Hochschule Neubrandenburg
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften
Fachgebiet Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz
Prof. Dr. Strehlow
Dipl.-Ing. Möbius

Bachelorthesis

“Integriertes Schädlingsmanagement – alte und neue Maßnahmen zur Rapserdflohkontrolle auf dem Prüfstand“

urn:nbn:de:gbv:519-thesis 2020-0626-5

vorgelegt von
Leon Bülow

Neubrandenburg

25. Februar, 2021

Inhaltsverzeichnis

“Integriertes Schädlingsmanagement – alte und neue Maßnahmen zur Rapserdflohkontrolle auf dem Prüfstand“ I

Inhaltsverzeichnis II

Abbildungsverzeichnis IV

Tabellenverzeichnis VI

Verzeichnis der Abkürzungen VII

1 Einleitung 1

2 Aktueller Stand des Wissens 3

2.1 Das Integrated Pest Management 3

2.2 Die acht Grundsätze des „IPM“ 4

2.2.1 1. Vorbeugende Maßnahmen 4

2.2.2 2. Schaderregerüberwachung 4

2.2.3 3. Schadschwellen 4

2.2.4 4. Anwendung Nicht-chemischer Mittel 5

2.2.5 5. Auswahl zielartenspezifischer Pflanzenschutzmittel 5

2.2.6 6. Reduzierung Mitteleinsatz 5

2.2.7 7. Anti-Resistenzstrategien 5

2.2.8 8. Dokumentation und Erfolgskontrolle 6

2.3 Der Rapserdfloh 6

2.3.1 Morphologie und Vorkommen 6

2.3.2 Biologie und Epidemiologie 7

2.3.3 Schaden und Symptomatik eines Befalls 8

2.4 Derzeitige Empfehlungen und neue Ansätze zur Rapserdflohbekämpfung 9

2.4.1 Bisherige Kontrollempfehlungen 9

2.4.2 Neue Ansätze zur Rapserdflohkontrolle 10

3 Material und Methoden 13

3.1 Der Versuchsstandort 13

3.1.1 Pflanzenbauliche Maßnahmen am Standort 14

3.1.2 Witterungsverlauf am Standort 15

3.2 Allgemeiner Versuchsaufbau 18
3.3 Erfassungsmethoden 18
3.3.1 Erfassung der Zuwanderung der adulten Tiere 18
3.3.2 Bonitur der Vernarbungen/ Larvenanzahl pro Pflanze 19
3.4 Datenaufbereitung 20
4 Darstellung der Ergebnisse 21
4.1 Zusammenhang zwischen der Tagestemperatur und dem Auftreten der Käfer 21
4.2 Räumliche Variabilität des Larvenbesatzes/ Käferzuflugs 23
4.3 Zusammenhang zwischen den Vernarbungen/ Pflanze und der Larvenanzahl/ Pflanze 24
4.4 Zusammenhang zwischen der Trockenmasse der Pflanzen und dem Larvenbefall 25
4.5 Darstellung des zeitlichen Auftretens des Erdflohs und wichtiger Ereignisse auf dem Versuch 26
4.6 Larvenbefall der verschiedenen Faktorkombinationen im Feldversuch 27
4.6.1 Vergleich des Larvenbefalls bei unterschiedlicher Saattiefe 28
4.6.2 Vergleich des Larvenbefalls bei unterschiedlichem Saatzeitpunkte 29
4.6.3 Vergleich des Larvenbefalls bei unterschiedlichen Beizvarianten 30
5 Diskussion 31
5.1 Räumliche Variabilität der Zuwanderung der Käfer 31
5.2 Einfluss der Tagesdurchschnittstemperatur auf den Besiedelungszeitpunkt der Käfer 32
5.3 Mögliche Vereinfachung der Larvenbonitur im Frühjahr 33
5.4 Überprüfung der IPM-Maßnahme: „Etablierung einer optimalen Einzelpflanze“ 34
6 Zusammenfassung 36
7 Literaturverzeichnis 38
A Anhang A-1
..... A-1
Danksagung A-1
Eidesstattliche Erklärung A-2

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: links: Adulter Rapserdfloh (Conrad, 2018); rechts: Rapserdflohlarve in dorsaler Ansicht (Eigene Aufnahme) 6

Abb. 2: Zyklus des Rapserdflohs (Paul, 2012) 8

Abb. 3: links: Schadsymptome des adulten Tieres (Schubiger, 2021); rechts: Larve in Fraßgang (Eigeneaufnahme) 9

Abb. 4: Ausschnitt des Versuchfeldes nahe Hungerstorf (Google LLC, 2021) mit Darstellung des Versuches in der Fläche und Kennzeichnung wichtiger Landschaftsmerkmale; 1= Großer Varchentiner See; 2= Asphaltierter Feldweg westlich der Fläche; 3= Feldwege im Norden und Süden der Gesamtfläche; 4=Weiterer Versuche am Standort südlich (Eigene Bearbeitung) 14

Abb. 5: Klimadiagramme des Standortes Hungerstorf. Dargestellt sind die tägliche Niederschlagssumme (mm), Tagesdurchschnittstemperatur (°C), Tageshöchsttemperatur (°C) und die Tagestiefsttemperatur (°C) für die Monate September, Oktober und November 17

Abb. 6: Charakteristische Vernarbungen und Bohrlöcher der Larven des Rapserdflohs (Psylliodes chrysocephalus) am Blattstiel von Raps (Schubiger, 2021) 20

Abb. 7: Grafische Darstellung der Gelbschalenfänge (links und rechts gemittelt); sowie die durchschnittliche Tagestemperatur je Fangzeitraum 22

Abb. 8: Illustration des Zusammenhangs der durchschnittlichen Tagestemperatut/ Fangzeitraum und den Gelbschalenfängen/ Fangzeitraum; Regression (R^2) = 0,14, Korrelation (R)= 0,38, Signifikanz bei $p \leq 0,05$ 23

Abb. 9: Grafische Darstellung des Zusammenhangs des Mittleren Larvenanzahl/ Pflanze und den mittleren Vernarbungen/ Pflanze auf Parzellenebene; Regression (R^2) = 0,24, Korrelation (R)= 0,49, Signifikanz bei $p \leq 0,05$ 24

Abb. 10: Grafische Darstellung des Zusammenhangs der Mittleren trockenmasse7 Pflanze und der Mittleren Larvenanzahl/ Pflanze auf Parzellenebene; Regression (R^2) = 0,06, Korrelation (R)= 0,24, Signifikanz bei $p \leq 0,05$ 25

Abb. 11: Zeitliche Einordnung der auf dem Versuch stattgefundenen Maßnahmen/ Ereignisse, sowie die zeitliche Darstellung der gemittelten Gelbschalenfänge 26

Abb. 12: Vergleich der Larvenanzahl/ Pflanze bei unterschiedlicher Saattiefe, bei gleicher Beizung und Saatzeit; signifikante Unterschiede zwischen den Parzellen wurden mit ** gekennzeichnet; Mann-Whitney-U-Test, p ≤ 0,05; Durchschnittliche Standardabweichung: 1,57 28

Abb. 13: Vergleich der Larvenanzahl/ Pflanze bei unterschiedlicher Saatzeit, bei gleicher Beizung und Saattiefe; signifikante Unterschiede zwischen den Parzellen wurden mit ** gekennzeichnet; Mann-Whitney-U-Test, p ≤ 0,05; Durchschnittliche Standardabweichung: 1,57 29

Abb. 14: Vergleich der Larvenanzahl/ Pflanze bei unterschiedlicher Saatgutvorbehandlung, bei gleicher Saattiefe und Saatzeit; signifikante Unterschiede zwischen den Parzellen wurden mit ** gekennzeichnet; Mann-Whitney-U-Test, p ≤ 0,05; Durchschnittliche Standardabweichung: 1,57 30

Abb. 15: Schematische Darstellung des Versuchaufbaus. Parzellengröße 9x3 (LxB) = 27m² A-1

Abb. 16: Darstellung der räumlichen Variabilität der Larvenanzahl/ Pflanze auf Parzellenebene gemittelt A-1

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Pflanzenbauliche Maßnahmen zwischen dem Zeitraum der Bodenbearbeitung am 21.08.2020 und der Probenahme am 30.11.2020 15

Tab. 2: Tabellarische Übersicht der Gelbschalenfänge (links, rechts), sowie die durchschnittliche Tagestemperatur je Fangzeitraum 21

Tab. 3: Parzellen des Feldversuches und deren Mittlere Larvenanzahl/ Pflanze, sowie die gerundeten Mittelwerte mit der Einfärbung nach Befallsskala.....23

Tab. 4: Übersicht der erfassten Daten der acht verschiedenen Parzellenkombinationen hinsichtlich der Anbaufaktoren. Erfasst wurden die Vernarbungen/ Pflanze, die Larvenanzahl/ Pflanze, Befallshäufigkeit/ Parzelle, die Trockenmasse (jeweils Mittelwert der vier Wdh. pro Kombination gebildet) und die Anzahl untersuchter Pflanzen.....27

Tab. 5: Klimatabelle des Standortes Hungerstorf. Dargestellt sind die tägliche Niederschlagssumme (mm), Tagesdurchschnittstemperatur (°C), Tageshöchsttemperatur (°C) und die Tagestiefsttemperatur (°C) für die Monate September, Oktober und November A-1

Verzeichnis der Abkürzungen

BBCH	Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien beim Raps
EU	Europäische Union
e.V.	eingetragener Verein
H-Wert	Ergebnis des H-Test/ Kruskal-Wallis-Test
INP-Greifswald	Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V.
IPM	Integrated Pest Management
p-Wert	Errechneter Wert eines Hypothesentests
R	Korrelationskoeffizient
R^2	Bestimmtheitsmaß

1 Einleitung

Nach dem starken Einbruch der Rapsanbaufläche im Dürrejahr 2018, erfolgt zum Erntejahr 2021 eine deutliche Erhöhung des Anbaus. Nach einer Prognose der Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. wird die Rapsfläche bei etwa eine Million Hektar liegen (Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP), 2020). Diese Zahl bestätigt, dass der Winterraps (Brassica napus) weiterhin einer der wichtigsten Kulturen und auch wichtigste Ölpflanze in der deutschen Landwirtschaft ist. Das aus den Rapssamen gewonnene Öl spielt eine elementare Rolle, sowohl in der menschlichen Ernährung, als auch in der industriellen Verwertung. Aber auch als nachwachsender Rohstoff hat der Raps an Bedeutung gewonnen. Ackerbaulich gesehen lockert er, die von Getreide dominierten Fruchtfolgen, als Blattfrucht auf und durchbricht so die Krankheitszyklen zwischen den Getreidearten. Durch seine Pfahlwurzel hinterlässt er einen tief gelockerten Boden, was zu einer Ausdehnung der konservierend bearbeiteten Fläche in Deutschland führte. Diese Punkte summiert, machen den Raps so attraktiv im Anbau (Christen & Friedt, 2011). Diese Attraktivität von wirtschaftlicher und auch ökologischer Seite her macht die Kultur so beliebt bei den Landwirten. Besonders in Mecklenburg-Vorpommern, wo der Rapsanbau etwa 173.000 ha (12,9% der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche) ausmacht. Somit steht der Raps nach Fläche gerechnet an zweiter Stelle der angebauten Kulturen in MV (Statistische Amt Mecklenburg-Vorpommern, 2020). Doch dieses hohe regionale und zeitlich eng beieinander liegende Anbauvolumen hat auch negative Seiten. Als eine große Problematik ist hier die starke Vermehrung von verschiedensten Rapsschädlingen zu nennen.

Einer der wichtigsten Schädlinge im Winterraps ist der Große Rapserdfloh (Psylliodes chrysocephala L.). Der adulte Käfer schädigt im Herbst die gerade aufgelaufenen Pflanzen durch seinen Lochfraß an den Blättern. Der weitaus größere Schaden wird allerdings von den noch im Herbst schlüpfenden Larven verursacht. Sie minieren von Oktober bis Mai in den Blattstielen. Diese ausgedehnten Fraßgänge verursachen zum Beispiel vermindertes Wachstum und können auch bis zum völligen Absterben der Rapspflanzen führen. In die Bohrlöcher der Larven können verschiedene Krankheitserreger und Wasser eindringen. Das Wasser kann im Winter unter Frosteinwirkung ebenfalls zu erheblichen Schäden führen (Christen & Friedt, 2011). Aufgrund dieser Fakten ist eine Bekämpfung des Erdflohs sehr wichtig. Durch das Verbot einer neonikotinoiden Beizung im Jahr 2013 besitzt der Raps dementsprechend keinen insektiziden Schutz nach dem Auflaufen im Herbst mehr (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2021). Daraus hervorgehend hat der Rapserdfloh natürlich noch stärker an Bedeutung und Bekämpfungswürdigkeit gewonnen. Die einzige derzeitige Möglichkeit den Erdfloh chemisch direkt zu bekämpfen, sind Pflanzenschutzmittel der Wirkstoffgruppe der Pyrethroide.

Allerdings besteht hier das Problem einer immer wieder auftretenden Resistenz der Erdflöhe gegenüber dem Wirkstoff (Zimmer, et al., 2014). Aufgrund dessen ist es besonders wichtig die Bekämpfung möglichst an einer Schadschwelle orientiert durchzuführen. Demzufolge am effizientesten, nach den Grundsätzen des Integrated Pest Management.

Das Ziel dieser Arbeit soll es zum einen sein, dem Leser einen wissenschaftlichen Überblick zum Integrated Pest Management zu geben. So sollen weiterhin wichtige Kenntnisse hinsichtlich der Biologie, der Morphologie und zu einem möglichen Schaden, hervorgerufen durch den Rapserdfloh, dem Leser dargestellt werden. In einem weiteren Punkt werden diese beiden vorangegangenen Abschnitte aufgefasst und einmal die bisherigen IPM-Strategien gegen den Rapserdfloh vorgestellt. Im darauffolgenden Absatz sollen neue Verfahren und Strategien, mit denen sich die Wissenschaft derzeit auseinandersetzt, vorgestellt werden.

Im zweiten großen Bereich der Arbeit erfolgt die Auswertung eines phytopathologischen Versuches. Mithilfe der hier gewonnenen Daten sollen verschiedene Hypothesen bezüglich der bisherigen IPM-Maßnahmen untersucht werden. Da das Klima zukünftig immer wärmer wird und Wetterereignisse und Temperaturen immer unregelmäßiger und extremer auftreten, soll die Reaktion des Erdflohs darauf untersucht werden. Hier soll der Fokus auf die Zuwanderung in den Bestand gelegt werden. Anschließend daran soll eine Aussage über die zeitliche und räumliche Variabilität des Zufluges der Käfer getroffen werden. Weiterhin wird die Möglichkeit einer Vereinfachung, der im Frühjahr empfohlenen Larvenbonitur, diskutiert. Zum Abschluss soll die am meisten empfohlenen Maßnahme im Bereich des IPM bezüglich des Rapserdflohs untersucht werden. Dort ist die Rede von der Etablierung der optimalen Einzelpflanze. Diese soll zwar stärker befallen sein, sowohl mit Käfern als auch mit Larven, aber diesen Befall besser verkraften können. In dieser Arbeit wird dabei ausschließlich auf die Larvenanzahl eingegangen. Auch wird die Frage diskutiert, ob es in Zukunft nicht das Ziel sein sollte, das Auflaufen des Rapses terminlich vom Zuflug der Jungkäfer zu trennen. Abschließend soll eine Prognose abgegeben werden, ob in naher Zukunft eine Überarbeitung der IPM-Maßnahmen erfolgen sollte.

2 Aktueller Stand des Wissens

In dem nachfolgenden Kapitel der Arbeit soll dem Leser ein Überblick über das Integrated Pest Management -System, den Schaderreger Rapserdfloh, sowie die bisherigen und auch neuen Ansätze, welche die Kontrolle und Bekämpfung des Erdflohs betreffen, verschafft werden.

2.1 Das Integrated Pest Management

Die sich immer weiter verschärfende Situation des chemischen oder synthetischen Pflanzenschutzes erfordert ein Umdenken in der Landwirtschaft. Einerseits von der Gesellschaft stark kritisiert. Aber andererseits auch wegfallende Pflanzenschutzmittel, die geringere Neuzulassung von Mitteln in der EU oder aber auch die stets steigende Resistenzsituation von Unkräutern, Ungräsern und Schädlingen, verschlechtern die Situation weiter. Es musste eine neue Strategie zur Kontrolle dieser Schadfaktoren her. Verschiedene Ansätze wurden dabei diskutiert. Auch über eine Veränderung der stark vereinfachten und mittlerweile auf chemische Pflanzenschutzmittel angewiesenen Anbausysteme wird diskutiert. Als eine mögliche Lösung wurde im Jahre 2009 seitens der Europäischen Union das Integrated-Pest-Management (direkte deutsche Übersetzung: Integriertes Schädlingsmanagement) vorgestellt. Die Grundsätze dieses Systems werden in der EU-Richtlinie 2009/128/EG im Anhang drei beschrieben und müssen seit 2014 eingehalten werden. Von dieser Rahmenrichtlinie erfolgt eine klare Definition des IPM-Systems. Die Definition des Europäischen Parlamentes und Rates lautet wie folgt: „Integrierter Pflanzenschutz“ die sorgfältige Abwägung aller verfügbaren Pflanzenschutzmethoden und die anschließende Einbindung geeigneter Maßnahmen, die der Entstehung von Populationen von Schadorganismen entgegenwirken und die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln und anderen Abwehr- und Bekämpfungsmethoden auf einem Niveau halten, das wirtschaftlich und ökologisch vertretbar ist und Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt reduziert oder minimiert. Der integrierte Pflanzenschutz stellt [*sic*] auf das Wachstum gesunder Nutzpflanzen bei möglichst geringer Störung der landwirtschaftlichen Ökosysteme ab und fördert natürliche Mechanismen zur Bekämpfung von Schädlingen“ (Europäisches Parlament und Europäischer Rat, 2009). In dieser Definition erfolgt seitens der EU die Übersetzung des „Integrated Pest Managements“ in die deutsche Bezeichnung des „Integrierten Pflanzenschutzes“ (IPS). Da diese verschiedenen Begriffe doch sehr verwirrend sind und doch irgendwie zusammengehören, wird im weiteren Verlauf der Arbeit nur noch auf die Begriffe „Integriertes Schädlingsmanagement“ oder die englische Bezeichnung „Integrated Pest Management“ (IPM) zurückgegriffen. Dies erfolgt aus dem Grund, dass der Titel der Arbeit nicht auf die EU präferierte Übersetzung zurückgreift, sondern auf die direkte deutsche Übersetzung. Außerdem handelt diese Arbeit direkt von einem tierischen Schädling.

