,6	
42	3	2	chemisch	flach	früh	3	23	227,75	
42	4	2	chemisch	flach	früh	1	18	79,63	
42	5	2	chemisch	flach	früh	1	18	93,33	
42	6	2	chemisch	flach	früh	5	17	69,19	
42	7	2	chemisch	flach	früh	3	16	31,5	
42	8	2	chemisch	flach	früh	4	19	129,88	
45	1	2	Plasma	tief	früh	2	19	232,58	133,9
45	2	2	Plasma	tief	früh	3	17	149,12	
45	3	2	Plasma	tief	früh	3	18	147,51	
45	4	2	Plasma	tief	früh	2	16	90,94	
45	5	2	Plasma	tief	früh	3	16	63,12	
45	6	2	Plasma	tief	früh	3	15	46,3	
45	7	2	Plasma	tief	früh	3	16	38,65	
45	8	2	Plasma	tief	früh	4	20	288,61	
47	1	2	chemisch	tief	früh	2	19	181,94	102,3
47	2	2	chemisch	tief	früh	3	19	123,27	
47	3	2	chemisch	tief	früh	1	18	89,41	
47	4	2	chemisch	tief	früh	1	19	147,18	
47	5	2	chemisch	tief	früh	3	18	86,64	
47	6	2	chemisch	tief	früh	1	16	38,52	
47	7	2	chemisch	tief	früh	3	19	139,98	
47	8	2	chemisch	tief	früh	3			
50	1	3	Plasma	flach	früh	3	20	111,89	73,83
50	2	3	Plasma	flach	früh	1	19	75,71	
50	3	3	Plasma	flach	früh	4	18	106,23	

50	4	3	Plasma	flach	früh	3	19	142,33	
50	5	3	Plasma	flach	früh	2	18	33,84	
50	6	3	Plasma	flach	früh	1	16	75,98	
50	7	3	Plasma	flach	früh	3	15	12,11	
50	8	3	Plasma	flach	früh	2			
54	1	3	chemisch	flach	früh	2	19	220,72	157,7
54	2	3	chemisch	flach	früh	1	19	83,9	
54	3	3	chemisch	flach	früh	4	19	100,22	
54	4	3	chemisch	flach	früh	4	19	312,88	
54	5	3	chemisch	flach	früh	4	19	107,9	
54	6	3	chemisch	flach	früh	4	20	254,12	
54	7	3	chemisch	flach	früh	4	17	68,52	
54	8	3	chemisch	flach	früh	1			
55	1	3	Plasma	tief	früh	1	15	28,71	76,93
55	2	3	Plasma	tief	früh	5	17	60,23	
55	3	3	Plasma	tief	früh		19	46,95	
55	4	3	Plasma	tief	früh	3	16	88,99	
55	5	3	Plasma	tief	früh	5	19	124,31	
55	6	3	Plasma	tief	früh	4	18	124,42	
55	7	3	Plasma	tief	früh	6	16	32,23	
55	8	3	Plasma	tief	früh	1	18	106,43	
59	1	3	chemisch	tief	früh	1	19	154,87	139,3
59	2	3	chemisch	tief	früh	1	17	71,68	
59	3	3	chemisch	tief	früh	3	18	89,27	
59	4	3	chemisch	tief	früh	2	18	91,42	
59	5	3	chemisch	tief	früh	3	20	236,03	
59	6	3	chemisch	tief	früh	3	20	187,05	
59	7	3	chemisch	tief	früh	1	19	137,82	
59	8	3	chemisch	tief	früh	3	19	112,57	
62	1	3	chemisch	tief	spät	1	16	16,58	53,6
62	2	3	chemisch	tief	spät	1	16	23,12	
62	3	3	chemisch	tief	spät	1	14	11,79	
62	4	3	chemisch	tief	spät	1	17	13,13	
62	5	3	chemisch	tief	spät	1	14	7,05	
62	6	3	chemisch	tief	spät	3	20	316,9	
62	7	3	chemisch	tief	spät	1	15	11,63	
62	8	3	chemisch	tief	spät	1			
65	1	3	Plasma	tief	spät	1	21	85,67	37,16
65	2	3	Plasma	tief	spät	1	16	19,84	
65	3	3	Plasma	tief	spät	1	16	8,72	
65	4	3	Plasma	tief	spät	1	15	6,74	
65	5	3	Plasma	tief	spät	1	18	52,4	
65	6	3	Plasma	tief	spät	1	15	13,8	
65	7	3	Plasma	tief	spät	3	18	97,77	
65	8	3	Plasma	tief	spät	1	16	5,39	