In Deutschland wird das IPM im Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) vom 6. Februar 2012 in Abschnitt 2, §3, geregelt und mithilfe dieses Gesetzes durchgesetzt (Hallmann & von Thiedemann, 2019). Außerdem beinhaltet die Richtlinie, dass alle Mitgliedsstaaten eine eigene nationale Strategie entwickeln sollen. Diese nationalen Aktionspläne sollen einerseits die Umsetzung der acht Grundsätze des IPM sicherstellen und andererseits kann so die Richtlinie auf die länderspezifischen Bedürfnisse angepasst werden

2.2 Die acht Grundsätze des „IPM“

In diesem Unterpunkt werden die acht Grundsätze des Integrierten Schädlingsmanagements im Allgemeinen dargestellt und erläutert.

2.2.1 1. Vorbeugende Maßnahmen

Der erste Grundsatz folgt ganz dem Motto „Prävention ist besser als Heilung“. Unter diesem Prinzip sind viele verschiedene Instrumente vereint, die bereits vor oder auch bei der Aussaat der eigentlichen Kultur, durchgeführt werden können. Je nach Schädling kann und soll bereits mit diesen Stellschrauben ein Befall verhindert bzw. reduziert werden. Einige wichtige Instrumente sind: die Fruchtfolgegestaltung, die Standortwahl, die Bodenbearbeitung, sowie alle Parameter die die Aussaat betreffen. Gerade die räumliche und zeitliche Fruchtfolgegestaltung ist das effektivste Mittel der hier genannten Maßnahmen. Eine große Rolle kommt der Gestaltung der Fruchtfolge schon heute im ökologischen Landbau zu, wo eine weite Fruchtfolgestellungen der einzelnen Kulturen, die synthetischen Pflanzenschutzmittel ersetzen muss (vgl. Barzman, et al., 2015).

2.2.2 2. Schaderregerüberwachung

Ein weiterer wichtiger Schritt, weg von einer rein auf chemische Mittel ausgelegten Pflanzenschutzstrategie, ist die Überwachung von den einzelnen Schadorganismen. Dazu ist es notwendig verschiedene Methoden anzuwenden. Ein wichtiges Instrument ist die Beobachtung/ Bonitur vor Ort in den Schlägen. Aus diesen Bonituren können dann durch verschiedene wissenschaftliche Institutionen Frühdiagnosen, Warnsysteme und Voraussagen für ein bestimmten Aufkommen der einzelnen Schaderreger entwickelt werden. Diese Systeme sollen den Landwirten eine gezieltere Anwendung der Pflanzenschutzmittel ermöglichen.

2.2.3 3. Schadschwellen

Auf den zuvor beschriebenen zweiten Grundsatz aufbauend, folgt mit dem Schadschwellen-Grundsatz der dritte. Aus der Überwachung der Schädlinge heraus, können solch wissenschaftliche begründete Schwellenwerte je nach Region, Kultur und klimatische Bedingungen bestimmt werden. Auf Grundlage dieser, soll der Anwender in der Entscheidungsfindung unterstützt werden und ihm auch der richtige Zeitpunkt an die Hand gegeben werden.

Allerdings beweist das System bei der Ungras-Problematik noch einige Schwächen. Hier liegen die Probleme bei dem nicht flächendeckenden und dem meist mit anderen Arten zusammenhängenden Auftreten, sowie dem durchaus möglichem wiederholten Auflaufen aus der Samenbank des Bodens. (vgl. Barzman, et al., 2015). Mithilfe dieser verschiedenen Systeme muss eine Entscheidung über eine mögliche Behandlung getroffen werden. Seine Stärken beweist das Schwellenwertsystem vor allem bei der Schadinsektenkontrolle.

2.2.4 4. Anwendung Nicht-chemischer Mittel

Neben dem chemischen Pflanzenschutz, bieten sich noch die nachhaltigeren biologischen und physikalischen Varianten an. Diese sind nach dem Grundsatzgedanken des integrierten Pflanzenschutzes stets einer chemischen Behandlung vorzuziehen, wenn ein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt werden kann.

2.2.5 5. Auswahl zielartenspezifischer Pflanzenschutzmittel

Sind diese Methoden, welche unter den vierten Grundsatz des IPM fallen, nicht anwendbar, folgt der Einsatz des chemischen Pflanzenschutzes. Der Einsatz soll nach dem fünften Grundsatz der EU-Richtlinie möglichst zielartenspezifisch sein. Weiterhin wird großer Wert darauf gelegt, dass durch die chemische Behandlung der Flächen sehr geringe Nebenwirkungen auf die Umwelt und andere Organismen erfolgen. Auch die menschliche Gesundheit darf durch den Mitteleinsatz nicht gefährdet werden.

2.2.6 6. Reduzierung Mitteleinsatz

Unter den Punkten sechs und sieben wird weiter auf den chemischen Mitteleinsatz eingegangen und weitere Vorgaben für den Anwender gegeben. So soll die Anwendung immer auf das notwendige Maß begrenzt werden. Hier werden als Beispiele eine angepasste Aufwandmenge oder eine teilflächenspezifische Anwendung genannt. Dennoch soll gerade bei erforderlicher mehrfacher Anwendung eines Mittels, auf die Resistenzbildung der Organismen Achtsamkeit gelegt werden. Das soll sicherstellen, dass die wenigen verfügbaren Mittel auch in Zukunft noch wirksam bleiben.

2.2.7 7. Anti-Resistenzstrategien

Gerade die Resistenzsituation bei den Schadinsekten hat maßgeblich dazu beigetragen die Strategien und Richtlinien des Integrated Pest Managements zu entwickeln. Wichtig ist auch unter diesem Punkt zu nennen: Eine Änderung der Anbausysteme, könnte ein probates Mittel sein. Die weit verbreitete Meinung zum Thema Schädlingsresistenzen betrifft zumeist die Intensivierung und Vereinfachung der Anbausysteme. Womit man unweigerlich wieder zurück auf die unter Grundsatz eins genannten Vorbeugenden Maßnahmen zu sprechen kommt.

Eine Antiresistenzstrategie, die seitens der EU als Beispiel gegeben wird, ist es z.B. unterschiedliche Wirkstoffe einzusetzen, die eventuell auch verschiedene Wirkmechanismen aufweisen (Europäisches Parlament und Europäischer Rat, 2009).

2.2.8 8. Dokumentation und Erfolgskontrolle

Der achte und letzte Punkt der IPM-Richtlinien ist die Dokumentation und Auswertung sämtlicher Pflanzenschutzmaßnahmen. Die wichtigste Aufgabe des Landwirtes nach dieser Richtlinie ist es, den Erfolg seiner Kontrollmaßnahmen zu erfassen. Ein probates Mittel zur Erfolgskontrolle, kann das Anlegen von Spritzfenstern sein. Anhand dieser unbehandelten Teilflächen kann der Anwender den Behandlungserfolg feststellen (vgl. Bartels, et al., 2020). Die Meinung darüber, was denn den Erfolg einer Maßnahme beschreibt, geht jedoch weit auseinander. Für die meisten Landwirte sind zwei Kriterien entscheidend: der Ertrag und die Sauberkeit auf dem Feld. Der Erfolg einzelner IPM - Strategien zeigt sich wahrscheinlich erst über mehrere Jahre. Deshalb sollte die Kontrolle auch mehrjährig und über alle Kulturen einer Fruchtfolge erfolgen (Barzman, et al., 2015).

2.3 Der Rapserdfloh

Nach der Erläuterung des Integrated Pest Management und dessen Grundsätze, folgt nun ein kurzer Literaturüberblick über die Biologie und Ökologie des Rapserdflohs. Auch die Schäden, welche durch den Erdfloh hervorgerufen werden können, werden hier erläutert.

2.3.1 Morphologie und Vorkommen

Die Körperform des Rapserdflohs (Psylliodes chrysocephalus (L.)) wird als länglich eiförmig beschrieben. Die Käfer können eine Größe von etwa 3 bis 4,5 mm erreichen. Eines der wohl charakteristischen Merkmale des Rapserdflohs sind seine zu Sprungbeinen umgeformten Schenkel an den Hinterbeinen.

Abb. 1: links: Adulter Rapserdfloh (Conrad, 2018); rechts: Rapserdflohlarve in dorsaler Ansicht (Eigene Aufnahme)

Ein weiteres Erkennungsmal sind seine schwarzblau bis grünlich-blau gefärbten Flügeldecken und das ebenso gefärbte käfertypische Halsschild **(Abb. 1)**. Die Flügeldecken weisen außerdem feine Punktstreifen auf. Seine Sprungbeine sind meist ebenso dunkel gefärbt. Wohingegen die restlichen Glieder meist einen hellen rötlichen Ton aufweisen. Sein Vorderkopf ist gelbrot, wodurch man ihn von den anderen Vertretern der Erdflöhe klar unterscheiden kann (Martinez, 2014). Die Larven schlüpfen aus ovalen, gelblichen Eiern. Die Larve durchläuft drei Stadien. In ihrem maximalen Stadium können die Larven des Rapserdflohs bis zu sieben Millimeter groß werden. Ihre äußere Gestalt ist länglich gestreckt, dazu besitzt sie drei Beinpaare. Außerdem ist sie in einem schmutzigen weiß gefärbt. Die Kopfkappe und auch das Analschild mit zwei Dornen sind jedoch dunkelbraun gefärbt **(Abb. 1)**. Haben die Larven die letzte Wachstumsstufe erreicht, wandern sie in den Boden ab und beginnen dort mit der Verpuppung (Conrad, 2018).

Der Rapserdfloh kommt in so gut wie allen Anbaulagen vor, wo auch Raps angebaut wird. Deshalb ist er vor allem in Mitteleuropa einer der bedeutendsten Schädlinge im Rapsanbau. Zu seinen Wirtspflanzen gehören außer dem Winterraps, noch andere Kruziferen welche überwintern können. Dazu zählen zum Beispiel der Ackersenf, Hirtentäschelkraut und Hederich (Paul, 2012).

2.3.2 Biologie und Epidemiologie

Der Generationszyklus des Erdflohs beginnt im Juni/ Juli mit dem Schlüpfen der Käfer. Der junge Käfer frisst noch ein wenig an den Blättern und Schoten der kurz vor der Reife stehenden Rapsbestände. Anschließend begibt er sich zur Sommerruhe in kühle, schattig-feuchte Plätze zum Beispiel in Hecken und Büschen an den Feldrändern. Diese Ruhephase können die Käfer nur aufgrund ihres hohen Hungervermögens durchstehen. Dieses beträgt bei möglicher Wasserzufuhr zwischen 30 bis 40 Tagen (maximal 56 d) (Godan, 1951). Zu Ende August bzw. Anfang September verlassen die Rapserdflöhe die Sommerlager und begeben sich in die neuen, jungen Rapsbestände. Unterschiedliche Temperaturen und Niederschlagsereignisse üben dabei kaum Einfluss auf das Zuflugverhalten aus (Schulz & Daebeler, 1984). Dort beginnen sie mit dem Reifungsfraß. Im Bestand bewegen sich die Erdflöhe meistens springend fort. Nach etwa zwei Wochen beginnt das Weibchen mit der Eiablage. Die witterungsbedingte Eiablage erfolgt in den Boden, nahe an den Rapspflanzen, in ein bis zwei Zentimeter Tiefe. Von einigen Weibchen erfolgt auch noch im Frühjahr eine Eiablage. Bis zum Dezember werden meistens 100 Eier abgelegt. Bei einem milden Winter (Temperaturen über vier Grad Celsius) können allerdings auch mehr Eier gelegt werden. Herrschen niedrigere Temperaturen vor, so beginnt die zweite Eiablage erst wieder bei konstanteren Temperaturen, Ende März bis Anfang April. So können von einem einzelnen Weibchen durchschnittlich insgesamt 280 Eier und maximal etwa 470 Eier gelegt werden.

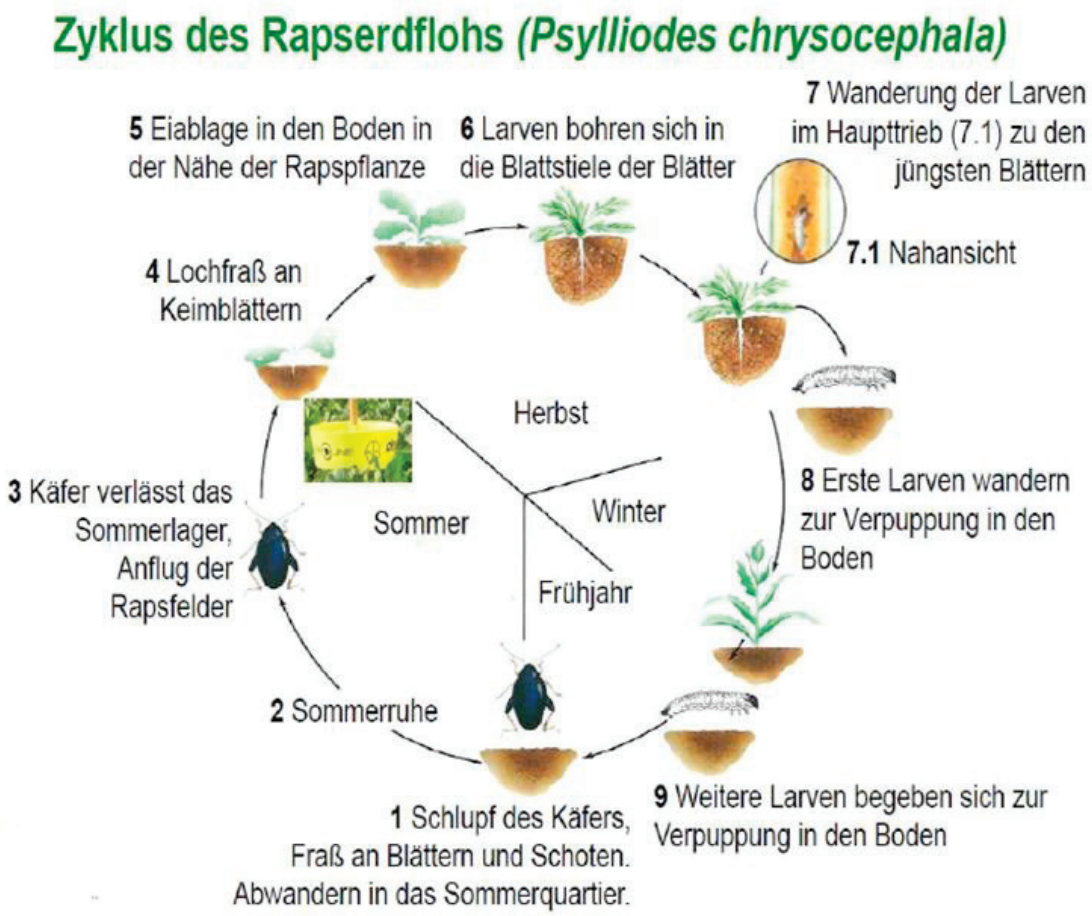

Abb. 2: Zyklus des Rapserdflohs (Paul, 2012)

Wichtig für die Entwicklung der Eier bzw. der darin befindlichen Larven, ist neben der nötigen Temperatur von über vier Grad Celsius und in Summe 200°d, auch Feuchtigkeit. Für den Schlupf benötigen die Larven genügend verfügbares, flüssiges, tropfbares Wasser. Fehlt dieses Wasser, sinkt die Schlupfrate erheblich (Schulz, 1985). Sind die Larven geschlüpft, so bohren sie sich in die Stiele der jungen Rapspflanzen. In milden Wintern können sie sich bis in den Spross vorarbeiten und dazu auch das letzte Larvenstadium erreichen. Diese bereits ausgewachsenen Larven verlassen dann schon vor dem Winter die Pflanze, um sich im Boden zu Verpuppen. Die meisten Larven erreichen dieses Stadium jedoch erst im April/ Mai (Paul, 2012). Im Frühsommer schlüpfen aus den Puppen schließlich die Jungkäfer, welche sich nach einem kurzen Reifungsfraß in die Sommerlager begeben. So beginnt der Lebenszyklus von neuem **(Abb. 2)**.

2.3.3 Schaden und Symptomatik eines Befalls

Bei den Schadbildern die durch den Erdfloh verursacht werden können, muss zwischen dem Schadbild der Larve und die des Käfers unterschieden werden. Der adulte Käfer beginnt kurz nach der Einwanderung in die Bestände mit einem Reifungsfraß. Die Schäden äußern sich in rundliche Löcher an den Keimblättern und Laubblättern. Allerdings bleiben die untere, sowie obere Epidermis erhalten.

Deshalb werden diese Fraßschäden auch Fensterfraß genannt **(Abb. 3)**. In Jahren mit milden Witterungsverläufen und schwach entwickelten Pflanzen können auch durch den adulten Käfer Pflanzenverluste erzeugt werden. Der weitaus größere Schaden entsteht jedoch durch die Larven. Sie dringen durch Bohr- und Minenfraß in die Blattstiele der Rapspflanzen ein. Zuerst werden die äußeren Blätter befallen. Mit zunehmender Miniertätigkeit arbeiten sich die Larven immer weiter zum Vegetationspunkt vor.

Abb. 3: links: Schadsymptome des adulten Tieres (Schubiger, 2021); rechts: Larve in Fraßgang (Eigeneaufnahme)

Dieser kann durch die Fraßtätigkeit beschädigt werden. Ein starker Befall kann zum Beispiel zu Auswinterungschäden führen, da durch die Bohrlöcher der Larven, Wasser in die Pflanzen eindringt. Andererseits können durch die Bohrlöcher auch andere pilzliche Pathogene in die Pflanze eindringen und zu Pflanzenverlusten führen. Der größte Schaden entwickelt sich, wenn die Larven es schaffen in den Vegetationskegel vorzudringen und dort zu minieren. Die Folgen sind im besten Fall besenartiger Wuchs und im schlechtesten Fall ein Absterben der Pflanze.

2.4 Derzeitige Empfehlungen und neue Ansätze zur Rapserdflohbekämpfung

In diesem Unterpunkt der Arbeit wird dem Leser ein Überblick der bisherigen Kontrollmaßnahmen gegen den Rapserdfloh gegeben werden. Weiterhin werden an dieser Stelle ein paar mögliche neue Maßnahmen vorgestellt werden, die eventuell zukünftig eine größere Rolle spielen könnten und derzeit von der Wissenschaft dahingehend untersucht werden.

2.4.1 Bisherige Kontrollempfehlungen

Die derzeit empfohlenen Maßnahmen betreffen vor allem Vorbeugende Maßnahmen des Integrated Pest Managements, bezogen auf den Rapserdfloh. Im Fokus liegt hier die eine kräftig entwickelte Einzelpflanze, da diese einen höheren Larvenbefall tolerieren kann. Eine frühe Aussaat und dazu geringere Saatstärken führen zu kräftigeren Pflanzen.

Eine weitere Maßnahme, welche noch vor der Aussaat erfolgen kann, ist der Verzicht auf den Pflug und somit die Anwendung des Mulchsaat-Prinzips. Zum einen wird der Befallsdruck vermindert, zum anderen werden natürliche Gegenspieler des Erdflohs gefördert. Zu den natürlichen Feinden zählen verschiedene Schlupfwespenarten und Laufkäfer. Auf betrieblicher Ebene kann durch die weite räumliche Trennung der neu angelegten Rapsschläge auch ein wandern der Käfer von Fläche zu Fläche und der allgemeine Anflug reduziert werden, da der Erdfloh nur geringe Distanzen zurücklegt. Die weiteren Kontrollmechanismen greifen nach dem Auflaufen der Pflanzen. Eine Behandlung wird auf der Grundlage eines Schadschwellensystems empfohlen. Damit die Richtwerte erfasst werden können, sind Bonituren des Bestandes unerlässlich. Ein weiteres Hilfsmittel stellt die Gelbschale da, welche zum Beginn des Auflaufens an den Rand der Schläge aufgestellt und wöchentlich kontrolliert wird. Das Schadschwellensystem für die Rapserdflohkontrolle ist mehrstufig und ändert sich mit dem Pflanzenwachstum und der dementsprechenden Entwicklung des Käfers bzw. der Larven. Zu Beginn, also vom Auflaufen bis zum vier-Blatt-Stadium (BBCH 09-14), liegt der Fokus auf dem Lochfraß der adulten Käfer. Bei dem Erreichen von zehn Prozent zerstörter Blattfläche ist der Bekämpfungsrichtwert erreicht. Wichtig hierbei ist es allerdings eine Verwechslung vom Lochfraß der Käfer mit dem ähnlichen Schneckenfraß auszuschließen. Der nächste Richtwert wird während des vier-Blatt- bis zum sechs-Blatt-Stadium angewandt und betrifft die Käferanzahl in den Gelbschalen. Werden innerhalb von drei Wochen 50 Käfer in der Gelbschale gezählt, wird die Schadschwelle erreicht und der Bestand ist behandlungswürdig. Auf der nächsten Stufe der Bekämpfungsrichtwerte werden die Larven pro Pflanze begutachtet. Die Bonitur sollte ab Ende Oktober bis Anfang November und im darauffolgenden Frühjahr erfolgen. In einem schwach entwickelten Rapsbestand reichen 3 Larven aus um die Bekämpfungsschwelle zu erreichen. In einem der Jahreszeit entsprechenden, normal entwickelten Bestand, liegt der Richtwert bei 5 Larven. Die einzig noch zugelassene direkte chemische Bekämpfung, kann mit einem Insektizid der Wirkstoffgruppe der Pyrethroide durchgeführt werden. Allerdings kann es nach einer Behandlung mit dem Mittel zu einer Resistenzentwicklung kommen, die in der Vergangenheit auch schon aufgetreten ist.

2.4.2 Neue Ansätze zur Rapserdflohkontrolle

Aufgrund dieser Resistenzproblematik und einer geringen Wahrscheinlichkeit, dass es in Zukunft zu Neuzulassungen im Bereich der Insektizide kommt, müssen neue Strategien entwickelt werden. Eine weitere wichtige Rolle beim Schädlingsaufkommen wird, dass sich verändernde Klima spielen. Der derzeitige Fokus der Wissenschaft liegt dabei auf verschiedenen nichtchemischen Maßnahmen, die bei ihrer Kombination ebenfalls eine hohe Reduzierung des Befalls, ähnlich einer chemischen Applikation, erreichen könnten. Der erste Ansatz der erläutert wird, ist zugleich auch die unkonventionellste. Auch in Großbritannien treten beim Rapsanbau immer größere Schäden durch den Rapserdfloh auf.

Demzufolge wird auch dort mit großem Interesse nach neuen Bekämpfungsstrategien gesucht. Zur Bekämpfung der Larven des Erdflohs wurde eine Entblätterung/ Beweidung des Rapses während des Winters in Erwägung gezogen. Der Versuch erfolgte dreigeteilt an unterschiedlichen Terminen. Einmal im Dezember, einmal im Januar und der letzte Versuch im März. Wichtig ist das das Entblättern, oder in diesem Fall, das Mähen der Bestände vor dem Einsetzen des Längenwachstums erfolgt, nur dann soll das Entblättern kaum Einfluss auf den Kornertrag haben. Zwei Wochen nach der letzten Behandlung wurden die Pflanzen auf Larven untersucht. Das Ergebnis war eine Reduzierung der Larven. In der Dezembervariante konnte eine Reduzierung um 31%, in der Januarvariante um 42% und in der Märzvariante um 55% erreicht werden. Die Ertragsunterschiede der Parzellen wurden als nicht signifikant eingestuft und lagen am höchsten in der Dezemberparzelle bei 1,8 t/ha und am niedrigsten in der Märzparzelle bei 1,4 t/ha. Der insgesamt so niedrige Ertrag lag an einem hohen Tauben- und adulten Rapserdflohbefall. Dieser Versuch zeigte, dass das Beweiden oder Mähen des Rapses eine neue Bekämpfungsstrategie gegen die Larven darstellen kann (vgl. White, et al., 2018).

Ein weiterer neuer Ansatz ist die Kontrolle des Erdflohs durch Begleitkulturen, Mischsaaten und/ oder Fangpflanzen. In der Schweiz liefen dazu bereits verschiedene Versuche. Im Rahmen dieses Versuches des Schweizer Forschungsinstitutes Agroscope, wurden zwei verschiedene Begleitsaatmischungen getestet. Eine Mischung enthält Alexandrinerklee und Ramtillkraut. Die andere Begleitsaat bestand aus Buchweizen, Linse, Wicke, Platterbse und Ackerbohne. Der Versuch ergab, unabhängig der Mischung, eine Reduzierung der adulten Erdflöhe. Es wurde vermutet, dass diese Reduzierung durch die Verwirrung, sowohl geruchlich als auch visuell, der adulten Tiere entstanden ist. Allerdings wird durch diese Methode nicht die Anzahl der Larven/ Pflanze reduziert. Da von diesen der Hauptschaden ausgeht, wird in Zukunft noch mit anderen Begleitsaaten getestet. Zum Beispiel Untersaaten welche weniger frostempfindlich sind, um die Erdflöhe länger von ihren eigentlichen Zielpflanzen abzulenken und so auch die Larvenzahl zu reduzieren. Weiterhin könnte man die Forschung auch auf die Wirkung von Ackerbohnen und Blühstreifen konzentrieren. So würde man verschiedene Nützlinge fördern, welche dann wiederrum sich von dem Rapserdfloh und seinen Nachkommen ernähren können und so noch eine andere Bekämpfungsstrategie darstellt (vgl. Breitenmoser, et al., 2020).

Die nächste neue Kontrollmaßnahme setzt genau an dieser Stelle an. Die Förderung bzw. der Einsatz von Nützlingen/ Parasiten zur Bekämpfung des Rapserdflohs. Eine Möglichkeit stellt die Nutzung einer Schlupfwespenart dar. In Großbritannien wurde eine vielversprechende Art gefunden, welche den adulten Rapserdfloh parasitiert. Das Forschungsteam um Jordan et.al. (2020) identifizierte die parasitoide Wespe Microtonus brassicae. Die Untersuchung umfasste den Parasitismus, die Eiablage der Wespe und die Parasitismusrate unter Laborbedingungen. Es konnten erste zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden.

Die Parasitierungsrate betrug unter Laborbedingungen bei 44% und deutet auf positive Ergebnisse unter Feldbedingungen hin. Weiterhin gelang der Versuch die Wespe in Gefangenschaft zu züchten. Durch eine kurze Generationszeit (43,5 d) ist es außerdem möglich in kurzer Zeit viele Wespen zu produzieren. Das einzige Problem stellt dabei die Bereitstellung ausreichender Wirtskolonien dar. Denn die Zucht von Rapserdflöhen unter Laborbedingungen ist sehr zeitaufwendig und kostspielig. Man könnte dieses Problem jedoch umgehen, indem man zum Beispiel befallene Erdflöhe sammelt und auf anderen Flächen aussetzt. Eine weitere Möglichkeit wäre die Anlage von Blühstreifen und Hecken oder im Allgemeinen die Bewirtschaftung auf die Förderung von Nützlingen umzustellen bzw. anzupassen zum Beispiel durch den Anbau von Untersaaten (vgl. Jordan, et al., 2020). Mit diesen letzten Anregungen wird der Literaturteil abgeschlossen. Anschließend folgt die Auswertung der Feldversuchsdaten.

3 Material und Methoden

In diesen nun folgenden Unterpunkten der Arbeit beginnt die Auswertung des Feldversuches zur Aktualität der bisherigen IPM-Methoden bezüglich der Bekämpfung des Rapserdflohs und seinen Larven. Diese wissenschaftliche Arbeit beschäftigt sich mit einem kleinen Teil eines größeren Feldversuches, der im Rahmen des langjährigen Forschungsprojektes „Physics for Food“ angelegt worden ist. Das Projekt beschäftigt sich mit dem Einsatz physikalischer Technologie, um den Strukturwandel in der Land- und Ernährungswirtschaft voranzubringen. Verschiedene Bündnispartner arbeiten an insgesamt fünf potenziellen Innovationen. Dies Ansätze sind: 1. Weniger chemischer Pflanzenschutz durch Ersatzwirkstoffe, 2. Verbesserung des Pflanzenwachstums, 3. Ertragssteigerung durch Stärkung der Pflanzengesundheit unter sich verändernden Umweltbedingungen, 4. Optimierung der Verarbeitung pflanzlicher Rohstoffe und 5. Regionale und Nachhaltige Innovation (vgl. Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., 2021). Wichtig für diese Arbeit ist dabei nur der Einsatz der Plasmabeize, im Gegensatz zur chemischen Beize. Allerdings wird nicht weiter auf die möglichen Biomassezuwächse eingegangen, sondern nur ein möglicher Unterschied im Befall durch den Rapserdfloh untersucht.

3.1 Der Versuchsstandort

Der Feldversuch wurde auf einer Ackerfläche nahe des Ortes Hungerstorf (53.597249 °N,12.820102 °E) angelegt. Das Feld liegt östlich des Großen Varchentiner Sees und grenzt westlich direkt an einen asphaltierten Feldweg. An dieser westlichen Flanke ist der Schlag außerdem durch eine Hecke vom Feldweg getrennt. Südlich und Nördlich grenzen andere Felder, ebenfalls durch Feldwege getrennt, an den Versuchsschlag. Der Feldversuch selbst ist in eine Praxisfläche integriert und somit von einem Winterrapsbestand in nördlicher und östlicher Richtung umgeben. In südlicher Richtung erstrecken sich weitere Versuche mit anderen Kulturen **(Abb. 4)**. Die Bodenart vor Ort ist als schwach lehmiger Sand, der Zustandsstufe 2 und diluvialer Herkunft klassifiziert. Der pH-Wert liegt bei 6,4 und der Humusgehalt bei 2%. Die Hauptnährstoffe Magnesium und Phosphor liegen in der Versorgungsstufe C und sind damit in der optimalen Stufe. Kalium liegt in Klasse D, was eine schwache Überversorgung des Bodens bedeutet.

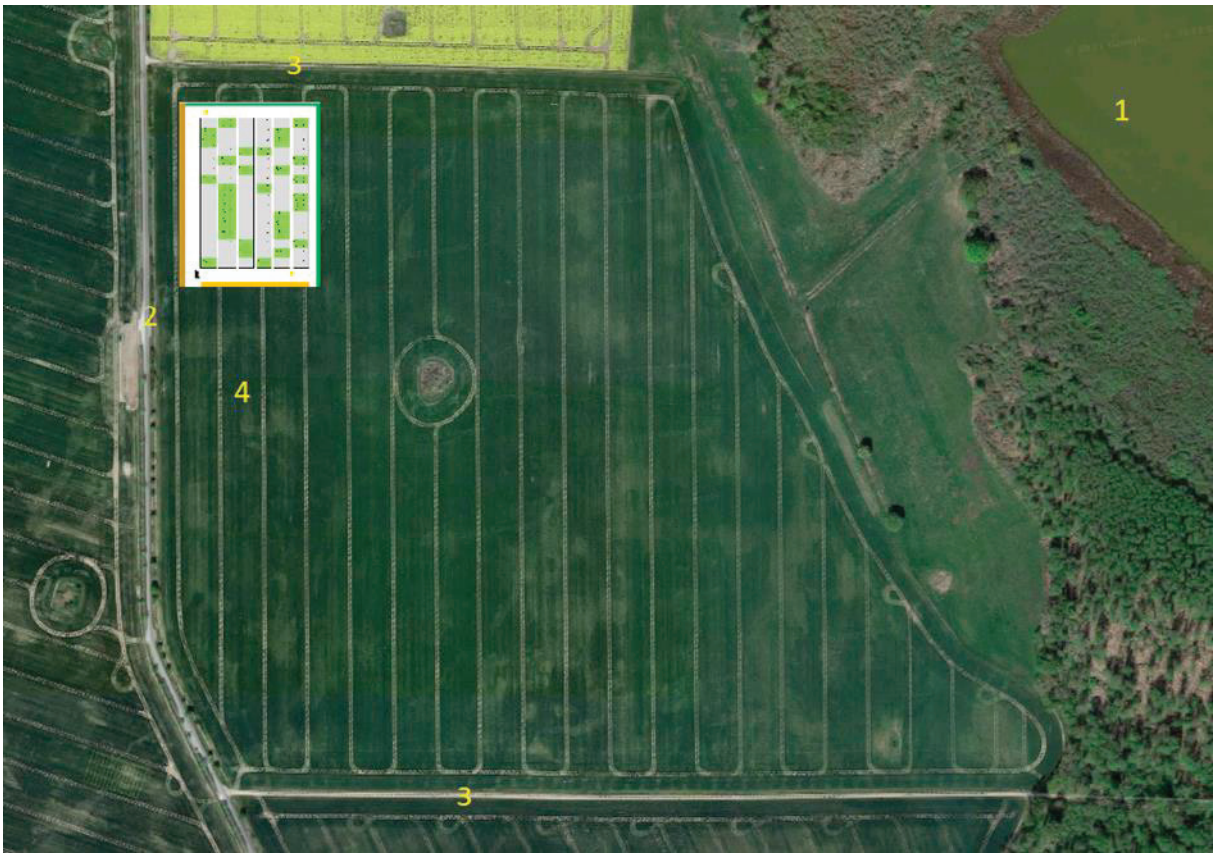

Abb. 4: Ausschnitt des Versuchfeldes nahe Hungerstorf (Google LLC, 2021) mit Darstellung des Versuches in der Fläche und Kennzeichnung wichtiger Landschaftsmerkmale; 1= Großer Varchentiner See; 2= Asphaltierter Feldweg westlich der Fläche; 3= Feldwege im Norden und Süden der Gesamtfläche; 4=Weiterer Versuche am Standort südlich (Eigene Bearbeitung)

3.1.1 Pflanzenbauliche Maßnahmen am Standort

Die Vorfrucht auf diesem Schlag war Wintergerste. Am 21.08.2020 erfolgte die Bodenbearbeitung mit Hilfe eines Pfluges. Die Aussaat des Winterrapses der Sorte Atora, erfolgte einmal am 25.08.2020 (Frühsaat) und am 07.09.2020 (Spätsaat). Die frühere Variante wurde mit 35 Körnern/m² und die spätere Variante mit 42 Körnern/m² gesät. Der Reihenabstand beträgt 12,5 cm. Die Saattiefe variierte nach dem Parzellenplan. Bei der Beizung erfolgte ein ähnliches Verfahren. Hier ist als Besonderheit jedoch die Plasmabeizung hervorzuheben. Plasma wird als ein gasförmiger Zustand, in dem ionisierte Atome und freie Elektronen vorkommen, definiert. In diesem Zustand besitzt Materie zusätzliche Eigenschaften, welche genutzt werden können. Ein Ziel der Plasmaanwendung ist beim Saatgut die Dekontamination, um so die Lagerung und den Transport zu verbessern.

Weiterhin soll das Plasma für eine Stimulierung des Keimprozesses sorgen und damit auch die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen erhöhen (vgl. Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V./"Plasma Agrarkultur", 2021). Die Plasmabehandlung des Rapssaatgutes dieses Versuches, wurde vom INP-Greifswald durchgeführt. Die weiteren Pflanzenschutz- und Pflanzenbau-Maßnahmen erfolgten praxisnah und nach dem jeweiligen Schadschwellen -bzw. Kontrollsystem **(Tab. 1)**. Hier ist die Pyrethroid-Behandlung als Bekämpfungsmaßnahme miteingeschlossen. An dieser Stelle dienten unter anderem die Daten der Gelbschalenfänge als Bekämpfungsrichtwerte.

Tab. 1: Pflanzenbauliche Maßnahmen zwischen dem Zeitraum der Bodenbearbeitung am 21.08.2020 und der Probenahme am 30.11.2020

	Frühsaat	Spätsaat
Vorfrucht	Wintergerste	
Bodenbearbeitung	Pflug 21.08.2020	
Aussaattermin	25.08.2020	07.09.2020
Sorte	Atora	
Aussaatstärke	35 Körner/m²	42 Körner/m²
Saattiefe	tief 4-5 cm, flach 2cm	
Beizung	Parzelle Chemisch: Vibrance OSR & Parzelle Plasma: Plasmabeize	
Herbizid	28.08.2020 Gamit 36 0,21 l/ha	10.09.2020 Gamit 36 0,21 l/ha
	16.09.2020 Gallant Super 0,075 l/ha	
	05.10.2020 Runway 0,2 l/ha	
	18.11.2020 Targa Super 1 l/ha	
Insektizid	16.09.2020 Karate Zeon 0,4 l/ha	
	05.10.2020 Karate Zeon 0,075 l/ha	
Wachstumsregler/ Fungizid	23.10.2020 Carax 0,5 l/ha	23.10.2020 Carax 0,15 l/ha
	23.10.2020 Tilmor 0,5 l/ha	23.10.2020 Tilmor 0,15 l/ha
Schneckenkorn	25.08.2020 3kg/ha	10.09.2020 3kg/ha
Düngergaben	18.11.2020 Lebosol Bor 2 l/ha (150g B/l)	

3.1.2 Witterungsverlauf am Standort

Für die Auswertung der Wetterdaten wurden die gesammelten Daten der eigens für den Feldversuch aufgestellten Wetterstation genutzt. Die Station wurde unweit (ca. 800 m) des Versuchsfeldes aufgestellt. Sie erfasst unter anderem die durchschnittliche Lufttemperatur sowie den täglichen Niederschlag. Auch die Tageshöchst- und die Tagestiefsttemperatur werden ermittelt.