68	1	3	Plasma	flach	spät	1	17	51,79	23,91
68	2	3	Plasma	flach	spät	1	16	12,76	
68	3	3	Plasma	flach	spät	1	16	11,65	
68	4	3	Plasma	flach	spät	1	17	22,96	
68	5	3	Plasma	flach	spät	1	16	18,69	
68	6	3	Plasma	flach	spät	1	16	16,98	
68	7	3	Plasma	flach	spät	1	14	11,13	
68	8	3	Plasma	flach	spät				
71	1	3	chemisch	flach	spät	1	16	11,21	23,48
71	2	3	chemisch	flach	spät	1	16	19,03	
71	3	3	chemisch	flach	spät	1	16	9,83	
71	4	3	chemisch	flach	spät	1	16	15,58	
71	5	3	chemisch	flach	spät	1	16	14,29	
71	6	3	chemisch	flach	spät	1	16	42,91	
71	7	3	chemisch	flach	spät	1	15	8,14	
71	8	3	chemisch	flach	spät	1	16	14,82	
74	1	4	chemisch	tief	früh	1	21	290,67	122,8
74	2	4	chemisch	tief	früh	1	19	140,01	
74	3	4	chemisch	tief	früh	3	19	180,78	
74	4	4	chemisch	tief	früh	1	18	58,16	
74	5	4	chemisch	tief	früh	1	18	117,39	
74	6	4	chemisch	tief	früh	2	18	61,55	
74	7	4	chemisch	tief	früh	3	16	50,1	
74	8	4	chemisch	tief	früh	3	17	123,07	
77	1	4	Plasma	tief	früh	2	18	53,91	77,05
77	2	4	Plasma	tief	früh	1	18	55,04	
77	3	4	Plasma	tief	früh	4	18	75,51	
77	4	4	Plasma	tief	früh	3	16	69,65	
77	5	4	Plasma	tief	früh	3	18	64,36	
77	6	4	Plasma	tief	früh	1	19	121,6	
77	7	4	Plasma	tief	früh	1	19	103,81	
77	8	4	Plasma	tief	früh	2			
79	1	4	Plasma	flach	früh	1	18	52,62	103,5
79	2	4	Plasma	flach	früh	1	19	145,66	
79	3	4	Plasma	flach	früh	4	17	62,98	
79	4	4	Plasma	flach	früh	3	19	172,15	
79	5	4	Plasma	flach	früh		19	106,71	
79	6	4	Plasma	flach	früh	1			
79	7	4	Plasma	flach	früh	2	18	78,44	
79	8	4	Plasma	flach	früh	3	18	59,9	
82	1	4	chemisch	flach	früh	2	18	64,66	168,6
82	2	4	chemisch	flach	früh	2	19	84,54	
82	3	4	chemisch	flach	früh	1	19	140,76	
82	4	4	chemisch	flach	früh	3	22	156,76	
82	5	4	chemisch	flach	früh	1	18	79,51	

82	6	4	chemisch	flach	früh	5	19	129,95	
82	7	4	chemisch	flach	früh	1	21	255,85	
82	8	4	chemisch	flach	früh	2	22	181,62	
87	1	4	Plasma	flach	spät	1	17	14,1	19,19
87	2	4	Plasma	flach	spät	1	15	12,13	
87	3	4	Plasma	flach	spät	1	21	8,56	
87	4	4	Plasma	flach	spät	1	16	12,9	
87	5	4	Plasma	flach	spät	1	15	12,64	
87	6	4	Plasma	flach	spät	1	14	5,37	
87	7	4	Plasma	flach	spät	1	15	30,38	
87	8	4	Plasma	flach	spät	1	16	14,58	
89	1	4	Plasma	flach	spät	1	17	10,46	22,77
89	2	4	Plasma	flach	spät	1	16	12,98	
89	3	4	Plasma	flach	spät	1	17	11,75	
89	4	4	Plasma	flach	spät	1	16	9,04	
89	5	4	Plasma	flach	spät	2	18	28,2	
89	6	4	Plasma	flach	spät	2	17	24,27	
89	7	4	Plasma	flach	spät	1	19	28,63	
89	8	4	Plasma	flach	spät	1	17	21,06	
93	1	4	chemisch	tief	spät	1	16	21,76	22,45
93	2	4	chemisch	tief	spät	1	15	23,61	
93	3	4	chemisch	tief	spät	1	14	4,4	
93	4	4	chemisch	tief	spät	1	14	10,1	
93	5	4	chemisch	tief	spät	1	15	23,7	
93	6	4	chemisch	tief	spät	1	17	20,41	
93	7	4	chemisch	tief	spät	1	15	21,24	
93	8	4	chemisch	tief	spät	1	15	15,03	
96	1	4	Plasma	tief	spät	1	17	41,74	27,17
96	2	4	Plasma	tief	spät	1	16	32,42	
96	3	4	Plasma	tief	spät	1	15	8,81	
96	4	4	Plasma	tief	spät	1	14	5,19	
96	5	4	Plasma	tief	spät	1	16	9,74	
96	6	4	Plasma	tief	spät	1	17	40,96	
96	7	4	Plasma	tief	spät	1	16	13,1	
96	8	4	Plasma	tief	spät	1	18	27,55	