Im Folgenden werden die Daten der Monate September, Oktober und November dargestellt. Diese Monate sind für das Auftreten, die Entwicklung und die Schadwirkung des Großen Rapserdflohs am relevantesten.

Der September begann mit relativ sommerlichen Temperaturen. Dieser Trend setzte sich bis zur Mitte des Monats fort. Am 15.09.2020 wurde dann nochmal eine Tageshöchsttemperatur von über 30°C erreicht. Mit diesem Tag endete dieser warme Aufschwung. Der Rest des Monats lag im Temperaturmittel zwischen 10 und 15°C. Gerade der früh gesäte Raps profitierte von diesen Temperaturen und reagierte mit eifrigem Blattwachstum. Die Spätsaat konnte nur bedingt davon profitieren, da sie zu diesem Zeitpunkt gerade am Auflaufen war. Der Niederschlag fiel sehr inkonstant aus. So gab es Anfang September noch ein wenig Regen, darauf folgte eine erste Trockenperiode von etwa 15 Tagen **(Abb. 5**Fehler! Verweisquelle konnte n icht gefunden werden.**)**. Sie endete mit drei aufeinanderfolgenden Regentagen die in etwa 45 mm brachten.

Im Oktober war dagegen ein anderer Verlauf zu sehen. Wurden am Anfang des Monats wieder Temperaturhöchstwerte knapp unter der 20°C Marke erreicht, so folgte anschließend ein mehr oder weniger kontinuierlicher Abfall der Temperatur. Dieser erreichte am 15.10.2020 seinen Tiefpunkt bei etwa 8°C **(Tab. 5)**. Darauffolgend ging es wieder aufwärts mit den Temperaturen mit einem nächsten Höchststand bei 18°C am 22.10.2020. Für den 24. bis 26.10.2020 fehlen im System der Wetterstation die Daten. Trotz der fehlenden Daten ist ab dem 27.10.2020 wieder ein Aufwärtstrend zu sehen. Die Niederschläge fielen in diesem Monat in regelmäßigen Abständen. In Summe fielen über den gesamten Monat verteilt, ca. 50 mm Regen.

Zum Abschluss wird der Monat November ausgewertet. Der Aufwärtstrend der Temperaturen aus dem Oktober endete im November bei einer Höchsttemperatur von 18°C am 02.11.2020. Darauf schloss sich ein längerer Temperaturabfall bis zum 11.11.2020 hin. Die Temperatur lag hier zwischen 15 und 5 °C. Anschließend folgte nochmals ein Anstieg der Temperatur. Dieser war jahreszeitlich bedingt, nicht mehr so groß wie in den vorangegangenen Monaten. Es wurde eine maximale Temperatur von knapp 14 Grad Celsius zur Mitte des Monats gemessen **(Abb. 5)**. Danach folgte ein gleichmäßiger Abfall der Temperatur bis hin zum 28.11.2020, wo erstmalig Frosttemperaturen um minus 3°C erreicht wurden. Der Niederschlag war im November eher verhalten und erreichte insgesamt 8,4 mm **(Tab. 5)**.

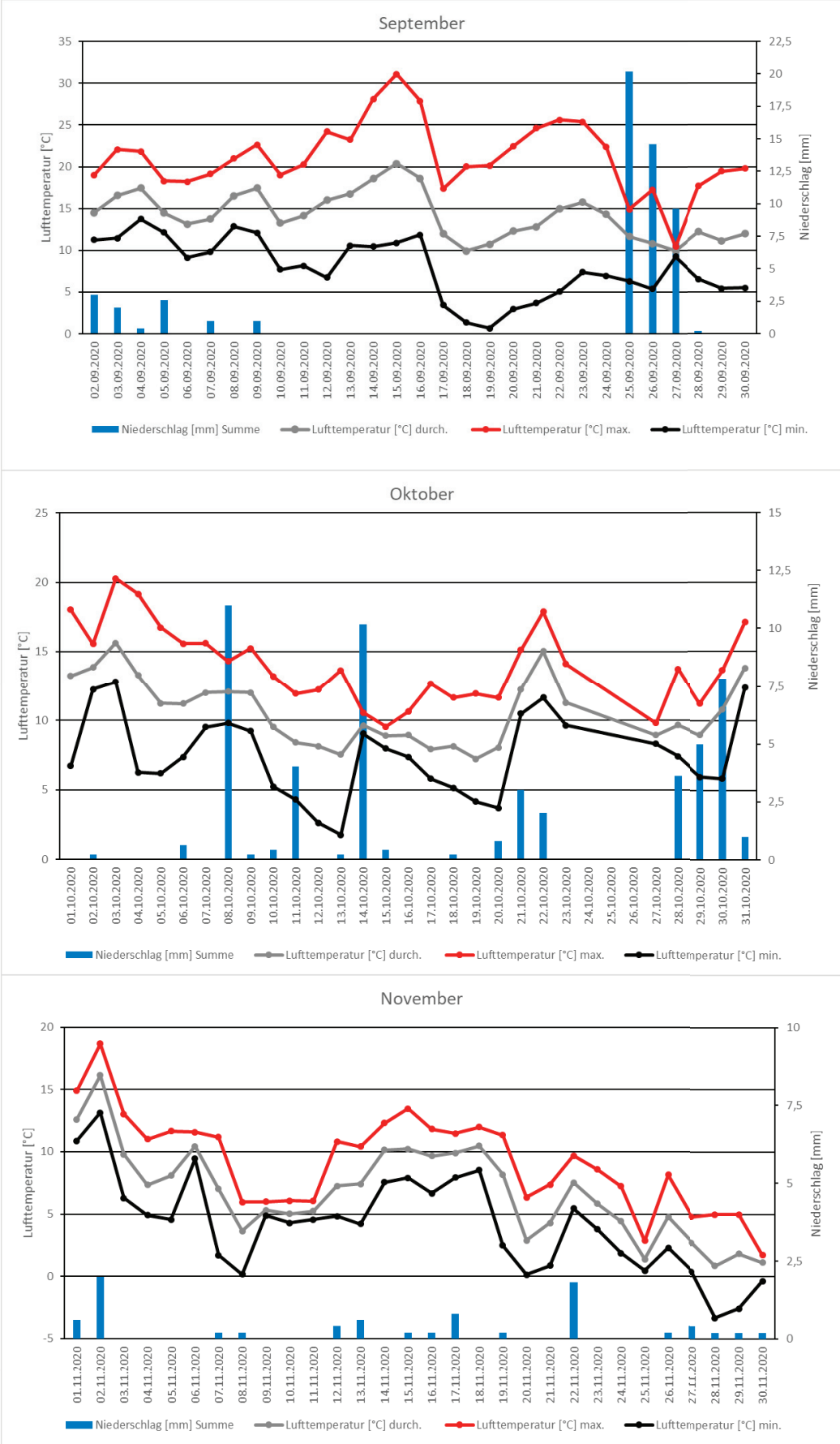

Abb. 5: Klimadiagramme des Standortes Hungerstorf. Dargestellt sind die tägliche Niederschlagssumme (mm), Tagesdurchschnittstemperatur (°C), Tageshöchsttemperatur (°C) und die Tagestiefsttemperatur (°C) für die Monate September, Oktober und November

3.2 Allgemeiner Versuchsaufbau

Der gesamte Versuch umfasst 96 Parzellen. Davon werden für diese wissenschaftliche Arbeit allerdings nur 32 Parzellen ausgewertet, da diese Parzellen den dreifachen Faktorunterschied aufweisen, der für den hier beschriebenen Sachverhalt wichtig ist. Insgesamt treten also acht verschiedene Faktorkombinationen auf. Kombiniert wurden eine unterschiedliche Saatzeit (Faktor: früh-spät), eine unterschiedliche Aussaattiefe (Faktor: flach-tief) und eine unterschiedliche Saatgutbehandlung (Faktor: Chemische Beize-Plasmabeize). Pro Faktorkombination erfolgte jeweils eine vierfache Wiederholung. Eine Parzelle ist drei Meter breit und neun Meter lang, hat also eine Größe von 27 m². Die Anordnung der Parzellen wurde durch Randomisierung bestimmt. So kommt auch die weit gestreute und zufällige Verteilung der Parzellen zustande. Anschließend erfolgte eine Nummerierung von 1 bis 96. Zwischen den Parzellen, in Längsrichtung, sind etwa 20 cm breite Gänge etabliert worden, um einerseits eine klare Abgrenzung zu bekommen und andererseits Freiraum für die Bonituren und Bearbeitung der Parzellen zu erhalten. In der, mit der Nummerierung fortlaufenden Parzellenreihe, erfolgt die Trennung durch einen etwa ein Meter langen und drei Meter breiten Streifen **(Abb. 15)**.

3.3 Erfassungsmethoden

3.3.1 Erfassung der Zuwanderung der adulten Tiere

Für die Auswertung bezüglich der räumlichen Variabilität des Zufluges und der zeitlichen Erfassung der Abundanz der Imagines wurden am Versuchsstandort zwei Gelbschalen platziert. Die beiden Gelbschalen des runden Typs, wurden jeweils mit einem Bienenschutzgitter ausgestattet. Befüllt wurden die Schalen mit Leitungswasser und handelsüblichem Spülmittel. Das Spülmittel wurde hinzugegeben, um die Wasserspannung herunterzusetzen und so ein Einsinken der gefangenen Insekten zu gewährleisten. Aufgestellt wurden die beiden Gelbschalen ebenerdig, mittig befestigt an einem weißen Markierungsstab. Je nach fortschreiten der Wuchshöhe des Rapses wurde auch die Höhe der Schalen verändert. Immer so, dass die der Rand der Gelbschale mit der oberen Kante des Pflanzenbestandes Abschluss hatte. Die Fangschalen wurden an unterschiedlichen Positionen außerhalb des eigentlichen Versuches platziert. Eine der beiden in nördlicher Richtung, direkt neben Parzelle 1. Die zweite in südlicher Richtung neben den Parzellen 91 und 92, wie in der schematischen Darstellung des Versuches auch zu sehen ist **(Abb. 15)**. So konnten eine mögliche Einwanderung der Rapserdflöhe, grob aus zwei Richtungen erfasst werden. Die Entleerung und Auszählung der Gelbschalen, erfolgte im September zweimal wöchentlich. Ab Ende Oktober bis hin zum November wurde der Inhalt einmal wöchentlich entleert.

3.3.2 Bonitur der Vernarbungen/ Larvenanzahl pro Pflanze

Für die Bonitur des Larvenbefalls mussten zunächst Pflanzen gezogen werden. Aufgrund das neben des Erdflohlarvenbefalls auch noch weitere phytopathologische Bonituren am Blatt und an der Wurzel durchgeführt werden sollten, war es wichtig mit großer Sorgfalt vorzugehen. So sollten die Pflanzen möglichst mit vollständiger Wurzel und vollständigem Blattapparat gesammelt und verstaut werden. Das Sammeln der Pflanzenproben erfolgte am 30.11.2020 mit fünf Personen. Das bedeutete für vier Personen die Bearbeitung von 19 Parzellen und für eine Person die Bearbeitung von 20 Parzellen. Pro Parzelle wurden 8 Pflanzen gezogen, je vier Pflanzen auf der linken Längsseite der Parzelle und vier auf der rechten Längsseite der Parzelle. Die Pflanzen wurden immer aus der zweiten Saatreihe gezogen. Dieser Vorgang erfolgte, um eventuelle Wechselwirkungen mit benachbarten Parzellen auszuschließen. Die eigentliche Probenahme lief wie folgt ab: Zuerst wurde mit einer handelsüblichen Gartenschaufel der Wurzelraum der Rapspflanze vorsichtig vorgelockert. Dabei wurde darauf geachtet nicht die Pfahlwurzel zu beschädigen oder gar abzubrechen. An die Lockerung anschließend wurde die Pflanze vorsichtig per Hand gezogen und in einem blauen Abfallsack verstaut. Die Säcke wurden jeweils mit der Parzellennummer beschriftet um eine spätere Zuordnung zu ermöglichen. Nachdem alle Pflanzen gesammelt waren, wurden die Säcke unter großer Vorsicht in einen VW-Bus verladen und abtransportiert. Direkt noch am selben Tag wurde mit der Bonitur der Pflanzen begonnen. Vor der eigentlichen Untersuchung wurden die Pflanzen von einem Teil der Parzellen aus den Säcken genommen und die Wurzeln in Leitungswasser gewaschen. So konnte die restliche Erdanhaftung entfernt werden. In der Bonitur wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt. Die ersten beiden Schritte sind für diese Arbeit nicht relevant und werden deswegen nicht weiter erläutert. Im dritten Schritt der Bonitur erfolgte die Frischmasse-Wiegung jeder Einzelpflanze, sowie die Bestimmung des BBCH-Stadiums. Daran anschließend erfolgten die Bonituren die den Rapserdfloh betrafen. Jede Pflanze wurde für sich bonitiert. In einem ersten Schritt wurden die Blätter mitsamt dem Stiel von der Endknospe entfernt. Die Endknospe mit ihren dazugehörigen nicht vollentwickelten Blättern wurden nicht weiter betrachtet. An den Blättern wurden dann, die für den Erdfloh charakteristischen, bräunlichen Vernarbungen, gezählt **(Abb. 6)**. Konnten zwei Narben nicht genau voneinander abgegrenzt werden, so wurden sie als eine gezählt. Nachdem dieser Schritt abgeschlossen wurde, erfolgte die Auszählung der Larven. Dazu wurden die Blattstiele vorsichtig mit einem Skalpell längsseitig aufgeschnitten. Anschließend wurden die Larven gezählt. Bei mancher etwas kleingewachsenen Pflanze kam ein Binokular zum Einsatz, um die Larven eindeutig erkennen zu können. Außerdem erwies sich eine Pinzette als hilfreiches Mittel, um in manchen Pflanzen mehrere ineinander verschlungene Larven zu trennen und sie so besser auszählen zu können. Nach der Bonitur wurden die Pflanzen in einen Crisp-Bag-Beutel verpackt und in Trockenschränke verbracht. Mit der Larvenbonitur waren zwei bis zeitweise drei Personen beschäftigt.

Die Trocknung der Proben erfolgte bei 105°C in 48 Stunden. Nach der Trocknung erfolgte die Rückwaage der Probenbeutel. Da die Bonitur nicht an einem Tag abgeschlossen werden konnte, wurden die übrigen Probensäcke, in einem an den eigentlichen Boniturraum angrenzenden Raum, zwischengelagert. Dieser Raum besitzt stets Außentemperatur, welche zum Zeitpunkt der Bonitur um +5°C lag. Es konnte kein negativer Einfluss auf die Ergebnisse der Bonitur festgestellt werden. Die Nutzung eines Kühlraumes kam aufgrund der Größe des Raumes und der Vielzahl an Proben nicht in Frage. Die Bonitur konnte innerhalb von drei Tagen abgeschlossen werden.

Abb. 6: Charakteristische Vernarbungen und Bohrlöcher der Larven des Rapserdflohs (Psylliodes chrysocephalus) am Blattstiel von Raps (Schubiger, 2021)

3.4 Datenaufbereitung

Die Aufbereitung der Daten erfolgte mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel (Version 2016). Weiterhin erfolgte in Excel eine statistische Analyse hinsichtlich signifikanter Unterschiede zwischen den Faktorvergleichen (flach=tief; früh=spät; chemische Beizung-Plasmabeize). Hierzu wurde der Kruskal-Wallis-Test verwendet. Da mit diesem statistischen Test allerdings nur festgestellt werden kann, ob überhaupt eine Signifikanz besteht, wurde eine weiterer Test durchgeführt. Dieser zweite analytische Schritt erfolgte, um den Unterschied zwischen den Gruppen zu lokalisieren. Hierzu wurde ein Mann-Whitney-U Test mithilfe des Statistik Online-Rechners Datatab.de, durchgeführt. Mit dem Programm wurden auch die Korrelations- und Regressionsanalysen durchgeführt.

4 Darstellung der Ergebnisse

4.1 Zusammenhang zwischen der Tagestemperatur und dem Auftreten der Käfer

Die Zuwanderung der adulten Käfer wurde ab dem 02.09.2020 mit Hilfe von zwei Gelbschalen erfasst. Die erste Auszählung des Gelbschaleninhaltes erfolgte am 11.09.2020. Die gängige Schadschwelle von 50 gefangenen Tieren in einem Zeitraum von drei Wochen, wurde bereits im darauffolgenden Fangzeitraum vom 12.09.-15.09.2020 für die rechte Gelbschale erreicht. Es wurden in Summe der ersten beiden Auszählungen bereits 55 Tiere gefangen **(Tab. 2)**. Der Höhepunkt des Zufluges erfolgte im Zeitraum 16.09-18.09.2020. Hier wurden für die linke Gelbschale 65 Käfer und für die rechte Gelbschale 146 Käfer gezählt. Ein weiterer Zuwanderungsschub erfolgte vom 22.09.-29.09.2020. Auch hier war die rechte, südliche Schale stärker vertreten als die linke, nördliche Schale. In der rechten Gelbschale wurden 88 Tiere ausgezählt, in der Linken dagegen nur 31. Damit wurde erneut die Schadschwelle überschritten. In den darauf anschließenden Fangzeiträumen wurde der Wert von 50 Tieren/ Gelbschale nicht mehr erreicht **(Abb. 7)**.

Tab. 2: Tabellarische Übersicht der Gelbschalenfänge (links, rechts), sowie die durchschnittliche Tagestemperatur je Fangzeitraum

Zeitraum von… bis….	Gelbschale links	Gelbschale rechts	Durchschn. Temperatur/ Fangzeitraum	Mittelwert Gelbschalen
02.09-11.09	2	12	15,13	7
12.09-15.09	26	43	17,93	34,5
16.09-18.09	65	146	13,50	105,5
19.09-21.09	40	45	11,95	42,5
22.09-29.09	31	88	12,60	59,5
30.09-02.10	16	20	13,04	18
03.10-06.10	0	5	12,84	2,5
07.10-09.10	0	7	12,04	3,5
10.10-20.10	0	5	8,40	2,5
21.10-28.10	0	0	11,44	0
29.10-13.11	0	0	8,68	0
14.11-20.11	/	1	8,78	1

Die durchschnittliche Temperatur über die einzelnen Fangzeiträume verhielt sich eher regelmäßig. So wurden zu den ersten beiden Zeiträumen im Schnitt noch 15 bis fast 18 °C erreicht. Ab diesem Temperaturhöhepunkt hielten sich die Werte vom 16.09.2020 bis hin zum 09.10.2020 auf einem konstanten Niveau zwischen 12 und 13 °C auf. Danach sank die durchschnittliche Temperatur auf unter 9°C ab. Einzig vom 21.10.- 28.10.2020 betrug die durchschnittliche Tagestemperatur nochmal 11,4 Grad Celsius.

Damit für diese beiden Datensätze eine Aussage über ihren statistischen Zusammenhang getroffen werden kann, wurde eine Korrelations- und auch eine Regressionsanalyse durchgeführt und in einem Diagramm veranschaulicht **(Abb. 8)**. Die Berechnung ergab einen Korrelationskoeffizienten von 0,377 und somit eine positive, mittlere Korrelation zwischen den Stichproben. Dennoch liegt die Signifikanz bei 0,226 und somit über dem festgelegten Signifikanzwert von 0,05. Somit besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Temperatur und den Gelbschalenfängen.

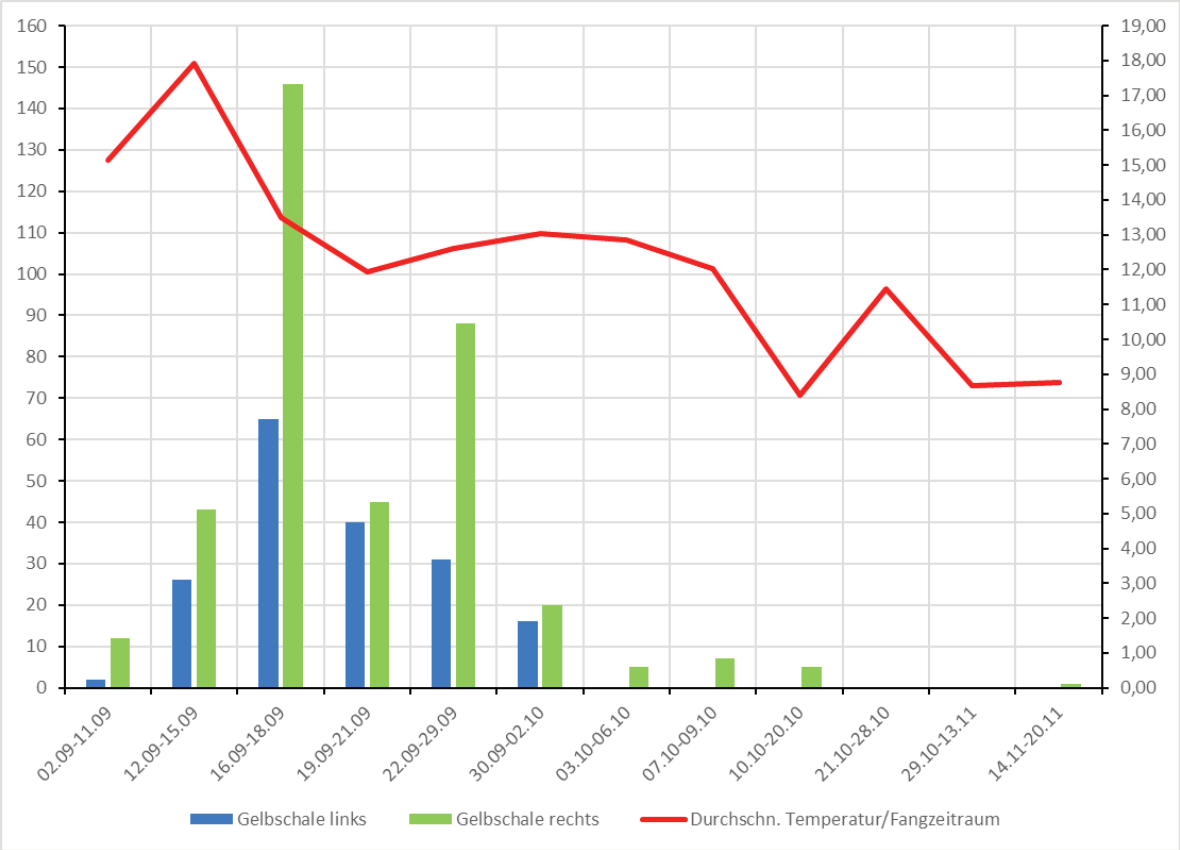

Abb. 7: Grafische Darstellung der Gelbschalenfänge (links und rechts gemittelt); sowie die durchschnittliche Tagestemperatur je Fangzeitraum

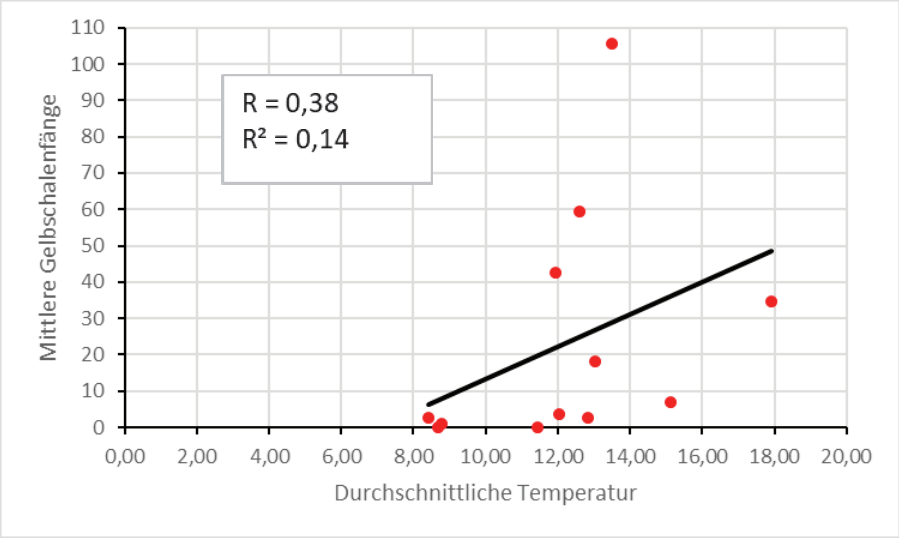

Abb. 8: Illustration des Zusammenhangs der durchschnittlichen Tagestemperatut/ Fangzeitraum und den Gelbschalenfängen/ Fangzeitraum; Regression (R^2) = 0,14, Korrelation (R)= 0,38, Signifikanz bei $p \leq 0,05$

4.2 Räumliche Variabilität des Larvenbesatzes/ Käferzuflugs

Für die Bewertung des räumlichen Befalls sowohl durch den Käfer als auch die Larve, wurde die Befallsstärken pro Parzelle glatt gerundet. So wurde jeder Wert in eine dreigliedrige Skala eingeordnet. Mit einem durchschnittlichen Larvenbesatz von null bis eine Larve, wurde der Befall als niedrig eingestuft und die Parzelle im Parzellenplan grün hinterlegt. Ein Larvenbesatz von zwei bis zu drei Larven wurde als mittlerer Befall eingeordnet und die Parzelle gelb hinterlegt. Ein starker Befall der Parzelle wurde im Plan rot hinterlegt. Der starke Befall wird mit vier bis fünf Larven/ Pflanze erreicht.

Tab. 3: Parzellen des Feldversuches und deren Mittlere Larvenanzahl/ Pflanze, sowie die gerundeten Mittelwerte mit der Einfärbung nach Befallsskala

Parzelle	Mittelwert Larven/Pflanze	Mittelwert Larven/Pflanze gerundet	Parzelle	Mittelwert Larven/Pflanze	Mittelwert Larven/Pflanze gerundet	
2	0,63	1	50	1,29	1	
6	0,63	1	54	0,71	1	
8	2,25	2	55	0,38	0	
12	1,50	2	59	1,00	1	
13	2,50	3	62	2,43	2	
17	0,75	1	65	1,88	2	
21	2,63	3	68	1,14	1	
22	1,13	1	71	1,25	1	
26	0,63	1	74	2,25	2	
30	1,25	1	77	1,29	1	
32	0,71	1	79	0,88	1	
34	1,50	2	82	2,25	2	
37	0,80	1	87	1,71	2	
42	0,25	0	89	3,88	4	Befall 0-1 Larve = niedrig
45	1,00	1	93	1,75	2	Befall 2-3 Larven = mittel
47	0,43	0	96	2,63	3	Befall 4-5 Larven = hoch

Die Einteilung der Skala erfolgte angelehnt an die bisherigen empfohlene Schadschwelle der Larven. Für schwach entwickelte Rapsbestände liegt die Bekämpfungswürdigkeit bei 3 Larven je Pflanze und bei einem der Jahreszeit normal entwickelten Bestand bei 5 Larven (vgl. Paul, 2012). Nach der Einteilung der Mittelwerte in die Befallsskala, erfolgte die farbliche Integration der Daten in den Parzellenplan **(Abb. 16)**. So weisen 19 Parzellen des Versuchs einen niedrigen Befall mit Erdflohlarven auf. Davon sind drei Parzellen, welche keinen nennenswerten mittleren Besatz aufweisen. Die restlichen Parzellen mit niedrigem Befall haben allesamt einen mittleren Larvenbesatz von zwei Larven/ Pflanze. Der Südwesten zeigt eine Gruppierung von vier Parzellen mit mittlerem Befall. Insgesamt weisen 12 Parzellen einen mittleren Larvenbesatz auf. Davon haben zwei Parzellen einen mittleren Befall von drei Larven/ Pflanze. Die restlichen Parzellen mit mittlerem Befall nur zwei Larven/ Pflanze. Nur eine Parzelle kann einen starken Larvenbesatz aufweisen. Diese Parzelle 89 mit einem mittleren Befall von vier Larven, liegt ebenfalls im südlichen Bereich des Feldversuchs **(Tab. 3)**.

4.3 Zusammenhang zwischen den Vernarbungen/ Pflanze und der Larvenanzahl/ Pflanze

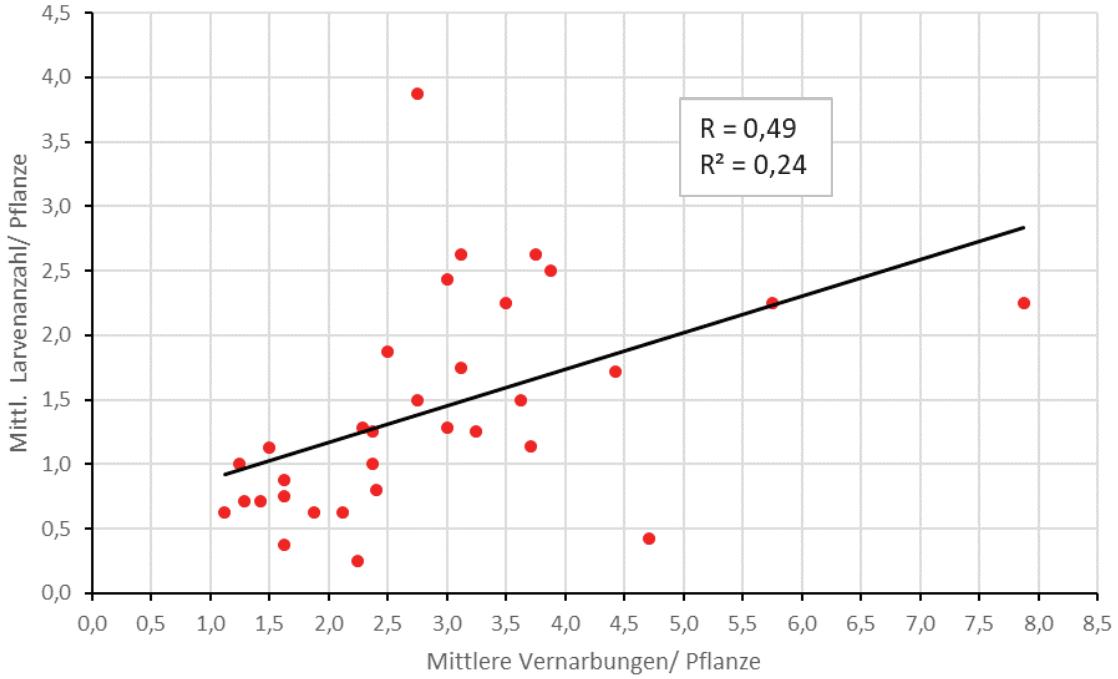

Abb. 9: Grafische Darstellung des Zusammenhangs des Mittleren Larvenanzahl/ Pflanze und den mittleren Vernarbungen/ Pflanze auf Parzellenebene; Regression (R^2) = 0,24, Korrelation (R)= 0,49, Signifikanz bei $p \leq 0,05$

Die statistische Auswertung eines möglichen signifikanten Zusammenhangs zwischen den Vernarbungen/ Pflanze und der Larvenanzahl pro Pflanze ergab einen Korrelationskoeffizienten von 0,49. Das bedeutet eine mittlere, positive Korrelation für diese beiden Parameter.

Steigt also die Anzahl der Vernarbungen an der Pflanze, so steigt auch die Anzahl der sich in der Pflanze befindlichen Larven an.

Ein angeschlossener Signifikanztest ergab einen p-Wert von 0,004. Dieser liegt unter dem angenommenen Fehlerwert von 0,05. Somit kann die Nullhypothese, dass es keinen signifikanten Zusammenhang beider Datenreihen gibt, verworfen werden. Daraus resultierend wird angenommen, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Vernarbung pro Pflanze und der Larvenanzahl pro Pflanze besteht **(Abb. 9)**.

4.4 Zusammenhang zwischen der Trockenmasse der Pflanzen und dem Larvenbefall

Im folgenden Absatz wurde die durchschnittliche Trockenmasse/ Pflanze mit der Larvenanzahl/ Pflanze in ein Verhältnis gesetzt. Damit sollte eine mögliche Präferenz des Erdflohs auf stärkere oder schwächere Pflanzen untersucht werden. Dazu erfolgten eine Korrelationsanalyse und ein Signifikanztest. Die Korrelationsanalyse ergab einen Wert von -0,24. Das bedeutet für die beiden Parameter einen geringen, negativen Zusammenhang. Diese Korrelation konnte durch den Signifikanztest nicht bestätigt werden. Es muss also angenommen werden, dass es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Mittleren Trockenmasse/ Pflanze und der Mittleren Larvenanzahl/ Pflanze gibt **(Abb. 10)**.

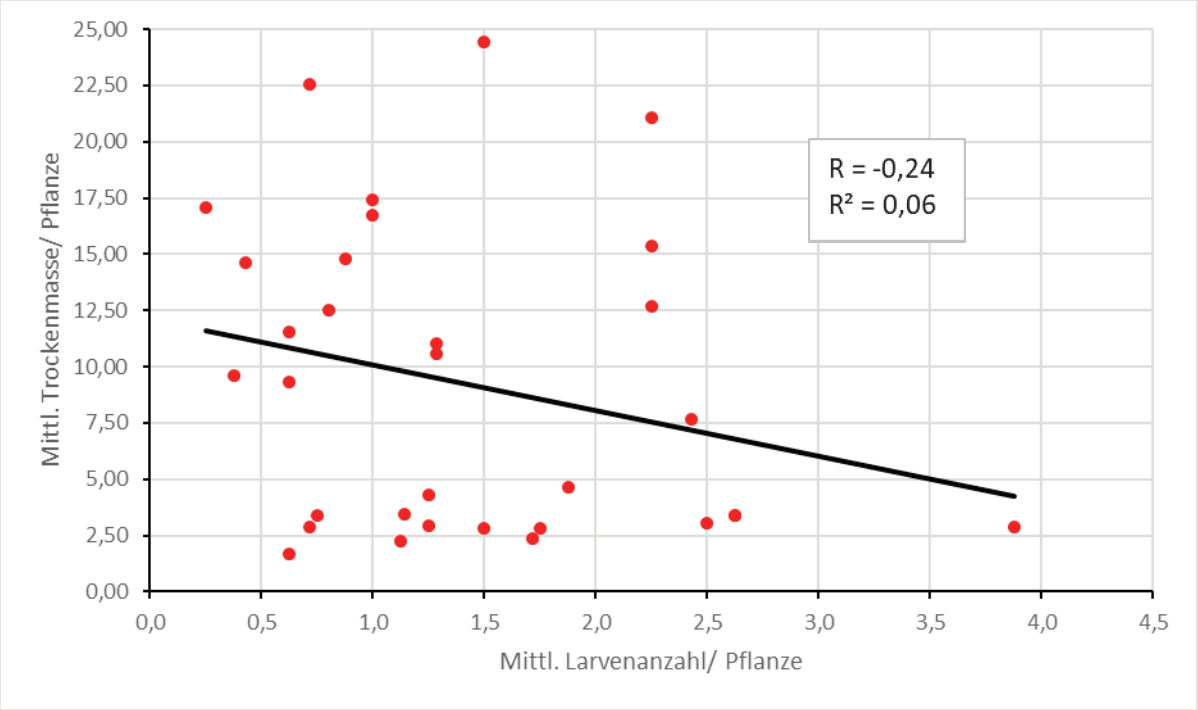

Abb. 10: Grafische Darstellung des Zusammenhangs der Mittleren trockenmasse7 Pflanze und der Mittleren Larvenanzahl/ Pflanze auf Parzellenebene; Regression (R^2) = 0,06, Korrelation (R)= 0,24, Signifikanz bei $p \leq 0,05$

4.5 Darstellung des zeitlichen Auftretens des Erdflohs und wichtiger Ereignisse auf dem Versuch

In der folgenden Illustration wurden die Mittleren Gelbschalenfänge an bestimmten Terminen und die pflanzenbaulichen Maßnahmen und Wachstumsereignisse zusammengefasst dargestellt. Man kann in der Grafik die verschiedenen pflanzenbaulichen Maßnahmen, wie zum Beispiel die Bodenbearbeitung, die Aufstellung der Gelbschalen, die Aussaat des Rapses und auch die Insektizidbehandlungen sehen **(Abb. 11)**. Weiterhin erfolgte die Eintragung des Auflauftermins. Es wurde angenommen das der Raps im Mittel neun Tage zum Auflaufen braucht (vgl. Christen & Friedt, 2011). Es ist der Grafik außerdem zu entnehmen, dass die Zuwanderung der Rapserdflöhe in drei Schüben erfolgte. Der erste Schub erfolgte am 11.09.2020, der zweite am 16.09.2020 und der letzte Schub 21.09.2020.