E Vorarbeit für den Kruskal-Wallis-Test

Teil 1	Parzelle	Einzel- pflanze	Schaden (%)	Rang	Teil 2	Parzelle	Einzel- pflanze	Schaden (%)	Rang
	55	7	80	1,5		8	6	20	36
	12	7	80	1,5		8	7	20	36
	55	2	60	5,5		37	6	20	36
	55	5	60	5,5		37	8	20	36
	12	8	60	5,5		50	1	20	36
	42	1	60	5,5		50	4	20	36
	42	6	60	5,5		50	7	20	36
	82	6	60	5,5		79	4	20	36
	45	8	40	19		79	8	20	36
	55	6	40	19		6	2	20	36
	77	3	40	19		6	5	20	36
	8	3	40	19		47	2	20	36
	8	5	40	19		47	5	20	36
	37	2	40	19		47	7	20	36
	37	3	40	19		47	8	20	36
	37	5	40	19		59	3	20	36
	37	7	40	19		59	5	20	36
	50	3	40	19		59	6	20	36
	79	3	40	19		59	8	20	36
	6	1	40	19		74	3	20	36
	6	6	40	19		74	7	20	36
	12	1	40	19		74	8	20	36
	12	5	40	19		62	6	20	36
	42	8	40	19		12	2	20	36
	54	3	40	19		12	4	20	36
	54	4	40	19		12	6	20	36
	54	5	40	19		42	3	20	36
	54	6	40	19		42	7	20	36
	54	7	40	19		82	4	20	36
	2	3	20	36		2	5	5	48
	2	6	20	36		2	7	5	48
	45	2	20	36		45	1	5	48
	45	3	20	36		45	4	5	48
	45	5	20	36		77	1	5	48
	45	6	20	36		77	8	5	48
	45	7	20	36		37	4	5	48
	55	4	20	36		50	5	5	48
	77	4	20	36		50	8	5	48
	77	5	20	36		79	7	5	48
	65	7	20	36		89	5	5	48
	8	1	20	36		89	6	5	48
	8	4	20	36		6	3	5	48

Teil 3	Parzelle	Einzel- pflanze	Schaden (%)	Rang
	47	1	5	48
	59	4	5	48
	74	6	5	48
	13	3	5	48
	30	8	5	48
	42	2	5	48
	54	1	5	48
	82	1	5	48
	82	2	5	48
	82	8	5	48
	34	3	5	48
	2	1	0	90
	2	2	0	90
	2	4	0	90
	2	8	0	90
	55	1	0	90
	55	8	0	90
	77	2	0	90
	77	6	0	90
	77	7	0	90
	17	1	0	90
	17	2	0	90
	17	3	0	90
	17	4	0	90
	17	5	0	90
	17	6	0	90
	17	7	0	90
	17	8	0	90
	26	1	0	90
	26	2	0	90
	26	3	0	90
	26	4	0	90
	26	5	0	90
	26	6	0	90
	26	7	0	90
	26	8	0	90
	65	1	0	90
	65	2	0	90
	65	3	0	90
	65	4	0	90
	65	5	0	90
	65	6	0	90

Teil 4	Parzelle	Einzel- pflanze	Schaden (%)	Rang
	65	8	0	90
	96	1	0	90
	96	2	0	90
	96	3	0	90
	96	4	0	90
	96	5	0	90
	96	6	0	90
	96	7	0	90
	96	8	0	90
	8	2	0	90
	37	1	0	90
	50	2	0	90
	50	6	0	90
	79	1	0	90
	79	2	0	90
	79	6	0	90
	22	1	0	90
	22	2	0	90
	22	3	0	90
	22	4	0	90
	22	5	0	90
	22	6	0	90
	22	7	0	90
	22	8	0	90
	32	1	0	90
	32	2	0	90
	32	3	0	90
	32	4	0	90
	32	5	0	90
	32	6	0	90
	32	8	0	90
	68	1	0	90
	68	2	0	90
	68	3	0	90
	68	4	0	90
	68	5	0	90
	68	6	0	90
	68	7	0	90
	87	1	0	90
	87	2	0	90
	87	3	0	90
	87	4	0	90