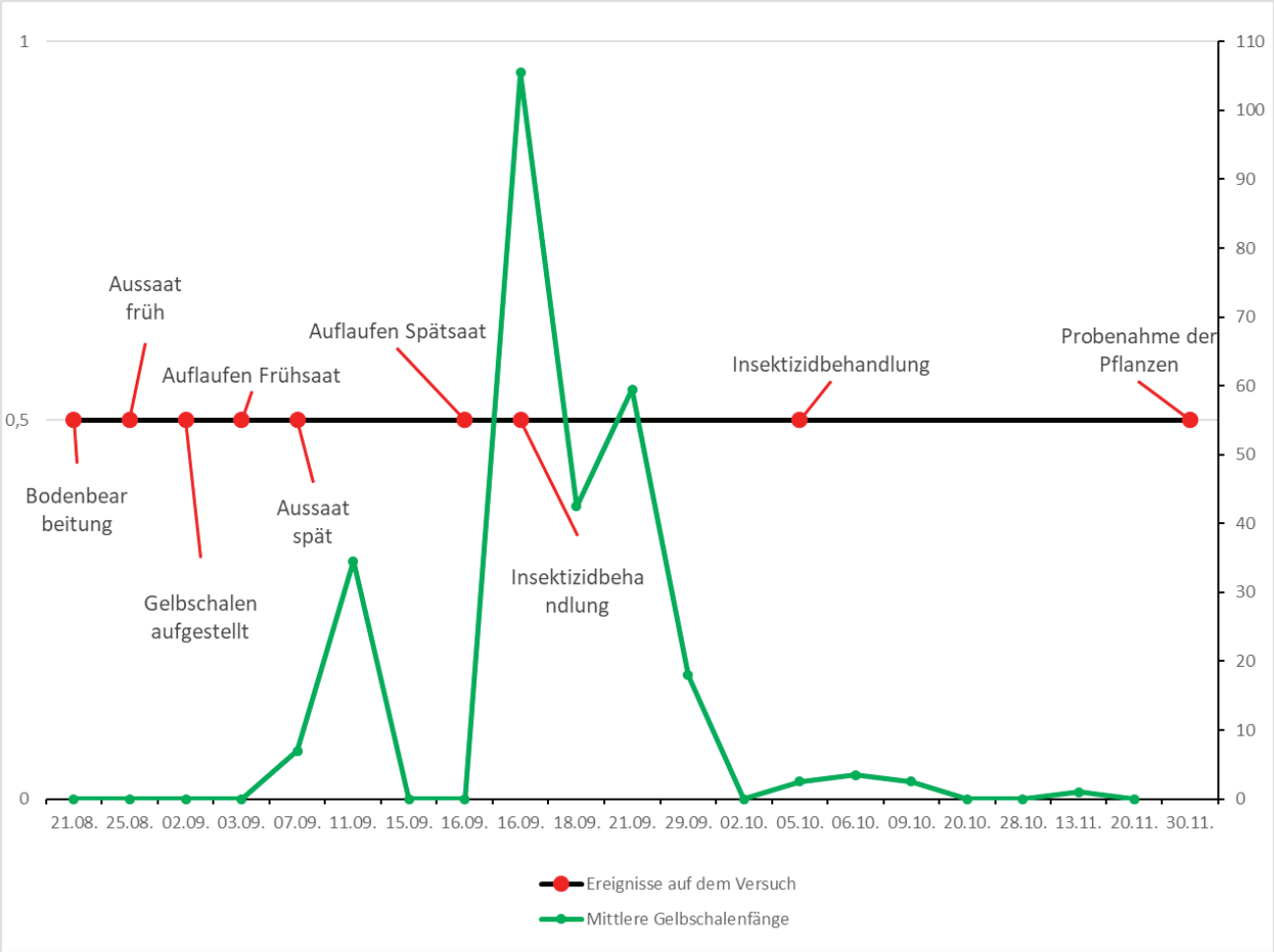

Abb. 11: Zeitliche Einordnung der auf dem Versuch stattgefundenen Maßnahmen/ Ereignisse, sowie die zeitliche Darstellung der gemittelten Gelbschalenfänge

4.6 Larvenbefall der verschiedenen Faktorkombinationen im Feldversuch

Für die anfängliche statistische Analyse, bezüglich des Larvenbesatzes auf den mit den verschiedenen Faktorkombinationen ausgestatteten Parzellen, wurde ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Dieser erfolgte für den gesamten Datensatz, um erstmal festzustellen ob überhaupt signifikante Unterschiede zwischen den Daten auftreten. Da manche Daten mehrfach auftreten, musste außerdem die korrelierte Formel verwendet werden. Die Berechnung ergab einen H-Wert korreliert =15,67. Verglichen mit dem kritischen Wert von 14,07, konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Daten angenommen werden. Der kritische Wert wurde, unter der Berücksichtigung der Freiheitsgrade und dem Signifikanzniveau von 0,05 bzw. einem Konfidenzniveaus von 95, aus einer ch²-Tabelle entnommen (DATAtab, 2021). Da der Kruskal-Wallis Test nur feststellt ob eine Signifikanz vorliegt, diese aber nicht lokalisieren kann, wurden je Teildatensatz vier Mann-Whitney-U-Tests durchgeführt. Diese werden in den nächsten Unterpunkten dargestellt. Der zweite Test erfolgte immer mit zwei der acht Faktor-Gruppen. Die Gruppen wurden nach den Faktoren sortiert, so dass immer zwei Faktoren gleich waren und der dritte so verglichen werden konnte **(Tab. 4)**.

Tab. 4: Übersicht der erfassten Daten der acht verschiedenen Parzellenkombinationen hinsichtlich der Anbaufaktoren. Erfasst wurden die Vernarbungen/ Pflanze, die Larvenanzahl/ Pflanze, Befallshäufigkeit/ Parzelle, die Trockenmasse (jeweils Mittelwert der vier Wdh. pro Kombination gebildet) und die Anzahl untersuchter Pflanzen

Faktorkombination	Mittl. Vernarbungen/ Pfl.	Mittl. Larvenanzahl/Pfl.	Mittl. Befallshäufigkeit	Mittl. TM	Anzahl Pflanzen
P-tief-früh	1,7	0,8	3	11,70	31
chem-tief-früh	4,2	1,1	5	14,73	31
P-flach-früh	2,5	1,4	5	12,64	28 (27 bei TM)
chem-flach-früh	3,3	1,2	5	21,23	31
chem-tief-spät	3,3	2,0	6	4,35	31
P-tief-spät	2,5	1,5	5	3,27	32
chem-flach-spät	3,2	1,8	6	2,88	31
P-flach-spät	2,3	1,8	5	2,82	30

4.6.1 Vergleich des Larvenbefalls bei unterschiedlicher Saattiefe

Der erste auszuwertende Datensatz bezieht sich auf die unterschiedliche Aussaattiefe. Nach der deskriptiven Analyse lassen sich optisch Unterschiede zwischen den Datensätzen erkennen. Bei der chemisch gebeizten Frühsaat ist der Befall kaum unterschiedlich. Die chemisch gebeizte Spätsaat, weist in der Tiefsaat-Variante einen geringen Unterschied im Larvenbesatz auf. Sowohl die physikalisch gebeizte Frühsaat, als auch die Spätsaat weisen beide einen stärkeren Befall der flach gesäten Varianten auf. Ein signifikanter Unterschied konnte durch einen Mann-Whitney-U Test nur bei dem Vergleich zwischen den Varianten der physikalisch gebeizten Frühsaat festgestellt werden. Der Signifikanz-Test ergab einen p-Wert von 0,042. Der p-Wert liegt damit unter dem Konfidenzniveau von 0,05. Daraus folgt die Ablehnung der Nullhypothese, dass alle Daten gleich sind. Angenommen wird, dass ein signifikanter Unterschied zwischen dem Befall der Tiefsaat und der Flachsaat besteht **(Abb. 12)**. Bei den anderen Vergleichen konnte kein Signifikanter Unterschied ermittelt werden.

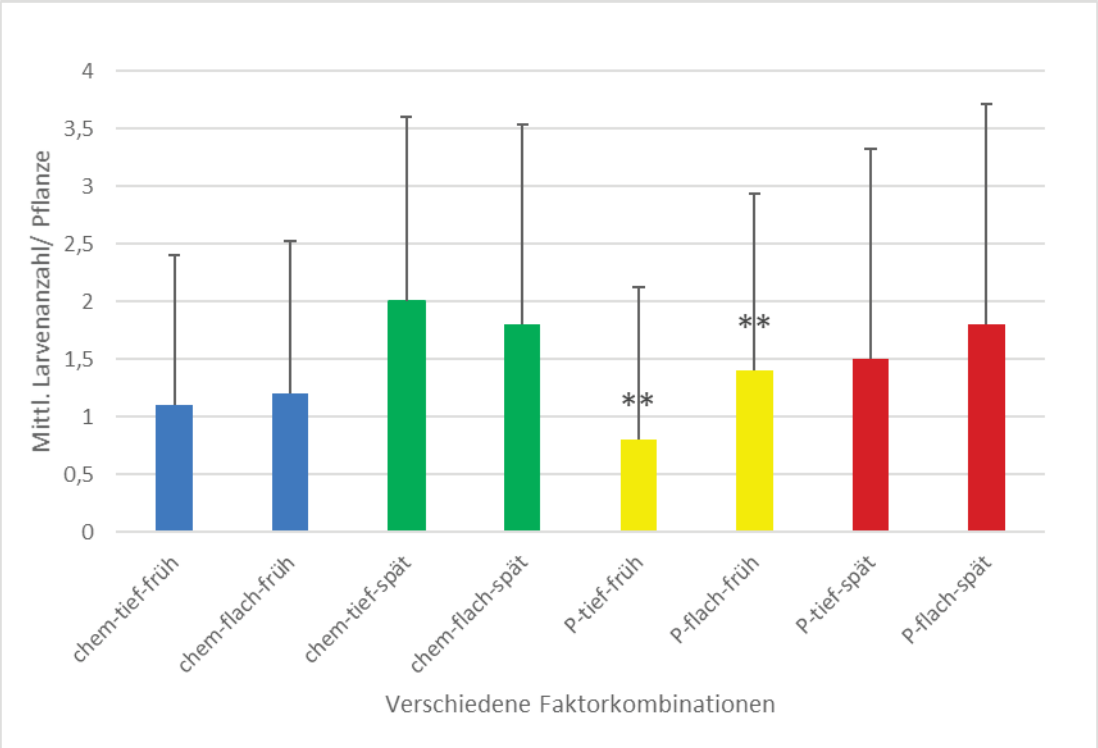

Abb. 12: Vergleich der Larvenanzahl/ Pflanze bei unterschiedlicher Saattiefe, bei gleicher Beizung und Saatzeit; signifikante Unterschiede zwischen den Parzellen wurden mit ** gekennzeichnet; Mann-Whitney-U-Test, p ≤ 0,05; Durchschnittliche Standardabweichung: 1,57

4.6.2 Vergleich des Larvenbefalls bei unterschiedlichem Saatzeitpunkte

Der Vergleich der unterschiedlichen Aussaatzeiten bezogen auf den Larvenbesatz ergab deskriptiv ebenfalls Unterschiede. Bei jedem der vier Vergleiche, waren die Spätsaaten stärker mit Larven befallen als die Frühsaaten. Den stärksten durchschnittlichen Besatz weisen die Parzellen der chemisch gebeizten und tief abgelegten Spätsaat auf. Am schwächsten befallen wurden die Parzellen der physikalisch gebeizten und tief abgelegten Frühsaat **(Abb. 13)**. In diesem Teildatensatz ergab der Mann-Whitney-U-Test ebenfalls einen signifikanten Unterschied. Diese Signifikanz wurde zwischen den chemisch gebeizten Tiefsaaten festgestellt. Der Test ergab einen p-Wert von 0,022. Somit kann auch hier die Alternativhypothese, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Parzellen besteht, angenommen werden.

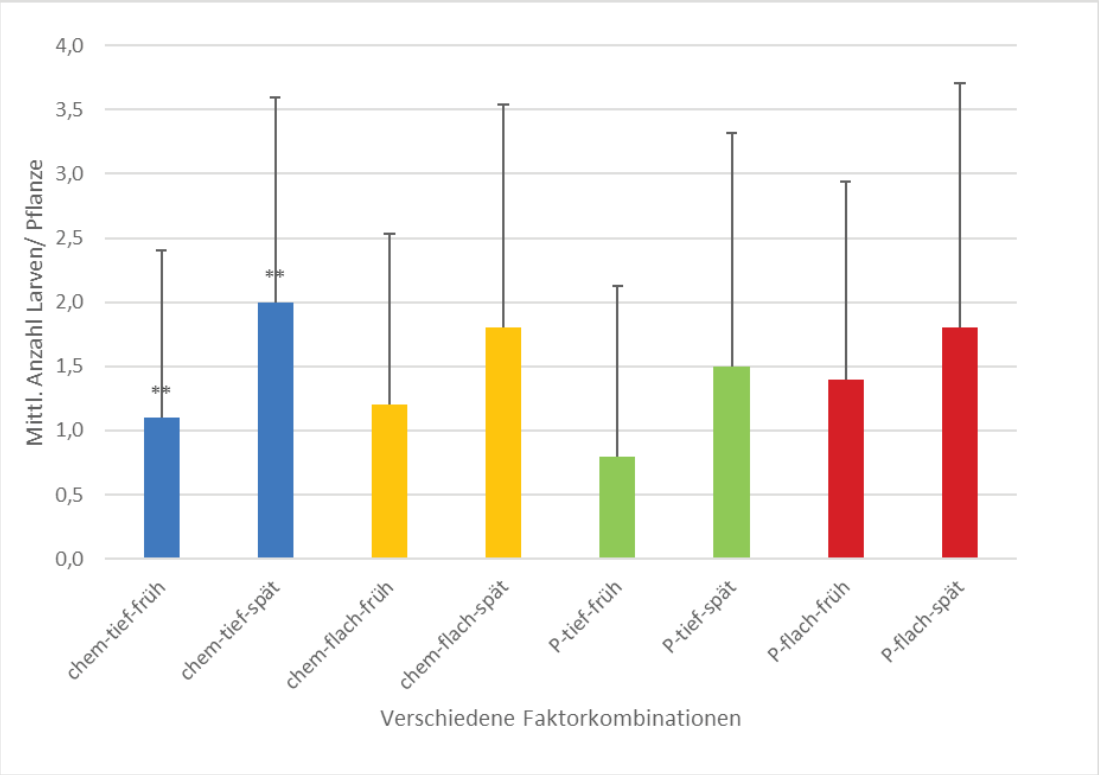

Abb. 13: Vergleich der Larvenanzahl/ Pflanze bei unterschiedlicher Saatzeit, bei gleicher Beizung und Saattiefe; signifikante Unterschiede zwischen den Parzellen wurden mit ** gekennzeichnet; Mann-Whitney-U-Test, p ≤ 0,05; Durchschnittliche Standardabweichung: 1,57

4.6.3 Vergleich des Larvenbefalls bei unterschiedlichen Beizvarianten

Der letzte statistische Vergleich bezog sich auf die Saatgutbehandlung in Form von unterschiedlichen Beizverfahren. Auch hier können in der grafischen Darstellung optische Unterschiede zwischen den einzelnen Parzellenvergleichen ausgemacht werden. So weisen die chemisch behandelten Parzellen in zwei Fällen einen höheren Befall auf. Das betrifft sowohl die tief gesäte Spätsaat, als auch die Frühsaat. Bei den Flachsaaten sind die Unterschiede deutlich geringer. Der an die deskriptive Analyse angeschlossene Mann-Whitney-U-Test ergab für keinen der Vergleiche einen signifikanten Unterschied. Es musste in allen Fällen die Nullhypothese angenommen werden **(Abb. 14)**.

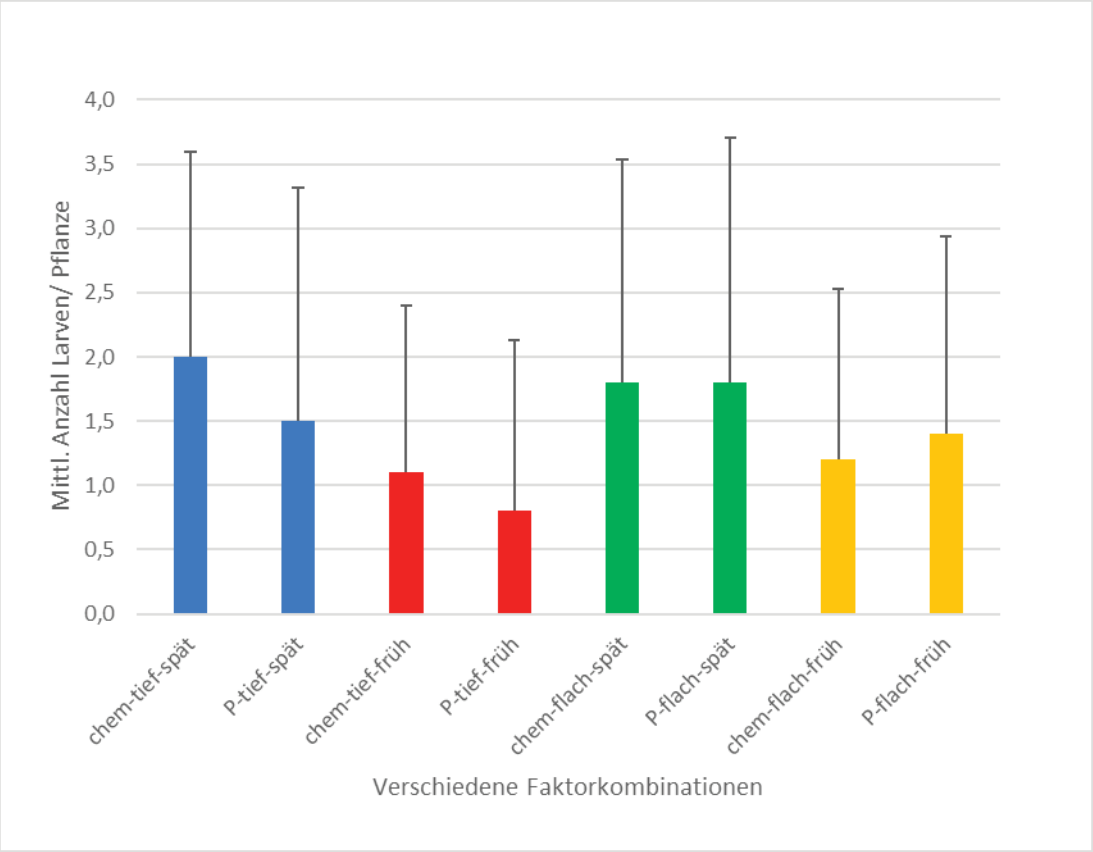

Abb. 14: Vergleich der Larvenanzahl/ Pflanze bei unterschiedlicher Saatgutvorbehandlung, bei gleicher Saattiefe und Saatzeit; signifikante Unterschiede zwischen den Parzellen wurden mit ** gekennzeichnet; Mann-Whitney-U-Test, p ≤ 0,05; Durchschnittliche Standardabweichung: 1,57

5 Diskussion

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit erfolgte eine Überprüfung der derzeitigen IPM-Maßnahmen zur Rapserdflohkontrolle. In der Diskussion werden zunächst die Auswertungen zum zeitlichen und räumlichen Auftreten der adulten Käfer betrachtet. Anschließend wird ein möglicher Einfluss der Temperatur auf das Zuflugverhalten untersucht. Danach wird der mögliche Zusammenhang zwischen den Vernarbungen an der Pflanze und den in der Pflanze tatsächlich minierenden Larven, geprüft.

Das Hauptaugenmerk der Arbeit liegt aber auf die am meisten in der Literatur empfohlenen IPM-Maßnahme: Der Etablierung der optimalen Einzelpflanze, welche aufgrund ihrer optimalen Anbaubedingungen (u.a. Saatzeit, Saattiefe) und Wüchsigkeit auch stärker befallen wird, diesen hohen Larvenbefall aber auch besser tolerieren kann. Diese Aussage sollte durch die Auswertung der Daten untersucht werden.

Bei allen, in dieser Bachelorarbeit diskutierten, Ergebnissen muss beachtet werden, dass der Versuch nur über drei Monate gelaufen ist. Etwaige Schäden durch die Larven, welche erst im Frühjahr zu sehen sind beziehungsweise erst noch entstehen werden, wurden nicht erfasst. Auch können die Ergebnisse nicht auf andere Regionen Deutschlands bezogen werden, da die Ergebnisse nur an einem Standort in Mecklenburg-Vorpommern erfasst und ausgewertet wurden. Deshalb müssen die hier getroffenen Ergebnisse und Aussagen in Zukunft noch weiter untersucht und werden. Diese Arbeit soll lediglich dazu dienen eine erste Prognose abzugeben, ob in naher Zukunft eine Überarbeitung der IPM-Maßnahmen Sinn haben könnte.

5.1 Räumliche Variabilität der Zuwanderung der Käfer

Anhand dieser Untersuchung wird eine Aussage zur Standortwahl der Gelbschalen getroffen. Allgemein wird empfohlen die Gelbschalen etwa 20 Meter entfernt Feldrand zu platzieren und so die Zuwanderung der verschiedenen Schädlinge zu Überwachen. Man soll dabei mögliche Randbereiche, alte Rapsschläge und auch Gehölze und Hecken beachten und gegebenenfalls an diesen Orten die Gelbschalen aufstellen. Wenn nötig sollen auch mehrere Schalen platziert werden (vgl. Bartels, et al., 2020). Die eigenen praktischen Erfahrungen stellen allerdings ein anderes Bild dar. Die meisten Landwirte sind damit zufrieden eine Gelbschale in ihren Beständen zu platzieren. Das es aber durchaus Sinn machen kann der oben empfohlenen Maßnahme zu folgen, kann durch die Auswertung der Gelbschalenfänge auf diesem Feldversuch gezeigt werden.

Die „linke“ Gelbschale wurde direkt neben den ersten Parzellen des Versuches in nördlicher Richtung aufgestellt. Sie war unweit der feldbegrenzenden Hecke im Westen aufgestellt worden. Der im Nordosten angrenzende Schlag war außerdem ein Altrapsschlag.

Die „rechte“ Schale hingegen erhielt ihren Standort in südlicher Richtung, also deutlich weiter entfernt vom Feldrand. Sie befand sich in unmittelbarer Nähe zum versuchsumfassenden Praxisschlag des ortsansässigen Landwirtes. Dort in der Nähe befand sich außerdem die, zu diesem Zeitpunkt die noch nicht eingesäte, Fläche eines weiteren Versuches. Entgegen der Erwartung einer vermehrten Zuwanderung der Käfer aus der westlichen Hecke oder aus nördlicher Richtung des vorjährigen Rapsschlages, erfolgte der höchste Zuflug aus Richtung des Rapsschlages des Landwirtes und der gepflügten Versuchsfläche aus südlicher Richtung. Die Ergebnisse der Auszählung zeigen in der linken Gelbschale weniger Erdflöhe (im Mittel 16 Tiere), als in der rechten Schale (im Mittel 31 Tiere). Demzufolge ergab auch die Larvenbonitur einen höheren Befall für die südlichen Parzellen **(Abb. 16)**. Nach Schreier (1960) können bei einer Suche unter Erdbrocken auch dort sehr viele Käfer gefunden werden. Demzufolge kann man davon ausgehen, dass der Rapserdfloh in diesem Fall unter den Schollen und Erdbrocken der gepflügten Fläche Unterschlupf fand und von dort aus vermehrt in den Versuchsbestand eingewandert ist. Auch haben schon mehrere Versuche gezeigt, dass der Larvenbefall in Rapssaaten in gepflügtem Boden deutlich höher ist, als der Befall in einer Mulchsaat (Schierbaum-Schickler & Ulber, 2001 zitiert nach Christen & Friedt, 2011). Schlussfolgernd lässt sich also die Empfehlung, des Aufstellens mehrerer Gelbschalen, befürworten. Dennoch sollte der Standort nicht nur auf möglich Einwanderungs-Hot-Spots beschränkt werden. Es muss auch ein Zuflug aus eher unwahrscheinlichen Richtungen, wie zum Beispiel einem noch nicht bestellten, aber bearbeitetem Feld in Betracht gezogen werden.

5.2 Einfluss der Tagesdurchschnittstemperatur auf den Besiedelungszeitpunkt der Käfer

In diesem Punkt der Diskussion wird die Frage erörtert, ob die Käfer bei ihrer Zuwanderung auf etwaige Temperaturunterschiede reagieren. Die These war, dass sich durch die zunehmend unregelmäßigeren, aber dennoch höheren Temperaturen im Herbst, auch das Zuflugverhalten der adulten Käfer verändert. Zumindest sollte aber geprüft werden, ob wenigstens ein geringer Einfluss besteht. Auch für diese Auswertung wurden die Gelbschalenfänge herangezogen. Dazu erfolgte die Auswertung der gesammelten Temperaturdaten.

Die Ergebnisse zeigten keinen signifikanten Zusammenhang/ Einfluss der Tagesdurchschnittstemperatur auf die Besiedelung des Winterrapses durch die Käfer. Somit kann bestätigt werden, dass die Einwanderung der Käfer zumeist unabhängig von Witterungseinflüssen, erfolgt (vgl. Schulz & Daebeler, 1984). Die Temperatur von über 16 °C (Godan, 1948 zitiert nach Schulz, 1985), die der Erdfloh zur Besiedelungszeit benötigt, wurde ebenfalls erreicht. Teilweise betrug die Tageshöchsttemperatur im September 20 bis 30 °C am Standort. Aus diesen Ergebnissen festzuhalten bleibt, dass sich der Erdfloh zur Besiedelung weniger an die klimatischen Einflüsse orientiert.

Der Zeitraum des Zuflugs wird wohl eher durch das Ende der Sommerdiapause und sein damit verbundenes Hungervermögen bestimmt. Der Lebenszyklus des Rapserdflohs ist terminlich sehr gut an das damalige und auch heutige Anbausystem angepasst. Die Hauptbesiedlung der Winterrapsbestände wird also auch in Zukunft während der ersten Septemberhälfte stattfinden.

5.3 Mögliche Vereinfachung der Larvenbonitur im Frühjahr

Im späten Herbst (Ende Oktober bis Anfang November) und im Frühjahr sollte man, nach den gängigen Empfehlungen, die Rapsbestände auf den Erdflohlarvenbefall bonitieren. Die Schadschwelle liegt in einem schwachen Bestand bei drei Larven je Pflanze und in einem normal entwickelten Bestand bei fünf Larven pro Pflanze (Paul, 2012). Die Bonitur der Larven ist sehr aufwendig, denn die Larve ist etwa nur sieben Millimeter lang. Ist die Pflanze dann noch stark befallen wird der Vorgang noch mühseliger. Aufgrund der aufwendigen Arbeit untersuchte bereits Conrad (2018) einen Zusammenhang zwischen den äußerlich sichtbaren, typischen Vernarbungen. Das Ergebnis seiner Arbeit ist ein Schätzmodell für die Larvenbonitur vor dem Winter bzw. im Dezember. So braucht es bei unter 5 Vernarbungen/ Pflanze keine Bekämpfung. Wenn über fünf Vernarbungen/ Pflanze gefunden werden, sollte trotzdem eine Larvenbonitur erfolgen. Anschließend kann mit dem bekannten Schadschwellensystem die Bekämpfungswürdigkeit ermittelt werden. Für das Frühjahr weist das Modell keinen genügend hohe Genauigkeit auf (vgl. Conrad, 2018).

Die vorangegangenen Ergebnisse wurden im Rahmen dieser Bachelorthesis überprüft. Da sich die Arbeit auch noch auf andere IPM-Maßnahmen bezieht, wurde zumindest der signifikante Zusammenhang zwischen den Vernarbungen und den tatsächlich vorhandenen Larven/ Pflanze untersucht. Eine Anwendung des Schätzmodells erfolgte nicht. Es kann aufgrund der gesammelten Daten und einem Korrelationstest davon ausgegangen werden, dass eine positive mittlere Korrelation vorliegt. Die Signifikanz des Zusammenhangs konnte durch einen anschließenden Hypothesentest bestätigt werden. Das lässt also die Aussage zu, dass je mehr Vernarbungen an einer Pflanze gezählt werden können, desto mehr Larven befinden sich auch in der Pflanze. Bei der Bonitur war jedoch auch auffallend, dass manche Pflanze mehr Vernarbungen aufwiesen als tatsächlich Larven in ihr minierten. Dennoch lassen auch diese Ergebnisse den Schluss zu, dass die Weiterentwicklung des Schätzmodells ein Vorteil bei der Larvenbonitur sein kann. So kann den Landwirten, zukünftig nach tiefergehenden Untersuchungen, ein probates Mittel für die schnelle Entscheidungsfindung nach den IPM-Grundätzen an die Hand gegeben werden.

5.4 Überprüfung der IPM-Maßnahme: „Etablierung einer optimalen Einzelpflanze“

Der erste Grundsatz der IPM-Maßnahmen beschreibt vorbeugende Maßnahmen zur Schädlingskontrolle. Diese Maßnahmen betreffen die Fruchtfolge, genauso wie die Bodenbearbeitung und auch die Aussaatparameter. Also alles Maßnahmen die zu einer Etablierung und Entwicklung der Pflanze beitragen. So soll die Etablierung der optimal entwickelten Einzelpflanze sich positiv auf einen möglichen Befall mit dem Rapserdfloh auswirken. Dabei spielen eine frühe und nicht so dichte Saat genauso eine Rolle, wie eine ausgewogene Düngung (vgl. Paul, 2012). Diese Maßnahmen führen zur Entwicklung einer kräftigen und widerstandfähigeren Einzelpflanze, die meistens stärker befallen wird, diesen Befall aber auch besser toleriert (vgl. Nuss & Ulber, 2004 zitiert nach Christen & Friedt, 2011).

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den möglichen Auswirkungen der Saatzeit, Saatstärke und Saatgutvorbehandlung auf einen Rapserdflohbefall. Die Behauptung des stärkeren Larvenbesatzes konnte nach Auswertung der Versuchsdaten nicht bestätigt werden. Der Käfer selbst wanderte aus südlicher Richtung ein und schädigte dort vorallem die Spätsaat - Parzellen. Dieser erhöhte Befallsdruck mit den Käfern, wurde durch die spätere Larvenbonitur bestätigt. So weisen nach deskriptiver Analyse die Spätsaat - Parzellen im Vergleich zu den Frühsaat - Parzellen immer eine höhere Larvenanzahl auf. Der Mann-Whitney-U Test ergab jedoch nur für einen Früh-Spät-Vergleich einen signifikanten Unterschied **(Abb. 13)**. Der Saattiefen-Vergleich unter den Parzellen hinsichtlich ihres Larvenbefalls ergab optisch kaum Unterschiede. Lediglich zwischen den physikalisch gebeizten Frühsaaten konnte sowohl optisch, als auch analytisch ein Unterschied festgestellt werden. Die flach ausgesäte Variante (1,4 Larven/ Pflanze) war signifinkat stärker mit Larven befallen als die tief gesäte Variante (0,8 Larven/ Pflanze). Die anderen Vergleiche ließen hier keine Tendenz erkennen **(Abb. 12)**. Der letzte Teildatenvergleich beschäftigte sich mit dem Vergleich der unterschiedlichen Beizvarianten (chemisch-physikalisch). Hier konnte deskriptiv ebenfalls nur in zwei Vergleichen ein Unterschied festgestellt werden. In beiden Fällen wurde die chemisch gebeizten Parzellen stärker befallen als die physikalischen gebeizten Parzellen. Der statistische Test konnte jedoch in keinem der Fälle einen signifikanten Unterschied erkennen **(Abb. 14)**. Die zeitliche Analyse des Versuches ergab zudem, dass die Hauptzuwanderung der Erdflöhe, um den Zeitraum des Auflaufens der Spätsaat stattfand (16.09.2020). Es kann also bestätigt werden, dass der Rapserdloh stets in der ersten Septemberhälfte seinen Besiedelungshöhepunkt erreicht (vgl. Schulz & Daebeler, 1984). Die Ergebnisse der Vergleiche decken sich an dieser Stelle auch mit der Aussage, dass der Rapserdfloh für den Reifungsfraß eher jüngeres, weicheres Gewebe dem deutlich älteren Pflanzengewebe vorzieht (vgl. Godan, 1948).

Die Korrelationsanalyse eines möglichen Zusammenhangs zwischen der Trockenmasse der Pflanze und dem Larvenbefall kam ebenfalls zu eben diesem Ergebnis. Das bedeutet je weniger Trockenmasse/ Pflanze desto mehr Larven/ Pflanze wurden gezählt.

Schlussfolgernd lässt sich für diese Maßnahme also sagen, dass es zwar durchaus wichtig ist, eine optimale Entwicklung der Pflanze sicherzustellen. Dennoch kann nach Auswertung dieser Daten, im Bezug mit einem Rapserdflohbefall nicht davon gesprochen werden, dass ein früh etablierter Raps in jedem Fall stärker befallen wird. Der Erdfloh hat in diesem Versuch die Spätsaat präferiert. Die unterschiedliche Ablagetiefe und Beizung haben den möglichen Befall weniger beeinflusst. Weiter kann festgestellt werden, dass ein möglicher Erdflohbefall stark von seinem Lebenszyklus beeinflusst wird. Fällt das Auflaufen des Winterrapses mit dem Ende der Diapause der Käfer zusammen, ist der Befall deutlich höher. Es wurde in dieser Arbeit allerdings auch bestätigt, dass die Temperatur keinen signifikanten Einfluss auf das Zuwanderungsverhalten der Käfer hat. Demzufolge ist davon auszugehen, dass auch in Zukunft mit der Hauptbesiedelung der Bestände erst im September zu rechnen ist. An dieser Stelle macht es dann wiederum Sinn die Aussaat des Winterrapses auf einen früheren Termin zu verlegen. So hätte man zum eigentlichen Zuflugstermin schon ältere Pflanzen, welche nicht so gerne gefressen und befallen werden. Vielleicht kann so zwar der Befall nicht gänzlich verhindert werden, diesen aber nach den Grundsätzen des Integrierten Schädlingsmanagement auf ein wirtschaftlich unbedenkliches Niveau abschwächen.

Zu guter Letzt kann man also sagen, dass es in naher Zukunft wichtig ist die einzelnen empfohlenen Maßnahmen ein wenig den sich verändernden Bedingungen anzupassen. Auch wenn, wie in diesem Fall gezeigt, der Erdfloh nicht direkt auf die sich verändernden Klimaverhältnisse reagiert. So kann es doch sein, dass sich andere Schädlinge schneller anpassen und ihre gewohnten Verhaltensweisen verändern. Ähnlich wie der Landwirt in Zukunft auch seine Anbausysteme anpasst, werden sich über kurz oder lang auch die Insekten daran anpassen. Es wird natürlich von Nöten sein, weitere Untersuchungen dazu anzustellen. Außerdem sollten die derzeitigen Bemühungen rund um nicht-chemische Alternativen, wie z.B. die Förderung der natürlichen Fressfeinde, weiter intensiviert werden. Damit auch in Zukunft ein ertragreicher und wirtschaftlicher Anbau von Winterraps möglich ist. Denn den derzeitigen Trend bewertend, werden immer mehr chemische Mittel verboten und nur wenige neue entwickelt und zugelassen. Hat man bis dahin keine Alternativen entwickelt, wird der wirtschaftliche Rapsanbau in Deutschland immer schwieriger.

6 Zusammenfassung

Der Winterraps hat trotz zwei schwierigen Trockenjahren seine Bedeutung in der deutschen Agrarlandschaft gehalten. Er ist weiterhin eine wichtige Kultur hinsichtlich der Fruchtfolgestellung und auch seiner Marktleistung. Doch mit dem hohen Anbauvolumen, gerade in Mecklenburg-Vorpommern, besteht auch weiterhin die Problematik des immensen Schädlingsaufkommens. Durch den Wegfall verschiedener Wirkstoffgruppen wird das Thema weiter verschärft. Vor allem das Verbot des neonikotinoiden Beizschutzes hat einen bestimmten Schädling erst so richtig gefördert. Der Große Rapserdfloh (Psylliodes chrysocephala L.) kann mittlerweile zu schweren wirtschaftlichen Schäden in einem Rapsbestand führen. Sowohl die adulten Tiere mit ihrem Fensterfraß oder aber die Larven mit ihrem viel schwerwiegenderen Minierfraß in den Blattstielen der Pflanzen können enorme Schäden hervorrufen. Das einzigen derzeit zugelassenen chemischen Bekämpfungsmittel stellt die Wirkstoffgruppe der Pyrethroide dar. Darum ist es notwendig neue Bekämpfungsstrategien zu entwickeln. Mit dem „Integrierten Schädlingsmanagement“ (IPM) erfolgte bereits im Jahr 2009 ein Anreiz seitens der EU. In diesen Richtlinien sind verschiedene Grundsätze aufgestellt worden, um die Schädlingsbekämpfung mit möglichst wenig synthetischen Mitteln umweltschonender und wirtschaftlicher zu gestalten.