Teil 5	Parzelle	Einzel- pflanze	Schaden (%)	Rang
	87	5	0	90
	87	6	0	90
	87	7	0	90
	87	8	0	90
	89	1	0	90
	89	2	0	90
	89	3	0	90
	89	4	0	90
	89	7	0	90
	89	8	0	90
	6	4	0	90
	6	7	0	90
	6	8	0	90
	47	3	0	90
	47	4	0	90
	47	6	0	90
	59	1	0	90
	59	2	0	90
	59	7	0	90
	74	1	0	90
	74	2	0	90
	74	4	0	90
	74	5	0	90
	13	1	0	90
	13	2	0	90
	13	4	0	90
	13	5	0	90
	13	6	0	90
	13	7	0	90
	13	8	0	90
	30	1	0	90
	30	2	0	90
	30	3	0	90
	30	4	0	90
	30	5	0	90
	30	6	0	90
	30	7	0	90
	62	1	0	90
	62	2	0	90
	62	3	0	90
	62	4	0	90
	62	5	0	90

Teil 6	Parzelle	Einzel- pflanze	Schaden (%)	Rang
	62	7	0	90
	62	8	0	90
	93	1	0	90
	93	2	0	90
	93	3	0	90
	93	4	0	90
	93	5	0	90
	93	6	0	90
	93	7	0	90
	93	8	0	90
	12	3	0	90
	42	4	0	90
	42	5	0	90
	54	2	0	90
	54	8	0	90
	82	3	0	90
	82	5	0	90
	82	7	0	90
	21	1	0	90
	21	2	0	90
	21	3	0	90
	21	4	0	90
	21	5	0	90
	21	6	0	90
	21	7	0	90
	21	8	0	90
	34	1	0	90
	34	2	0	90
	34	4	0	90
	34	5	0	90
	34	6	0	90
	34	7	0	90
	34	8	0	90
	71	1	0	90
	71	2	0	90
	71	3	0	90
	71	4	0	90
	71	5	0	90
	71	6	0	90
	71	7	0	90
	71	8	0	90

Gesamtanzahl	
N	251

Anzahl in jeweiliger Gruppe	
n_A	31
n_B	32
n_C	30
n_D	30
n_E	32
n_F	32
n_G	32
n_H	32

Rangsumme der jeweiligen Gruppe	
R_A	2637
R_B	5429
R_C	2256
R_D	6413
R_E	3284
R_F	5249
R_G	2284
R_H	4074

R^2/n_A	224315,129
R^2/n_B	921063,7813
R^2/n_C	169651,2
R^2/n_D	1370885,633
R^2/n_E	337020,5
R^2/n_F	861000,0313
R^2/n_G	163020,5
R^2/n_H	518671,125

Gesamtanzahl des jeweiligen Schadens	
t_0	156
t_5	24
t_{20}	42
t_{40}	21
t_{60}	6
t_{80}	2

F Wetterdaten

Quelle: <https://ng.fieldclimate.com/station/0020AE08/data>

Datum	Lufttemperatur [°C]			Niederschlag [mm]
	durchschnittlich	max.	min.	Summe
30.11.20	1,14	1,73	-0,35	0,2
29.11.20	1,84	5	-2,57	0,2
28.11.20	0,86	4,99	-3,32	0,2
27.11.20	2,73	4,79	0,4	0,4
26.11.20	4,78	8,14	2,3	0,2
25.11.20	1,38	2,85	0,46	0
24.11.20	4,42	7,24	1,86	0
23.11.20	5,83	8,59	3,77	0
22.11.20	7,52	9,68	5,46	1,8
21.11.20	4,29	7,37	0,85	0
20.11.20	2,89	6,35	0,13	0
19.11.20	8,17	11,33	2,49	0,2
18.11.20	10,46	11,97	8,52	0
17.11.20	9,91	11,46	7,94	0,8
16.11.20	9,65	11,81	6,67	0,2
15.11.20	10,21	13,45	7,89	0,2
14.11.20	10,14	12,3	7,55	0
13.11.20	7,43	10,42	4,2	0,6
12.11.20	7,26	10,81	4,83	0,4
11.11.20	5,23	6,05	4,56	0
10.11.20	5,01	6,07	4,3	0
09.11.20	5,31	5,98	4,89	0
08.11.20	3,64	5,96	0,16	0,2
07.11.20	7	11,17	1,7	0,2
06.11.20	10,43	11,57	9,45	0
05.11.20	8,08	11,64	4,57	0
04.11.20	7,34	11	4,9	0
03.11.20	9,78	13,03	6,29	0
02.11.20	16,13	18,67	13,13	2
01.11.20	12,6	14,9	10,87	0,6
31.10.20	13,79	17,11	12,42	1

30.10.20	10,86	13,64	5,84	7,8
29.10.20	8,99	11,27	5,97	5
28.10.20	9,67	13,74	7,41	3,6
27.10.20	8,95	9,8	8,31	0
23.10.20	11,29	14,11	9,64	0
22.10.20	15,04	17,89	11,64	2
21.10.20	12,25	15,12	10,49	3
20.10.20	8,05	11,65	3,7	0,8
19.10.20	7,23	11,93	4,16	0
18.10.20	8,14	11,64	5,14	0,2
17.10.20	7,93	12,66	5,8	0
16.10.20	8,95	10,63	7,37	0
15.10.20	8,88	9,54	7,97	0,4
14.10.20	9,65	10,55	9,04	10,2
13.10.20	7,53	13,65	1,76	0,2
12.10.20	8,15	12,22	2,63	0
11.10.20	8,4	11,93	4,29	4
10.10.20	9,53	13,22	5,24	0,4
09.10.20	12,02	15,25	9,22	0,2
08.10.20	12,08	14,31	9,8	11
07.10.20	12,02	15,62	9,52	0
06.10.20	11,21	15,58	7,36	0,6
05.10.20	11,24	16,76	6,18	0
04.10.20	13,29	19,16	6,25	0
03.10.20	15,63	20,28	12,81	0
02.10.20	13,87	15,57	12,24	0,2
01.10.20	13,25	18,03	6,72	0
30.09.20	11,99	19,8	5,5	0
29.09.20	11,12	19,45	5,42	0
28.09.20	12,22	17,68	6,56	0,2
27.09.20	9,92	10,43	9,23	9,6
26.09.20	10,82	17,26	5,38	14,6
25.09.20	11,66	14,92	6,32	20,2
24.09.20	14,31	22,35	6,94	0
23.09.20	15,77	25,38	7,39	0
22.09.20	14,94	25,62	5,04	0
21.09.20	12,82	24,59	3,7	0

20.09.20	12,28	22,45	2,96	0
19.09.20	10,74	20,14	0,68	0
18.09.20	9,92	20,01	1,36	0
17.09.20	11,96	17,38	3,45	0
16.09.20	18,62	27,86	11,87	0
15.09.20	20,39	31,08	10,87	0
14.09.20	18,57	28,09	10,43	0
13.09.20	16,78	23,25	10,56	0
12.09.20	15,98	24,2	6,76	0
11.09.20	14,13	20,27	8,16	0
10.09.20	13,27	19,01	7,73	0
09.09.20	17,46	22,65	12,08	1
08.09.20	16,54	21	12,87	0
07.09.20	13,73	19,15	9,79	1
06.09.20	13,14	18,2	9,13	0
05.09.20	14,47	18,28	12,13	2,6
04.09.20	17,46	21,84	13,74	0,4
03.09.20	16,56	22,07	11,47	2
02.09.20	14,52	19,01	11,25	3
01.09.20	13,24	19,93	4,81	0
31.08.20	15,36	21,42	7,24	0
30.08.20	16,62	23,7	8,59	0
29.08.20	15,85	21,61	10,9	3,4
28.08.20	16,37	20,12	13,64	1,2

G BBCH-Stadien

Datum	früh		spät	
	flach	tief	flach	tief
23.09.20	14/15	13		
28.09.20			11	09/10
01.10.20		14		
05.10.20			12/13	12
16.10.20			13	13
27.10.20	17/18	17	16/17	14/15
09.11.20			17	16
14.12.20				17

9 Eidesstattliche Erklärung

Ich, Julia Edelmann, erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Master-Thesis mit dem Thema „Integrierte Schädlingsbekämpfung im Rapsanbau – alte und neue Maßnahmen zur Kohlfiegenbekämpfung auf dem Prüfstand“ selbstständig und ohne Benutzung anderer als angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher und ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Bad Wilsnack, 08.03.2021

Julia Edelmann