Die vorliegende Bachelorarbeit beschäftigt sich mit den IPM-Maßnahmen, welche auf die Kontrolle des Rapserdflohs abzielen. In einem ersten Teil der Arbeit wird das System des Integrierten Schädlingsmanagements vorgestellt. Darauf folgt eine Beschreibung des Großen Rapserdflohs (Psylliodes chrysocephala L.), hinsichtlich seiner Biologie und seiner typischen Schadsymptome. Anschließend werden die bisher empfohlenen IPM- Bekämpfungsmaßnahmen dargestellt. In einem weiteren Unterpunkt der Literaturauswertung erfolgt die Vorstellung neuer wissenschaftlicher Ansätze zur Kontrolle des Schädlings. Im zweiten Teil der Arbeit werden die Ergebnisse eines Feldversuchs ausgewertet. Die Auswertung bezieht sich auf den Besiedelungszeitpunkt der Käfer mit Hilfe von Gelbschalenfängen und auf den Larvenbesatz/ Pflanze. Je angelegter Parzelle erfolgten verschiedene Kombinationen von Saatzeitpunkt (früh-spät), Saattiefe (tief-flach) und Saatgutvorbehandlung (chemisch-physikalisch).

Anhand der gesammelten Daten wurden verschiedene Hypothesen untersucht. Es wurde die räumliche Variabilität der Zuwanderung des Erdflohs untersucht, um eine Prognose für die richtige Standortwahl der Gelbschalen zu machen. Man muss in Zukunft in Betracht ziehen, dass der Käfer auch aus unerwarteter Richtung in den Bestand einwandert. Daran anschließend wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen den Vernarbungen/ Pflanze und der Larvenanzahl/ Pflanze geprüft. Festgestellt werden konnte hier ein geringer, signifikanter Zusammenhang. An dieser Stelle bedarf es weiterer Untersuchungen, um ein mögliches Schätzmodell wie z.B. nach Conrad (2018) für die Vereinfachte Larvenbonitur weiter zu bestätigen und in die praxisreife zu bringen.

Weiterhin wurde ein möglicher Zusammenhang der Temperatur und dem Besiedelungszeitpunkt untersucht. Dieser Fakt konnte nicht signifikant bestätigt werden. Abschließend wurde die These untersucht eine möglichst früh gesäte und damit optimale Pflanze zu etablieren. Die These kann nur teilweise bestätigt werden. Die Ergebnisse zeigten, dass es durchaus Sinn machen kann den Raps möglichst früh zu etablieren. Doch eher aus dem Grund den zyklusgesteuerten Besiedlungshöhepunkt der Erdflöhe zu umgehen und dem Käfer weniger attraktive, ältere Pflanze anzubieten.

Zum Schluss lässt sich sagen, dass mit Hilfe der Arbeit dem Leser das derzeitige Wissen rund um das Integrierte Schädlingsmanagement und den Rapserdfloh nähergebracht wird. Durch den in der Arbeit ausgewerteten Feldversuch konnten einige Maßnahmen des IPM geprüft und eingeordnet werden. Am Ende konnten einige Anregungen bezüglich einer Überarbeitung der IPM-Empfehlungen gemacht werden. Dennoch sollten weiterhin Untersuchungen zum Verhalten des Erdflohs betrieben werden, um weitere Kontrollmaßnahmen zu entwickeln und diese dann auch in der Praxis zu etablieren.

7 Literaturverzeichnis

Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB), 2021. *ahdb.org.uk.* [Online]
Available at: https://ahdb.org.uk/about-ahdb
[Zugriff am Januar 2021].

Bartels, D. A., Haberlah-Korr, P. D. V. & Schäfer, P. D. B. C., 2020. *Leitlinie des integrierten Pflanzenschutzes im Rapsanbau.* [Online]
Available at: https://www.ufop.de/files/5116/0508/0661/1738_Leitlinie_Raps_111120.pdf
[Zugriff am November 2020].

Barzman, M. et al., 2015. *Eight principles of integrated pest management.* [Online]
Available at: https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-015-0327-9
[Zugriff am 16 Dezember 2020].

Breitenmoser, S. et al., 2020. *Agrarforschung Schweiz.* [Online]
Available at: https://www.agrarforschungschweiz.ch/2020/01/raps-untersaat-zur-bekaempfung-adulter-erdfloehe-einem-rapsschaedling/
[Zugriff am 25 Januar 2021].

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, 2021. *www.praxis-agrar.de.* [Online]
Available at: https://www.praxis-agrar.de/tier/bienen/eu-weites-freilandverbot-fuer-neonicotinoide/
[Zugriff am 23 Januar 2021].

Christen, O. & Friedt, W., 2011. *Winterraps - Das Handbuch für Profis.* 2. Überarbeitete Auflage Hrsg. Frankfurt am Main: DLG-Verlags-GmbH.

Conrad, N., 2018. *www.julius-kuehn.de.* [Online]
Available at: https://ojs.openagrar.de/index.php/DissJKI/article/view/11173
[Zugriff am 20 Dezember 2020].

DATAtab, 2021. *datatab.de.* [Online]
Available at: https://datatab.de/
[Zugriff am 10 Februar 2021].

Europäisches Parlament und Europäischer Rat, 2009. *RICHTLINIE 2009/128/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES.* [Online]
Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0128&from=DE
[Zugriff am 21 Dezember 2020].

Godan, D., 1948. Über Prognosestellurigen, betreffend Massenvermehrungen von Raps- und Rübsenschädlingen. *Nachrichtenblatt Dt. Pflanzenschutzdienst*, pp. 148-152.

Godan, D. D., 1951. Über Nahrungs- und Brutpflanzen des Rapserdflohs (Psylliodes chrysocephala L.). *Anzeiger für Schädlingskunde*, Juni, pp. 81-85.

Google LLC, 2021. *www.google.de/maps.* [Online]
Available at:
https://www.google.de/maps/@53.5949854,12.820971,668m/data=!3m1!1e3?hl=de
[Zugriff am 05 Februar 2021].

Hallmann, J. & von Thiedemann, A., 2019. *Phytomedizin.* 3. Auflage Hrsg. Stuttgart: Eugen Ulmer.

Jordan, A. et al., 2020. The potential of the solitary parasitoid Microctonus brassicae for the biological control of the adult cabbage stem flea beetle, Psylliodes chrysocephala. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 15 Mai.

Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V./"Plasma Agrarkultur", 2021. *www.inp-greifswald.de.* [Online]
Available at: https://www.inp-greifswald.de/de/forschung/forschergruppen/plasma-agrarkultur/
[Zugriff am 2 Februar 2021].

Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., 2021. *www.inp-greifswald.de.* [Online]
Available at: https://www.inp-greifswald.de/de/aktuelles/wir-konzepte/physics-for-food/
[Zugriff am 26 Januar 2021].

Martinez, O., 2014. *www.isip.de.* [Online]
Available at:
https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/303352/23585765aaba6c69b0f783962bfef31b/steckbrief-rapsschaedlinge-data.pdf
[Zugriff am 14 Januar 2021].

Meuche, A., 1940. Untersuchungen am Rapserdfloh (Psylliodes chrysocephala L.) in Ostholstein.. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, pp. 464-495.

Nuss, H. & Ulber, B., 2004. Effect of sowing density of oilseed rape on the abundance and within-plant destributionof cabbage stem flea beetle, Psylliodes chrysocephala L.. *IOBC/wprs Bulletin*.

Paul, V. H., 2012. *Raps Krankheiten-Schädlinge-Schadpflanzen.* Bonn: AgroConcept.

Schierbaum-Schickler, C. & Ulber, B., 2001. Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf den Rapserdflohbefall von Winterraps und den Schlupf der Jungkäfer. *RAPS 19*, pp. 122-125.

Schreier, O., 1960. Über eine Rapserdfloh-Gradation in Österreich. *Pflanzenschutzberichte Östereich,* Band XXV, pp. 47-65.

Schubiger, D. F. X., 2021. *www.pflanzenkrankheiten.ch.* [Online]
Available at: https://www.pflanzenkrankheiten.ch/schaedlinge/ackerbau/psylliodes-chrysocephala
[Zugriff am 15 Januar 2021].

Schulz, R.-R., 1985. Untersuchungen zur Vermehrungsrate des Rapserdflohs (Psylliodes chrysocephala L.). *Archives Of Phytopathology And Plant Protection*, 10 Februar, pp. 305-3011.

Schulz, R.-R. & Daebeler, F., 1984. Zum Schaden durch den Rapserdfloh (Psylliodes chrysocephala L.), insbesondere seiner Imagines. *Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR,* Issue 6, pp. 113-115.

Schwarz, J. & Bruderer Enzler, H., 2021. *www. methodenberatung.uzh.ch.* [Online]
Available at:
https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/unterschiede/zentral/kruskal.html
[Zugriff am Januar 2021].

Statistische Amt Mecklenburg-Vorpommern, 2020. *www.proplanta.de.* [Online]
Available at: https://www.proplanta.de/agrar-nachrichten/pflanze/winterrapsanbau-steigt-wieder-leicht-an_article1589496556.html
[Zugriff am 22 Januar 2021].

Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP), 2020. *www.ufop.de.* [Online]
Available at: https://www.ufop.de/presse/aktuelle-pressemitteilungen/ufop-prognostiziert-winterrapsaussaat-auf-ueber-1-million-hektar/
[Zugriff am Januar 2021].

White, S., Ellis, S. & Kendall, S., 2018. *Investigating non-chemical control options for cabbage stem flea beetle in oilseed rape.* Zagreb (Croatia), International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants, West Palearctic Regional Section (IOBC-WPRS), pp. 60-62.

Zimmer, C. T., Müller, A., Heimbach, U. & Nauen, R., 2014. Target-site resistance to pyrethroid insecticides in German populations of the cabbage stem flea beetle, Psylliodes chrysocephala L. (Coleoptera: Chrysomelidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology,* Issue 108, pp. 1-7.

A Anhang

Tab. 5: Klimatabelle des Standortes Hungerstorf. Dargestellt sind die tägliche Niederschlagssumme (mm), Tagesdurchschnittstemperatur (°C), Tageshöchsttemperatur (°C) und die Tagestiefsttemperatur (°C) für die Monate September, Oktober und November

		Lufttemperatur [°C]			Niederschlag [mm]
Monat	Datum	durch.	max.	min.	Tagesumme
September	02.09.2020	14,52	19,01	11,25	3
	03.09.2020	16,56	22,07	11,47	2
	04.09.2020	17,46	21,84	13,74	0,4
	05.09.2020	14,47	18,28	12,13	2,6
	06.09.2020	13,14	18,2	9,13	0
	07.09.2020	13,73	19,15	9,79	1
	08.09.2020	16,54	21	12,87	0
	09.09.2020	17,46	22,65	12,08	1
	10.09.2020	13,27	19,01	7,73	0
	11.09.2020	14,13	20,27	8,16	0
	12.09.2020	15,98	24,2	6,76	0
	13.09.2020	16,78	23,25	10,56	0
	14.09.2020	18,57	28,09	10,43	0
	15.09.2020	20,39	31,08	10,87	0
	16.09.2020	18,62	27,86	11,87	0
	17.09.2020	11,96	17,38	3,45	0
	18.09.2020	9,92	20,01	1,36	0
	19.09.2020	10,74	20,14	0,68	0
	20.09.2020	12,28	22,45	2,96	0
	21.09.2020	12,82	24,59	3,7	0
	22.09.2020	14,94	25,62	5,04	0
	23.09.2020	15,77	25,38	7,39	0
	24.09.2020	14,31	22,35	6,94	0
	25.09.2020	11,66	14,92	6,32	20,2
	26.09.2020	10,82	17,26	5,38	14,6
	27.09.2020	9,92	10,43	9,23	9,6
	28.09.2020	12,22	17,68	6,56	0,2
	29.09.2020	11,12	19,45	5,42	0
	30.09.2020	11,99	19,8	5,5	0
Oktober	01.10.2020	13,25	18,03	6,72	0
	02.10.2020	13,87	15,57	12,24	0,2
	03.10.2020	15,63	20,28	12,81	0
	04.10.2020	13,29	19,16	6,25	0
	05.10.2020	11,24	16,76	6,18	0
	06.10.2020	11,21	15,58	7,36	0,6
	07.10.2020	12,02	15,62	9,52	0
	08.10.2020	12,08	14,31	9,8	11
	09.10.2020	12,02	15,25	9,22	0,2
	10.10.2020	9,53	13,22	5,24	0,4
	11.10.2020	8,4	11,93	4,29	4
	12.10.2020	8,15	12,22	2,63	0
	13.10.2020	7,53	13,65	1,76	0,2
	14.10.2020	9,65	10,55	9,04	10,2
	15.10.2020	8,88	9,54	7,97	0,4
	16.10.2020	8,95	10,63	7,37	0
	17.10.2020	7,93	12,66	5,8	0
	18.10.2020	8,14	11,64	5,14	0,2
	19.10.2020	7,23	11,93	4,16	0
	20.10.2020	8,05	11,65	3,7	0,8
	21.10.2020	12,25	15,12	10,49	3
	22.10.2020	15,04	17,89	11,64	2
	23.10.2020	11,29	14,11	9,64	0
	27.10.2020	8,95	9,8	8,31	0
	28.10.2020	9,67	13,74	7,41	3,6
	29.10.2020	8,99	11,27	5,97	5
	30.10.2020	10,86	13,64	5,84	7,8
	31.10.2020	13,79	17,11	12,42	1

November	01.11.2020	12,6	14,9	10,87	0,6
	02.11.2020	16,13	18,67	13,13	2
	03.11.2020	9,78	13,03	6,29	0
	04.11.2020	7,34	11	4,9	0
	05.11.2020	8,08	11,64	4,57	0
	06.11.2020	10,43	11,57	9,45	0
	07.11.2020	7	11,17	1,7	0,2
	08.11.2020	3,64	5,96	0,16	0,2
	09.11.2020	5,31	5,98	4,89	0
	10.11.2020	5,01	6,07	4,3	0
	11.11.2020	5,23	6,05	4,56	0
	12.11.2020	7,26	10,81	4,83	0,4
	13.11.2020	7,43	10,42	4,2	0,6
	14.11.2020	10,14	12,3	7,55	0
	15.11.2020	10,21	13,45	7,89	0,2
	16.11.2020	9,65	11,81	6,67	0,2
	17.11.2020	9,91	11,46	7,94	0,8
	18.11.2020	10,46	11,97	8,52	0
	19.11.2020	8,17	11,33	2,49	0,2
	20.11.2020	2,89	6,35	0,13	0
	21.11.2020	4,29	7,37	0,85	0
	22.11.2020	7,52	9,68	5,46	1,8
	23.11.2020	5,83	8,59	3,77	0
	24.11.2020	4,42	7,24	1,86	0
	25.11.2020	1,38	2,85	0,46	0
	26.11.2020	4,78	8,14	2,3	0,2
	27.11.2020	2,73	4,79	0,4	0,4
	28.11.2020	0,86	4,99	-3,32	0,2
	29.11.2020	1,84	5	-2,57	0,2
	30.11.2020	1,14	1,73	-0,35	0,2

Abb. 15: Schematische Darstellung des Versuchaufbaus. Parzellengröße 9x3 (LxB) = 27m²

Grüner Balken = Andeutung der angrenzenden Rapsfläche des ansässigen Landwirts im Norden und Osten

Brauner Balken = Andeutung der feldbegrenzenden Hecke im Westen

Orangener Balken = Andeutung der weiteren Versuchsflächen im Süden

Gelbe Kreise = Andeutung der Gelbschalenstandorte

Wdhlg 1				Wdhlg 2				Wdhlg 3				Wdhlg 4			
6 UK chem- tief- früh B1				30 UK chem - tief - spät B2		42 UK chem - flach - früh B2		54 UK chem - flach - früh B3	55 UK P - tief - früh B3				79 UK P - flach - früh B4		
	8 UK P - flach - früh B1	17 UK P - tief - spät B1			32 UK P - flach - spät B2					65 UK P - tief - spät B3	68 UK P - flach - spät B3	77 UK P - tief - früh B4		89 UK P - flach - spät B4	
			21 UK chem - flach - spät B1				45 UK P - tief - früh B2								93 UK chem - tief - spät B4
			22 UK P - flach - spät B1		34 UK chem - flach - spät B2								82 UK chem - flach - früh B4	87 UK chem - flach - spät B4	
2 UK P - tief - früh B1				26 UK P - tief - spät B2			47 UK chem- tief- früh B2	50 UK P - flach - früh B3	59 UK chem- tief- früh B3	62 UK chem - tief - spät B3	71 UK chem - flach - spät B3	74 UK chem- tief- früh B4			
	12 UK chem - flach - früh B1	13 UK chem - tief - spät B1				37 UK P - flach - früh B2									96 UK P - tief - spät B4

Abb. 16: Darstellung der räumlichen Variabilität der Larvenanzahl/ Pflanze auf Parzellenebene gemittelt

N

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich während der Erstellung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben.

Zuerst richtet sich mein Dank an Frau Prof. Dr. Becke Strehlow, die meine Arbeit betreut hat. Für die beratenden Gespräche zur abschließenden Themenfindung, die Rohdatenbereitstellung und die hilfreichen Anregungen und Kritiken möchte ich mich herzlichst bedanken.

Ich bedanke mich bei der Wissenschaftlichen Mitarbeiterin des Fachbereichs Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz Frau Aileen Hahlbohm, für die Bereitstellung weiterer Daten, sowie wichtigen Tipps die mir bei der Erstellung der Arbeit weitergeholfen haben.

Außerdem möchte ich mich bei meinen Kommilitonen bedanken, die mich bei der Larvenbonitur mit großer Hilfsbereitschaft und Ausdauer unterstützt haben.

Abschließend möchte ich meinen Eltern danken, die mich während des Studiums stets unterstützt haben und immer ein offenes Ohr für mich hatten.

Leon Bülow

Neubrandenburg, 25.02.2021

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Leon Bülow, an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelor-Arbeit mit dem Thema „Integriertes Schädlingsmanagement – alte und neue Maßnahmen zur Rapserdflohkontrolle auf dem Prüfstand“ selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Neubrandenburg, 25.02.2021 Unterschrift: