



UFOP-SCHRIFTEN | AGRAR

ABSCHLUSSBERICHT

Verbesserung der Prognose des Auftretens und der möglichen Schäden durch Rapserrdföhe im Winterraps

Autoren

Dr. Udo Heimbach / Dr. Meike Brandes (Projektleitung), Nils Conrad (Projektbearbeitung)
Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland

Abschlussbericht

zu dem Projektvorhaben

„Verbesserung der Prognose des Auftretens und der möglichen Schäden durch Rapserdflöhe im Winterraps“

(Projektnummer 521/151)

Laufzeit: 01.08.2015 – 31.12.2018

Projektvorhaben des
Julius Kühn-Institut
Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland
Messeweg 11/12
38104 Braunschweig
Projektleitung: Dr. Udo Heimbach / Dr. Meike Brandes
Projektbearbeitung: Nils Conrad

und der
Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP)
Claire-Waldoff-Straße 7
10117 Berlin

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	XI
Abkürzungsverzeichnis	XIX
1 Einleitung	1
2 Literaturüberblick Rapserrfloh	3
2.1 Systematik	3
2.2 Morphologie.....	3
2.3 Verbreitung	5
2.4 Biologie und Epidemiologie.....	6
2.5 Schaden und Symptomatik des Befalls	7
2.6 Natürliche Gegenspieler des Rapserrfloh	9
2.7 Bekämpfung des Rapserrfloh.....	9
2.7.1 Chemische Bekämpfung.....	9
2.7.2 Resistenzsituation	10
2.7.3 Nicht chemische Bekämpfung und Abwehr	10
3 Material und Methoden	11
3.1 Netzkäfigversuche an den Standorten Braunschweig und Göttingen.....	11
3.1.1 Standort Braunschweig.....	11
3.1.1.1 Pflanzenbauliche Maßnahmen am Standort Braunschweig.....	12
3.1.1.2 Versuchsanlage des Besiedelungsversuches in Braunschweig	13
3.1.2 Standort Göttingen	15
3.1.2.1 Pflanzenbauliche Maßnahmen am Standort Göttingen	15
3.1.2.2 Versuchsanlage des Befallszeitfensterversuches in Göttingen.....	16
3.1.3 Witterungsverlauf an den Standorten Braunschweig und Göttingen	19
3.1.4 Allgemeine Erfassungsmethoden.....	24

Inhaltsverzeichnis

3.1.4.1	Bestandesdichte	24
3.1.4.2	Blattfraß	24
3.1.4.3	Überwachung der Käferaktivität und -abundanz.....	24
3.1.4.4	Larvenbonituren.....	25
3.1.4.5	Jungkäferschlupf	25
3.1.5	Erhebungen in den Besiedelungsversuchen an den Standorten Braunschweig und Göttingen	25
3.1.5.1	Bestimmung des Blattfraßes	26
3.1.5.2	Bestimmung der Bestandesdichte und anderer Bestandesparameter	26
3.1.5.3	Pflanzenproben	27
3.1.5.4	Zeitliche Verteilung des Jungkäferschlupfes	29
3.1.5.5	Beerntung der Versuche	30
3.1.5.6	Überwachung der Käferdichte und -aktivität in Göttingen	31
3.1.6	Ergänzende Versuche zur Erhebung der Eiablage im Besiedelungsversuch in Braunschweig	31
3.1.7	Ergänzende Untersuchung zum Einfluss des Verpuppungszeitpunktes auf die zeitliche Verteilung des Jungkäferschlupfes und die Schlupfquote im Besiedelungsversuch in Braunschweig	32
3.2	Auswirkungen verschiedener Bekämpfungsmethoden auf Populationsdynamik und Schadpotenzial des Rapserrdflöhs in der Braunschweiger Region	34
3.2.1.1	Versuchsanlage der Bekämpfungsversuche	34
3.2.2	Erhebungen in den Bekämpfungsversuchen	36
3.2.2.1	Bestimmung der Bestandesdichte und anderer Bestandesparameter in den Bekämpfungsversuchen	36
3.2.2.2	Überwachung des Zuflugs und der Aktivität der Rapserrdflöhe	37
3.2.2.3	Bestimmung des Fraßschadens.....	37
3.2.2.4	Larvenabundanz	38
3.2.2.5	Einfluss des Rapserrdflöhs auf den Bedeckungsgrad	38
3.2.2.6	Jungkäferschlupf	40
3.2.2.7	Beerntung des Versuches.....	40
3.3	Zusammenhang zwischen Larvenbefall und Vernarbungen	40

3.4	Rapserrdflohmonitoring	41
3.5	Datenaufbereitung und Statistik.....	43
4	Ergebnisse	45
4.1	Ergebnisse der Netzkäfigversuche an den Standorten Braunschweig und Göttingen	45
4.1.1	Fraßschäden	45
4.1.2	Gelbschalen und Eklektorfänge im Befallszeitfensterversuch in Göttingen.....	47
4.1.3	Temperatursummenunterschiede zwischen den Varianten je nach Besiedelungszeitpunkt beziehungsweise Befallszeitraum.....	48
4.1.4	Gezielte Untersuchungen zur Eiablage im Besiedelungsversuch in Braunschweig ..	50
4.1.5	Einfluss von Befallszeitpunkt und Befallsstärke der Käfer auf die Abundanz und Entwicklung der Larven.....	53
4.1.5.1	Larvenabundanzen.....	53
4.1.5.2	Einfluss des Besiedelungstermins auf Altersstruktur der Larven.....	69
4.1.5.3	Aufenthaltort der Larvenstadien innerhalb der Pflanze.....	71
4.1.5.4	Einfluss der Besiedelungsdichte auf die Verteilung der Larven innerhalb der Pflanze und Anteil der Pflanzen mit >8 Larven.....	75
4.1.6	Erhebungen zum Jungkäferschlupf an den Standorten Braunschweig und Göttingen	78
4.1.6.1	Zeitlicher Verlauf des Jungkäferschlupfes im Besiedelungsversuch in Braunschweig	78
4.1.6.2	Höhe des Jungkäferschlupfes und Nachkommen je Weibchen in Göttingen und Braunschweig	80
4.1.6.3	Beziehung zwischen Larven/m ² und dem Jungkäferschlupf im Besiedelungsversuch in Braunschweig	82
4.1.6.4	Gezielte Untersuchungen zum Einfluss des Verpuppungszeitraums auf den Jungkäferschlupf	83
4.1.7	Pflanzenverluste an den Standorten Braunschweig und Göttingen.....	85
4.1.8	Einfluss des Rapserrdflohbefalls auf die Pflanzenarchitektur in Braunschweig und Göttingen	87
4.1.8.2	Einfluss des Rapserrdflohbefalls auf den Anteil der Pflanzen mit Besenwuchs.....	89
4.1.8.3	Einfluss des Rapserrdflohbefalls auf die Bestandeshöhe	90
4.1.8.4	Beziehung zwischen Besenwuchssymptomen und Bestandeshöhe.....	92

Inhaltsverzeichnis

4.1.9	Zusammenhang zwischen Larvenbefallsdichten und Bestandesparametern	92
4.1.10	Ertragsparameter an den Standorten Braunschweig und Göttingen	96
4.2	Ergebnisse des dreijährigen Bekämpfungsversuches	99
4.2.1	Käferzuflug in den Bekämpfungsversuchen.....	99
4.2.2	Fraßschäden.....	102
4.2.3	Larvenabundanzen in den Bekämpfungsversuchen	102
4.2.4	Altersstruktur der Larven im Bekämpfungsversuch	104
4.2.5	Bestandesdichte (Pflanzen/m ²) in den Bekämpfungsversuchen	105
4.2.6	Wurzelhalsdurchmesser in den Bekämpfungsversuchen	109
4.2.7	Einfluss auf Bestandeshöhe und Architektur	110
4.2.8	Beziehung zwischen Larvenbefall, Bedeckungsgrad und dem Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum ...	112
4.2.9	Zeitlicher Verlauf und Summe des Jungkäferschlupfes	113
4.2.10	Ertrag.....	115
4.3	Zusammenhang zwischen Vernarbungen und Rapserrdflohlarvenbefall	117
4.3.1	Vergleich der Jahre und Boniturtermine.....	117
4.3.2	Vergleich der manuellen Larvensektion mit dem Vernarbungs-Prognosemodell..	119
4.4	Zusammenhang zwischen Gelbschalen, Käferdichte und Larvenbefall	120
4.5	Einfluss des Rapserrdflohs auf den Ertrag.....	122
4.6	Ergebnisse des Rapserrdflohmonitorings.....	125
5	Diskussion	127
5.1	Einfluss von Befallszeitpunkt und -stärke auf die Biologie und die Entwicklung des Rapserrdflohs.....	127
5.1.1	Eiablage und Lebensdauer der Käfer	127
5.1.2	Larvenabundanzen im zeitlichen Verlauf.....	130
5.1.3	Altersstruktur der Larven	134
5.1.4	Einfluss starker Fröste auf die Larvenabundanz	135
5.1.5	Aufenthaltort der Larven innerhalb der Pflanze	136
5.1.6	Verpuppung und Jungkäferschlupf	138

Inhaltsverzeichnis

5.1.7	Vermehrungsrate	139
5.2	Einfluss des Rapserdflohs auf die Pflanze	140
5.2.1	Käferfraß	140
5.2.2	Einfluss des Larvenbefalls auf die Bestandesdichte (Pflanzen/m ²) und -architektur	141
5.2.3	Einfluss des Larvenbefalls auf Bedeckungsgrad und NDVI	144
5.2.4	Ertrag.....	145
5.3	Bekämpfung des Rapserdflohs.....	148
5.4	Bekämpfungsrichtwerte und Prognose der Bekämpfungswürdigkeit des Rapserdflohs.....	152
6	Zusammenfassung	160
7	Summary	163
8	Literaturverzeichnis	165
9	Anhang	173
10	Veröffentlichungen im Rahmen des Projektes.....	175

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Rapserrdfloh dorsale Ansicht (links); Rapserrdfloh im Profil (rechts).....	3
Abb. 2:	Erstes Tarsensegment als sekundäres Geschlechtsmerkmal bei <i>P. chrysocephala</i> ; links Weibchen; rechts Männchen. Der rote Kasten zeigt jeweils das erste Tarsensegment des Vorderbeins.	4
Abb. 3:	Rapserrdflohei.	4
Abb. 4:	Rapserrdflohlarvenstadien, L1-L3; links: dorsale Ansicht und rechts: ventrale Ansicht. ..	5
Abb. 5:	Rapserrdflohpuppe: Links dorsale Ansicht; rechts: ventrale Ansicht.....	5
Abb. 6:	Schadsymptome von <i>P. chrysocephala</i> . Oben: Käferlochfraß an junger Rapspflanze. Mitte: durch Larven geschädigtes Gewebe mit Larven. Unten: durch starken Larvenbefall abgestorbener Haupttrieb.....	8
Abb. 7:	Luftbild des Besiedelungsversuches auf dem JKI-Gelände im Spätsommer (2015) (links, Quelle: Feistkorn, JKI) und Netzkäfige auf dem Rapsfeld im Herbst (rechts).....	13
Abb. 8:	Schematische Darstellung der Versuchsanlage des Besiedelungsversuches in Braunschweig.	14
Abb. 9:	Schematische Darstellung der Versuchsanlage des Befallszeitfensterversuches in Göttingen.	18
Abb. 10:	Versuchsaufbau im Befallszeitfensterversuch in Göttingen. Abgedeckte und offene Netzkäfige.....	18
Abb. 11:	Klimadiagramm des Standorts Braunschweig. Dargestellt sind tägliche Niederschlagssumme (mm), Tagesdurchschnittstemperatur (°C) (2m Höhe), Tagestieftemperatur (°C) (2m Höhe) und die Bodentemperatur (5 cm) (°C) im Zeitraum September–Juni in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.	22
Abb. 12:	Klimadiagramm des Standorts Göttingen. Dargestellt sind tägliche Niederschlagssumme (mm), Tagesdurchschnittstemperatur (°C) (2m Höhe), Tagestieftemperatur (°C) (2m Höhe) und die Bodentemperatur (5 cm) (°C) im Zeitraum September–Juni in den Jahren 2015/16 und 2016/17.	23
Abb. 13:	Boniturschema Blattfraß in % gefressener Blattfläche. (Gefressene Blattfläche: 1 = 2 %; 2 = 5 %; 3 = 10 %; 4 = 25 %) (verändert nach EPPO (2001a)).....	24
Abb. 14:	Besenwuchssymptome an Winterraps.	27
Abb. 15:	Links: Einteilung der Blätter in: Blatt 1–3, Blatt 4–6, >Blatt 6 und Endknospe, rechts: Einteilung eines Rapsblattes in: Basis, Mitte und Blatt.....	29
Abb. 16:	Schlupfhauben im Besiedelungsversuch in Braunschweig.	30
Abb. 17:	Eiablagebehältnisse im Eiablageversuch auf dem JKI Gelände in Braunschweig.	32
Abb. 18:	Links: Verpuppungsblumentopf mit Gaze abgedeckt; rechts: Photoelektor zum Fang der schlüpfenden Jungkäfer im Schlupfversuch in Braunschweig.	33

Abb. 19:	Beispiel einer Spektralaufnahme (20 m Höhe) am 04.04.2018 im gezielten Pyrethroidbekämpfungsversuch in Ahlum.....	39
Abb. 20:	Durch Rapserrdflohlarven hervorgerufene Vernarbungen an Rapsstängeln.....	41
Abb. 21:	Gelbschalenfänge und Käfer/m ² (+SE) in Eklektoren im Befallszeitfensterversuch in Göttingen im Herbst in den Jahren 2015/16 und 2016/17. Wöchentliches Leerungsintervall. Woche=Kalenderwoche.	47
Abb. 22:	Zeitlicher Verlauf der Eiablage (Eier/Weibchen (+SE)) in den Jahren 2016/17 und 2017/18 im Eiablageversuch in Braunschweig.....	50
Abb. 23:	Jittered Boxplot zeigt die Anzahl der gelegten Eier/Weibchen im Eiablageversuch nach T1, T2 und T3 Besiedelung in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18. Konfidenzintervall (rot). (2016/17: T1=05.09.; T2=19.09.; T3= 04.10.; 2017/18: T1=08.09.; T2=22.09.; T3= 05.10.).....	52
Abb. 24:	Zeitlicher Verlauf der Mortalität (%) der Weibchen im Eiablageversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18.....	53
Abb. 25:	Anzahl der Larven/Pflanze (+SE) (weiß) und Larven/m ² (+SE) (schwarz) am 1. Boniturtermin (07.12.2015; BBCH 17–19, 28.11.2016; BBCH 15–18, 04.12.2017; BBCH 16–17) im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede der Larven/Pflanze, unterschiedliche große Buchstaben der Larven/m ² zwischen den drei Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).....	55
Abb. 26:	Anzahl der Larven/Pflanze (+SE) am 2. Boniturtermin (12.01.2016; BBCH 19, 12.01.2017; BBCH 17–19, 15.01.2018; BBCH 19) im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den drei Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	56
Abb. 27:	Anzahl der Larven/Pflanze (+SE) (weiß) und Larven/m ² (+SE) (schwarz) am 3. Boniturtermin (24.03.2016; BBCH 51, 17.03.2017; BBCH 31–33 und 21.03.2018; BBCH 30) im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede der Larven/Pflanze, unterschiedliche große Buchstaben der Larven/m ² zwischen den drei Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).....	56
Abb. 28:	Anzahl der Larven/Pflanze (+SE) am 1. Boniturtermin (weiß) und Larven/m ² (+SE) (schwarz) (07.12.15; BBCH 17–19, 28.11.16; BBCH 15–18 und 04.12.17; BBCH 16–17) im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede der Larven/Pflanze, unterschiedliche große Buchstaben der Larven/m ² zwischen den drei Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).....	58
Abb. 29:	Anzahl der Larven/Pflanze (+SE) am 2. Boniturtermin (12.01.2016; BBCH 19, 12.01.2017 BBCH 17–19 und 15.01.2018; BBCH 19) im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den drei Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	59

Abb. 30:	Anzahl der Larven/Pflanze (+SE) (weiß) und Larven/m ² (+SE) (schwarz) am 3. Boniturtermin (24.03.2016; BBCH 51, 17.03.2017; BBCH 31–33 und 21.03.2018; BBCH 30) im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede der Larven/Pflanze, unterschiedliche große Buchstaben der Larven/m ² zwischen den drei Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).....	59
Abb. 31:	Beziehung zwischen Anzahl der Larven/Weibchen und Lufttemperatursumme (2 m Höhe) gepoolt über Besiedelungsdichten/termine und Jahre (2015/16, 2016/17 und 2017/18) am 1. und 3. Boniturtermin im Besiedelungsversuch in Braunschweig.....	65
Abb. 32:	Anzahl der Larven/Pflanze (\pm SE) (weiß) und Larven/m ² (\pm SE) (schwarz) am 1. Boniturtermin (07.12.15; BBCH 16–17 und 28.11.16; BBCH 17–18) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede der Larven/Pflanze, unterschiedliche große Buchstaben der Larven/m ² zwischen den Varianten und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	66
Abb. 33:	Anzahl der Larven/ Pflanze (\pm SE) am 2. Boniturtermin (28.01.16; BBCH 17–19 und 06.02.17; BBCH 17–19) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).....	67
Abb. 34:	Anzahl der Larven/Pflanze (\pm SE) (weiß) und Larven/m ² (\pm SE) (schwarz) am 3. Boniturtermin (31.03.16; BBCH 51 und 29.03.17; BBCH 51–52) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede der Larven/Pflanze, unterschiedliche große Buchstaben der Larven/m ² zwischen den Varianten und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	67
Abb. 35:	Beziehung zwischen dem Anteil der Pflanzen mit >8 Larven (%) und den durchschnittlichen Larven/Pflanze am 2. Boniturtermin in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18) und Göttingen (2015/16 und 2016/17).	78
Abb. 36:	Zeitlicher Verlauf des Jungkäferschlupfes (Käfer/m ²) (15 Eklektoren à 1250 cm ²) gepoolt über die Besiedelungsdichten im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.	79
Abb. 37:	Zeitlicher Verlauf des Jungkäferschlupfes im Befallszeitfensterversuch in den unabgedeckten Bereichen (Variante: permanenter Befall) in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17.	80
Abb. 38:	Summe geschlüpfter Jungkäfer/m ² (\pm SE) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr; ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).....	81

Abb. 39:	Summe geschlüpfter Jungkäfer/Weibchen (\pm SE) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr; ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	82
Abb. 40:	Beziehung zwischen der Anzahl der Larven/m ² am 3. Boniturtermin und der Zahl der geschlüpften Jungkäfer/m ² im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.	83
Abb. 41:	Zeitliche Verteilung des Jungkäferschlupfes im Sommer nach verschiedenen Freisetzungsterminen von L3 im Schlupfversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18.	85
Abb. 42:	Anteil der Pflanzen mit Besenwuchs (%) (\pm SE) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 (24.03.; BBCH 33) und 2017/18 (04.04.; BBCH 33). (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, * zeigt sign. Unterschiede gegenüber der Kontrolle, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	90
Abb. 43:	Anteil der Pflanzen mit Besenwuchs (%) (\pm SE) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen im Jahr 2016/17 (29.03.; BBCH 51–52). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	90
Abb. 44:	Bestandeshöhe (cm) (\pm SE) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 (05.06.; BBCH 81–83) und 2017/18 (25.05.; BBCH 81). (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, * sign. Unterschiede gegenüber der Kontrolle, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	91
Abb. 45:	Bestandeshöhe (cm) (\pm SE) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen im Jahr 2016/17 (01.06. BBCH 81). (Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	92
Abb. 46:	Käferabundanz/m ² in Eklektoren und Aktivität in Gelbschalen (Gelbschalenfänge 1 = runder Typ mit Gitter ebenerdig aufgestellt; Gelbschalenfänge 2 = runder Typ mit Gitter eingegraben) im Herbst im Bekämpfungsversuch in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017); rote Pfeile markieren die Termine der Pyrethroidapplikation; Woche = Kalenderwoche.	100
Abb. 47:	Käferabundanz/m ² in Eklektoren und Aktivität der Tiere in Gelbschalen im Herbst an den Standorten Ahlum (2016) und Lucklum (2017); rote Pfeile markieren die Termine für die Pyrethroidapplikationen; Woche = Kalenderwoche.	101
Abb. 48:	Zeitlicher Verlauf des Jungkäferschlupfes/m ² in den Bekämpfungsversuchen in Hötzum (2016), Sickte (2017) und Ahlum (2018).	114
Abb. 49:	Zeitlicher Verlauf des Jungkäferschlupfes/m ² in den gezielten Pyrethroidapplikationsversuchen in Ahlum (2017) und Lucklum (2018).	115

Abb. 50:	Vergleich der Anzahl der gezählten Larven am Herbstboniturtermin und die durch das Model geschätzte Anzahl Larven $E_{(0)}$. Gerade Nr. 1 stellt den optimalen Verlauf bei 100 % Vorhersagegenauigkeit dar. Gerade Nr. 2 zeigt den Verlauf der durch das Modell geschätzten Regressionsgleichung.....	118
Abb. 51:	Vergleich der gezählten Larven am 2. Boniturtermin (Januar–Februar) und die durch das Model geschätzte Anzahl Larven $E_{(0)}$. Gerade Nr. 1 stellt den optimalen Verlauf bei 100 % Vorhersagegenauigkeit dar. Gerade Nr. 2 zeigt den Verlauf der durch das Modell geschätzten Regressionsgleichung.....	119
Abb. 52:	Beziehung zwischen der Anzahl der Larven/Pflanze am 2. Boniturtermin und dem Ertrag (kg/ha) im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18), im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17), im Bekämpfungsversuch in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18) und im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18).	123
Abb. 53:	Beziehung zwischen der Anzahl der Larven/Pflanze am 2. Boniturtermin und dem Ertragsverlust zur Variante ohne Befall (%) (in den Bekämpfungsversuchen wurde die Karate Zeon Variante als unbefallene Kontrolle angenommen) im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18), im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17), im Bekämpfungsversuch in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18) und im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18).	124
Abb. 54:	Beziehung zwischen dem Anteil der Pflanzen mit >8 Larven/Pflanze (%) und dem Ertragsunterschied zur Variante ohne Befall (%) (in den Bekämpfungsversuchen wurde die Karate Zeon-Variante als unbefallene Kontrolle angenommen) am 2. Boniturtermin im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18), im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17), im Bekämpfungsversuch in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18) und im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18).	124

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Pflanzenbauliche Maßnahmen im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Anbaujahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.....	12
Tab. 2:	Besiedelungstermine und BBCH-Stadien im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.....	15
Tab. 3:	Pflanzenbauliche Maßnahmen im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Anbaujahren 2015/16 und 2016/17.....	16
Tab. 4:	Varianten im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17.....	17
Tab. 5:	Temperatursummen (°Cd) (2 m Höhe) der Monate September–Juni in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.....	21
Tab. 6:	Temperatursummen (°Cd) (2 m Höhe) der Monate September–Juni in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17.....	21
Tab. 7:	Frosttage, Eistage, Bodenfrosttage (5 cm) und Monatsminimaltemperatur in Braunschweig in den Monaten Oktober–April in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.....	21
Tab. 8:	Frosttage, Eistage, Bodenfrosttage (5 cm) und Monatsminimaltemperatur in Göttingen in den Monaten Oktober–April in den Jahren 2015/16 und 2016/17.....	21
Tab. 9:	Fraßboniturtermine im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18) und im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17).	26
Tab. 10:	Boniturtermine verschiedener Bestandesparameter. Bestandesdichte in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18, Pflanzen ohne Haupttrieb und Bestandeshöhe im Jahr 2016/17 und 2017/18 im Besiedelungsversuch in Braunschweig und im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (Bonituren 2017/18 nur in Braunschweig).	27
Tab. 11:	Termine der Larvenbonituren im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18) und im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17).....	28
Tab. 12:	Zeiträume der Jungkäferschlupferfassung im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18) und im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17).....	30
Tab. 13:	Erntetermine im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18) und im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17).	30
Tab. 14:	Fangzeiträume der Bodenphotoektoren im Befallszeitfensterversuch in Göttingen im Herbst der Jahre 2015/16, 2016/17.....	31
Tab. 15:	Freilassungstermine der verpuppungsbereiten L3 im Schlupfversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18.....	33
Tab. 16:	Varianten im Bekämpfungsversuch an den Standorten Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18).....	35

Tabellenverzeichnis

Tab. 17:	Varianten im Pyrethroidapplikationsversuch an den Standorten Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18).	35
Tab. 18:	Termine der Bestandesdichtebestimmung im Bekämpfungsversuch an den Standorten Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18).	36
Tab. 19:	Besenwuchs- und Bestandeshöhenboniturtermine im Bekämpfungsversuch an den Standorten Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18).	36
Tab. 20:	Termine der Bestandsdichtebestimmung und die Boniturtermine der Pflanzen mit Besenwuchs im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch an den Standorten Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18).	37
Tab. 21:	Blattfraßboniturtermine im Herbst an den Standorten Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18).	37
Tab. 22:	Termine der Larvenbonituren im Bekämpfungsversuch an den Standorten Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18) und im gezielten Pyrethroidversuch an den Standorten Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18).	38
Tab. 23:	Überwachung der räumlichen und zeitlichen Abundanz des Jungkäferschlupfes in den Bekämpfungsversuchen in den Jahren 2015/16 (Hötzum), 2016/17 (Sickte und Ahlum) und 2017/18 (Ahlum und Lucklum).	40
Tab. 24 :	Einteilung der Monitoringstandorte in Nord, Mitte und Süd	42
Tab. 25:	Gefressene Blattfläche (%) (\pm SE) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, keine sign. Unterschiede zur Kontrolle, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	46
Tab. 26:	Durchschnittlich und maximal gefressene Blattfläche (%) (\pm SE) in der Variante mit permanentem Befall im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17.	46
Tab. 27:	Lufttemperatursummen ($^{\circ}$ Cd) (2 m Höhe) ab jeweiligem Besiedelungstermin bis zu den Larvenbonituren im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.	48
Tab. 28:	Bodentemperatursummen (5 cm) ($^{\circ}$ Cd) über dem Entwicklungsnullpunkt von 4° C vom Beginn der Eiablage (50 % der Weibchen legen) im Eiablageversuch bis zu den Larvenboniturterminen im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18.	49
Tab. 29:	Einfluss des Aufdeckens der Netzkäfige auf die Bodentemperatursummen ($^{\circ}$ Cd) (5 cm). (2015/16: Beginn Zuflug: 14.09.; Aufdecken spät: 21.09.; Aufdecken sehr spät: 05.10.; 2016/17: Beginn Zuflug: 06.09.; Aufdecken spät: 27.09.; Aufdecken sehr spät: 10.10.) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen.	49

Tab. 30:	Minimale und maximale der Zahl Eier eines Weibchens; im Mittel gelegte Eier/Weibchen; bis Januar und ab Januar gelegte Eier/Weibchen; Beginn der Eiablage (50 % der Weibchen legen) und Lufttemperatursumme (2 m Höhe) und Weibchen ohne Eiablage im Eiablageversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18.	51
Tab. 31:	Vergleich der mittleren Larvenzahl/Pflanze an den drei Besiedelungsterminen in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Boniturterminen je Besiedelungstermin und -dichte und je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	60
Tab. 32:	Vergleich der mittleren Larvenzahl/Pflanze zwischen den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 an den drei Besiedelungsterminen im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Jahren je Besiedelungstermin und -dichte, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	62
Tab. 33:	Anzahl der Larven/Weibchen (\pm SE) am 1. und 3. Boniturtermin im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungszeitpunkten je Besiedelungsdichte, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	63
Tab. 34:	Vergleich der mittleren Larvenzahl/Weibchen an den drei Besiedelungsterminen im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Jahren je Besiedelungstermin und -dichte, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	64
Tab. 35:	Vergleich der mittleren Larvenzahl/Pflanze zwischen den Jahren 2015/16 und 2016/17 im Befallszeitfensterversuch in Göttingen an den drei Boniturterminen. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Boniturterminen je Variante und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).	68
Tab. 36:	Vergleich der mittleren Larvenzahl/Pflanze im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Jahren, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).....	69
Tab. 37:	Einfluss des Besiedelungstermins (T1–T3) auf die Anteile der Larvenstadien (%) im Besiedelungsversuch in Braunschweig an den Boniturterminen in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.	70
Tab. 38:	Einfluss vom Befallszeitraum auf den Anteil der Larvenstadien L1–L3 (%) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen an den verschiedenen Boniturterminen in den Jahren 2015/16 und 2016/17 (Befall: 1=permanent; 2=nur früh; 3=spät; 4=sehr spät) genaue Termine sind Tab. 4 zu entnehmen.....	71
Tab. 39:	Anteilige Aufenthaltsorte der drei Larvenstadien (%) innerhalb des Blattes. Gesamtsumme der Larven pro Jahr, gepoolt über Besiedelungstermine und -dichten und Boniturtermine im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. In der Differenzierung zwischen Basis, Mitte und Blatt sind nur die Blätter 1–6 berücksichtigt. (genaue Beschreibung der Einteilung siehe Abb. 15)..	72

Tabellenverzeichnis

Tab. 40:	Position der drei Larvenstadien in den unteren 6 Blättern und Anteil in % der Gesamtsumme und Position innerhalb der Pflanze an den drei Boniturterminen im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 (genaue Beschreibung der Einteilung siehe Abb. 15). 73
Tab. 41:	Präferierte Aufenthaltsorte der drei Larvenstadien innerhalb des Blattes (%). Summe pro Jahr über Besiedelungstermine und -dichten und Boniturtermine gepoolt im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17. In der Differenzierung zwischen Basis, Mitte und Blatt sind nur die Blätter 1–6 berücksichtigt. (genaue Beschreibung der Einteilung siehe Abb. 15). 74
Tab. 42:	Position der drei Larvenstadien in den unteren 6 Blättern und Anteil in % der Gesamtsumme und Position innerhalb der Pflanze an den drei Boniturterminen im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17. (Genau Beschreibung der Einteilung siehe Abb. 15). 75
Tab. 43:	Mittlere Verteilung der Larven aller Besiedelungstermine (%) innerhalb der verschiedenen Blattetagen und Endknospe an den drei Boniturterminen bei Pflanzen mit einem Larvenbefall je Pflanze von 1–4, 4–8 und >8 Larven und Anteil der Pflanzen mit Endknospenbefall (%) (Ek.) in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Genau Beschreibung der Einteilung siehe Abb. 15). 76
Tab. 44:	Mittlere Verteilung der Larven aller Besiedelungstermine (%) innerhalb der verschiedenen Blattetagen und Endknospe (Ek.) an den drei Boniturterminen bei Pflanzen mit einem Larvenbefall je Pflanze von 1–4, 4–8 und >8 Larven und Anteil der Pflanzen mit Endknospenbefall (%) in den Jahren 2015/16, 2016/17 im Befallszeitfensterversuch in Göttingen. (Genau Beschreibung der Einteilung siehe Abb. 15). 77
Tab. 45:	Summe aller bonitierten Larven/m ² am 3. Boniturtermin und Gesamtsumme geschlüpfter Käfer/m ² gepoolt über alle Besiedelungsdichten und -termine im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. 83
Tab. 46:	Frühester Schlupftermin, Hauptschlupf (Boniturtermin mit höchsten Schlupfzahlen) und Gesamtschlupf der Käfer in % ausgesetzter L3 im Schlupfversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, TukeyHSD (p ≤ 0,05)) 84
Tab. 47:	Temperatursummen >10°C in 5 cm Bodentiefe in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18. 84
Tab. 48:	Bestandesdichte (Pflanzen/m ²) (±SE) im Herbst korrigiert um 10 gezogene Pflanzen je Parzelle, Bestandesdichte im Frühjahr und Pflanzenverluste (%) (Pflanzenzahl Herbst – Pflanzenzahl Frühjahr) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsterminen je Boniturtermin und je Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsdichten je Boniturtermin und je Jahr, * zeigt sign. Unterschiede gegenüber der Kontrolle; ANOVA, multipler Kontrasttest (p ≤ 0,05)) ANOVA..... 86

Tabellenverzeichnis

Tab. 49:	Bestandesdichte (Pflanzen/m ²) (±SE) im Herbst, korrigiert um 10 gezogene Pflanzen, und im Frühjahr sowie Pflanzenverluste (%) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Boniturtermin und je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest (p ≤ 0,05)).	87
Tab. 50:	Wurzelhalsdurchmesser (mm) (±SE) an den Larvenboniturterminen im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, * sign. Unterschiede gegenüber der Kontrolle, ANOVA, multipler Kontrasttest (p ≤ 0,05)).	88
Tab. 51:	Wurzelhalsdurchmesser (mm) (±SE) an den Larvenboniturterminen im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Boniturtermin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest (p ≤ 0,05)).	89
Tab. 52:	Beziehung zwischen Besenwuchssymptomen und der Bestandeshöhe im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2016/17) und im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2016/17 und 2017/18).	92
Tab. 53:	Beziehung zwischen Larvenbefall/Pflanze am 1., 2. und 3. Boniturtermin und Endknospenbefall, Besenwuchs und Auswinterung im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.....	94
Tab. 54:	Beziehung zwischen Larvenbefall/Pflanze am 1., 2. und 3. Boniturtermin und Endknospenbefall, Besenwuchs und Auswinterung im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17.....	95
Tab. 55:	Ertrag (kg/ha) (±SE) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, * zeigt sign. Unterschiede gegenüber der Kontrolle, ANOVA, multipler Kontrasttest (p ≤ 0,05)).....	97
Tab. 56:	TKM (g) (±SE) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, * zeigt sign. Unterschiede gegenüber der Kontrolle, ANOVA, multipler Kontrasttest (p ≤ 0,05)).....	98
Tab. 57:	Ertrag (kg/ha) (±SE) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest (p ≤ 0,05)).	99
Tab. 58:	TKM (g) (±SE) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17. (Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest (p ≤ 0,05)).....	99

Tabellenverzeichnis

Tab. 59:	Fraßschaden (%) (\pm SE) im Bekämpfungsversuch in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Boniturtermin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 102
Tab. 60:	Larvenbefall/Pflanze (\pm SE) und Larvenbefall/m ² (\pm SE) an drei Boniturterminen im Bekämpfungsversuch in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 103
Tab. 61:	Larvenbefall/Pflanze (\pm SE) und Larvenbefall/m ² (\pm SE) im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 104
Tab. 62:	Prozentualer Anteil der Larvenstadien im Bekämpfungsversuch(%) in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18)..... 105
Tab. 63:	Bestandesdichte (Pflanzen/m ²) (\pm SE) im Herbst im Bekämpfungsversuch an den Standorten Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 106
Tab. 64:	Bestandesdichten (Pflanzen/m ²) (\pm SE) und Pflanzenverluste (%) (Pflanzenzahl Herbst – Frühjahr) im Bekämpfungsversuch in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18) (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen Boniturterminen je Variante und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). ... 107
Tab. 65:	Bestandesdichten (Pflanzen/m ²) (\pm SE) und Pflanzenverluste (%) (Pflanzenzahl Herbst – Frühjahr) im Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18). (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Boniturterminen je Variante und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Varianten je Termin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 108
Tab. 66:	Wurzelhalsdurchmesser (mm) (\pm SE) im Bekämpfungsversuch an den Standorten Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Boniturtermin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 109
Tab. 67:	Wurzelhalsdurchmesser (mm) (\pm SE) im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Boniturtermin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 110
Tab. 68:	Bestandeshöhe (cm) (\pm SE) (13.06.17; BBCH 82 und 18.06.18 BBCH 80–83) und Besenwuchs (%) (\pm SE) (22.03.17; BBCH 30 und 19.04.18; BBCH 31–32) in Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18) (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 111

Tab. 69:	Besenwuchs (%) (\pm SE) im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch an den Standorten Ahlum (27.03.17; BBCH 31–32 und 19.04.18; BBCH 60) und Lucklum (19.04.18 BBCH 51–53). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 111
Tab. 70:	Bedeckungsgrad (%) (\pm SE) und NDVI (\pm SE) im gezielten Pyrethroidbekämpfungsversuch in Ahlum in den Jahren 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 112
Tab. 71:	Beziehung zwischen Larvenbefall und Bedeckungsgrad im Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum in den Jahren 2016/17 und 2017/18. 112
Tab. 72:	Jungkäferschlupfsummen/m ² (\pm SE) in den Bekämpfungsversuchen in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 113
Tab. 73:	Jungkäferschlupfsummen/m ² (\pm SE) in den gezielten Pyrethroidapplikationsversuchen in Ahlum (2016/17) und Lucklum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 113
Tab. 74:	Ertrag (kg/ha) (\pm SE) in den Bekämpfungsversuchen in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 116
Tab. 75:	TKM (g) (\pm SE) in den Bekämpfungsversuchen in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 116
Tab. 76:	Ertrag (kg/ha) (\pm SE) im gezielten Pyrethroidapplikationsversuche in Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 117
Tab. 77:	TKM (g) (\pm SE) im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch an den Standorten Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)). 117
Tab. 78:	Prozentualer Anteil der Stichproben von zwei Boniturterminen je Jahr mit >4 Larven/Pflanze (manuelle Sektion), aufgelistet nach Jahren. MW= Mittelwert. 119
Tab. 79:	Übersichtsdarstellung: Gelbschalenfänge, maximale Käferdichte/m ² , Larven/m ² und Nachkommen/Käfer in Hötzum 2015/16, Sickte 2016/17; Ahlum 2016/17 und 2017/18 Lucklum 2017/18 und Göttingen (GÖ) 2015/16 und 2016/17. 121
Tab. 80:	Beziehung zwischen Gelbschalenfängen und Käferdichte/m ² , Larven/m ² (1. und 2. Boniturtermin), Käferdichte und Larven/m ² (1. und 2. Boniturtermin). 122

Tabellenverzeichnis

Tab. 81:	Larven/Pflanze (\pm SD) in den Jahren 2014/15, 2015/16, 2016/17 und 2017/18 differenziert nach den Regionen Nord, Mitte, Süd und nach im Herbst mit Pyrethroiden unbehandelten oder behandelten Flächen und nach Herbst und Frühjahrs-Larvenbonitur. Berücksichtigt wurden nur Standorte, an denen sowohl eine Herbst als auch eine Frühjahrs-Larvenbonitur durchgeführt wurde. 125
Tab. 82:	Jungkäfer/m ² (\pm SD) in den Jahren 2014/15, 2015/16, 2016/17 und 2017/18 differenziert nach den Regionen Nord, Mitte, Süd und nach im Herbst mit Pyrethroiden unbehandelten und behandelten Flächen..... 126
Tab. 83:	Für die Schadwirkung des Rapserrdflohs relevante Aspekte im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18), im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17), im Bekämpfungsversuch an den Standorten Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18) und im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch an den Standorten Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum 2017/18. 1= Beginn des Zuflugs (früheste Fänge in den Gelbschalen bzw. Besiedelungstermine); 2= Mittlere Fangsumme der Gelbschalenfänge im Zeitraum vom 1. September bis zum Erreichen einer 3= Maximale Käferdichte/m ² im Herbst (mit Eklektoren gemessen oder Besiedelungsdichte); 4= Mittlerer Anteil der Pflanzen (%) mit einem Larvenbefall >4 Larven/Pflanze am 2. Boniturtermin (Januar); 5= Mittlerer Anteil der Pflanzen (%) mit einem Larvenbefall >8 Larven/Pflanze am 2. Boniturtermin (Januar); 6= Mittlerer Larvenbefall/Pflanze am 2. Boniturtermin (Januar); 7= Mittlere Bestandesdichte (Pflanzen/m ² im Frühjahr (März–April)); 8= (%) Ertragsunterschied zur unbefallenen Kontrolle (in den Bekämpfungsversuchen wurde die Karate Zeon-Variante als unbefallene Kontrolle angenommen); 9= Ertrag (kg/ha) der unbefallenen Kontrolle (in den Bekämpfungsversuchen wurde die Karate Zeon-Variante als unbefallene Kontrolle angenommen). 173

Abkürzungsverzeichnis

°Cd	Gradtag
20, 40 und 60K	Besiedelungsdichte 20, 40 und 60 Käfer/3 m ²
BBCH	Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien im Raps
BS	Braunschweig
GÖ	Göttingen
L1, L2 und L3	Larve des 1., 2. und 3. Entwicklungsstadiums
MW	Mittelwert
p	Signifikanzniveau
r	Korrelationskoeffizient
R ²	Bestimmtheitsmaß
SE	engl. standard error, Standardfehler
T1, T2 und T3	1., 2. und 3. Freisetzungstermin
TKM	Tausendkornmasse

1 Einleitung

Raps (*Brassica napus*) ist mit einer Anbaufläche von 1,305 Millionen Hektar im Jahr 2017 (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018) eine der wichtigsten Ackerbaukulturen Deutschlands. Als Blattfrucht ist er ein elementares Glied in der Fruchtfolge und spielt als Lebensraum und Nahrungsgrundlage für eine Vielzahl von Insekten und anderen Lebewesen eine wichtige Rolle.

Durch seine Zugehörigkeit zur Gattung der Brassicaceae, die im europäischen Raum eine Vielzahl von Spezies aufweist, hat er ein weites Spektrum an Fraßfeinden (ALFORD et al., 2003), weshalb Winterraps mit einem Insektizidbehandlungsindex von circa drei (ROßBERG, 2016) eine der am häufigsten mit Insektiziden behandelten Ackerkulturen der deutschen Agrarlandschaft ist. Seit dem Verbot der neonikotinoiden Beizung zur Aussaat 2014 (BAROSO, 2013) hat Raps keinen insektiziden Schutz mehr nach dem Auflaufen. Ein Schädling, der durch den Wegfall der neonikotinoiden Beizung stark an Bedeutung gewonnen hat, ist der Rapserrdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) (BRANDES und HEIMBACH, 2015). Er ist einer der Hauptschädlinge des Winterrapses (ALFORD, 1979; SCHULZ, 1983). Nach dem Einwandern in die frisch aufgelaufenen Winterrapsbestände im Herbst, können die Käfer durch ihren Reifungsfraß an den Blättern und Stängeln der jungen Rapspflanzen Schäden hervorrufen (SCHULZ und DAEBELER, 1984). Der Hauptschaden des Rapserrdflohs wird in der Regel durch seine Larven verursacht, die ab Ende November in den Petiolen minieren und mithin die Pflanze schwächen, was zu höheren Auswinterungsverlusten, Wuchsdepressionen und Ertragseinbußen führen kann (GODAN, 1950). Die chemische Kontrolle des Rapserrdflohs beruht derzeit in Deutschland ausschließlich auf den Pyrethroiden (ANONYMUS, 2018), was zu einem hohen Selektionsdruck auf diese Wirkstoffklasse führt. Pyrethroide werden häufig prophylaktisch eingesetzt, wodurch der Selektionsdruck weiter erhöht wird und bereits Resistenzen hervorgerufen worden sind (ZIMMER et al., 2014; HØJLAND et al., 2015).

Um die Wirkung der Pyrethroide weiterhin zu gewährleisten und die damit verbundene Ertragsstabilität im Winterraps, sollten Pyrethroidapplikationen nur im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes erfolgen (WILLIAMS, 2010). Für eine effiziente und an Schadschwellen orientierte Bekämpfung ist ein Verständnis der Biologie und des Schadpotenzials des Rapserrdflohs unumgänglich. Durch die gute Wirkung der neonikotinoiden Beizung gegen den frühen Rapserrdflohbefall und die in der Vergangenheit sehr gute Wirkung der Pyrethroide, wurde der Rapserrdfloh von der Wissenschaft und Forschung in den letzten 20 Jahren vernachlässigt, was zu einem Wissensdefizit führte.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurden daher Untersuchungen zur Biologie und zum Schadpotenzial des Rapserrdflohs in Netzkäfig- und Freilandversuchen durchgeführt. Ein besonderer

Schwerpunkt wurde auf den Einfluss von Befallszeitpunkt und -stärke gelegt, da diese beiden Faktoren zur Abschätzung der Bekämpfungswürdigkeit des Rapserdflohbefalls elementar sind und nach dem Verbot der neonikotinoiden Saatgutbehandlung neu bewertet werden müssen. Bekämpfungsversuche und ergänzende Versuche zur Biologie sollten das Wissen um den Rapserdfloh erweitern, um so den Bekämpfungserfolg zu maximieren, beziehungsweise die Bekämpfungswürdigkeit zu eruieren.

2 Literaturüberblick Rapserdfloh

Im folgenden Kapitel soll dem Leser ein kurzer Überblick über die Biologie, Ökologie und die durch den Rapserdfloh verursachten Schäden gegeben werden.

2.1 Systematik

Arthropoda (Gliederfüßler) – Insecta (Insekten) – Coleoptera (Käfer) – Chrysomelidae (Blattkäfer) – Halticinae (Erdflöhe, Flohkäfer) – *Psylliodes* (Erdflöhe) – *Psylliodes chrysocephala* L. (Rapserdfloh)

Quelle: (MOHR, 1960)

2.2 Morphologie

Die Imago des Rapserdflohs hat in ihrer Stammform ein grünblaues bis schwarzes Halsschild und ebensolche Flügeldecken (**Abb. 1**). Es gibt jedoch auch bräunliche Farbvarietäten (MEUCHE, 1940; KAUFMANN, 1941c). Eindeutig bestimmt werden kann der Rapserdfloh durch seinen gelbroten Vorderkopf und den abgerundeten Halsschildvorderrand. Ein weiteres, deutliches Erkennungsmerkmal von Erdflöhen sind die verdickten Hinterschenkel (MOHR, 1960). Der Käfer ist etwa 4 mm lang, wobei die Männchen etwas kleiner sind (BONNEMAISON und JOURDHEUIL, 1954). Die Geschlechter können anhand des ersten Tarsensegmentes des Vorderbeins, welches bei den männlichen Tieren der Form einer herzförmigen Platte entspricht und bei den weiblichen Tieren zylindrisch und von fast konstantem Durchmesser ist (SCHULZ, 1983) voneinander unterschieden werden (KAUFMANN, 1941c) (**Abb. 2**).



Abb. 1: Rapserdfloh dorsale Ansicht (links); Rapserdfloh im Profil (rechts).

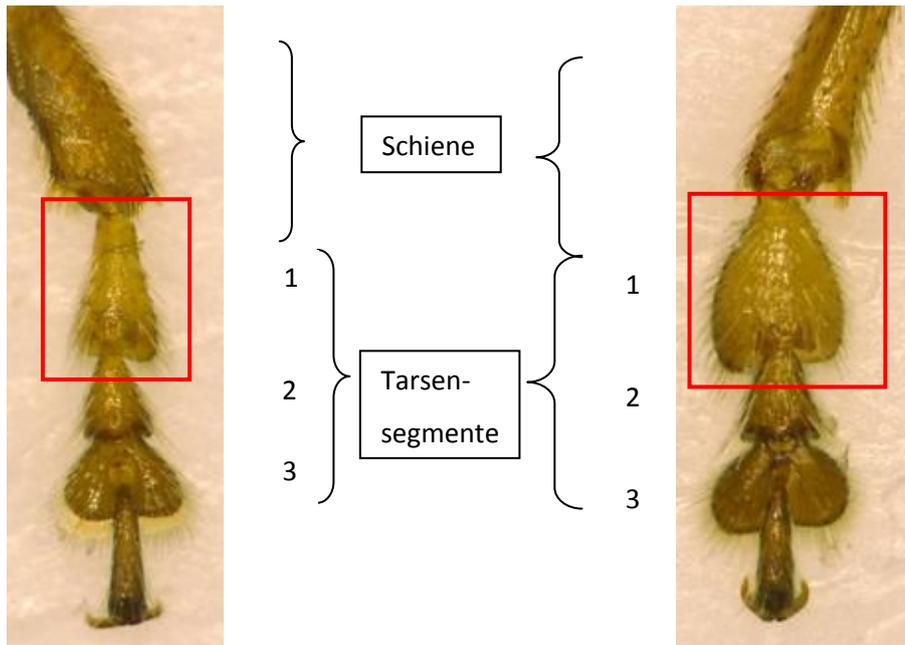


Abb. 2: Erstes Tarsensegment als sekundäres Geschlechtsmerkmal bei *P. chrysocephala*; links Weibchen; rechts Männchen. Der rote Kasten zeigt jeweils das erste Tarsensegment des Vorderbeins.

Das Ei des Rapserrfloh hat eine ovale, hell- bis sattgelbe Gestalt, eine Länge von ca. 0,7 bis 0,9 mm und eine Breite von ca. 0,38 mm (**Abb. 3**). Die Eier haben eine polyedrische netzartige Musterung (SCHULZ, 1983).



Abb. 3: Rapserrflohei.

Die Larve des Rapserrfloh durchläuft drei Larvenstadien (L1, L2 und L3) (**Abb. 4**), welche anhand ihrer Kopfkapselbreite voneinander unterschieden werden können. Nach KAUFMANN (1941c) beträgt die durchschnittliche Kopfkapselbreite bei einer L1 0,268 mm, bei einer L2 0,361 mm und bei einer L3 0,483 mm. Eine detaillierte Darstellung der drei Larvenstadien ist in **Abb. 4** gegeben.



Abb. 4: Rapserrdflorlarvenstadien, L1-L3; links: dorsale Ansicht und rechts: ventrale Ansicht.

Nach dem Erreichen der maximalen Größe im dritten Larvenstadium wandern die Tiere in den Boden ab und entwickeln sich dort von der Präpuppe zur Puppe (SCHULZ, 1983). Die Puppe (**Abb. 5**) hat eine Länge von ca. 3,8 mm und eine Breite von 2 mm.



Abb. 5: Rapserrdflorpuppe: Links dorsale Ansicht; rechts: ventrale Ansicht.

2.3 Verbreitung

Der Rapserrdflor ist in den nördlichen Teilen Europas mit maritimen Klimabedingungen weit verbreitet. Auch gibt es Nachweise in Asien, Kanada und Nordafrika (KAUFMANN, 1941c; BONNEMAISON und JOURDHEUIL, 1954; GRAHAM und ALFORD, 1981; ALFORD et al., 2003). In Zentraleuropa ist sein Auftreten stark temperaturbedingt, so können tiefe Temperaturen zu einem Zusammenbruch der Population führen. Generell kann davon ausgegangen werden, dass *P. chrysocephala* überall dort vorkommt, wo auch Raps angebaut wird (SCHOTT, 1959).

2.4 Biologie und Epidemiologie

Die Käfer übersommern an kühlen, feuchten und schattigen Plätzen in der Nähe ihres Schlupfortes (MEUCHE, 1940). Während der Übersommerung sind sie inaktiv und nehmen kaum Nahrung auf (SCHULZ, 1983). Die Imagines verlassen die Übersommerungsquartiere ab Anfang September und migrieren schubweise in die frisch auflaufenden Rapsbestände (SCHULZ, 1992b; HÖRFELD, 1993; VIG, 2003; NUSS, 2004). Optimale Zuflugbedingungen liegen bei Temperaturen zwischen 16 und 20°C und Sonnenschein (SCHRÖDTER und NOLTE, 1954; HÖRFELD, 1993). Neben Raps können auch andere Kruziferen dem Rapserrdfloh als Nahrungs- und Brutpflanze dienen (GODAN, 1951c). Bei der Einwanderung in die Bestände treten Männchen und Weibchen etwa im gleichen Verhältnis zu einander auf. Nach der Besiedelung des Bestandes findet ein Reifungsfraß statt, nach dessen Vollendung die Käfer kopulieren (MEUCHE, 1940; BONNEMAISON und JOURDHEUIL, 1954). Innerhalb des Bestandes bewegen sich die Tiere überwiegend springend (HÖRFELD, 1993). Die Imagines sind vornehmlich nachts aktiv (SCHRÖDTER und NOLTE, 1954; BUHL, 1959).

Nach Untersuchungen von MATHIASSEN et al. (2015b) benötigen die Käfer eine Temperatursumme von ca. 300°Cd zwischen 8°C und 20°C, bis sie den Reifungsfraß vollendet haben und mit der Eiablage beginnen. Eine Kopulation reicht aus, damit das Weibchen die ganze Legeperiode hindurch Eier legt (MATHIASSEN et al., 2015b). Die Eientwicklung findet ab 3–4°C statt (ALFORD, 1979; DERRON, 1979; JOHNNEN und MEIER, 2000). Die Zahl der gelegten Eier pro Weibchen ist temperaturabhängig (MATHIASSEN et al., 2015b). SCHULZ (1983) und MATHIASSEN et al. (2015b) stellten eine maximale Legeleistung von 470 bzw. 696 Eiern pro Weibchen fest, wobei das Temperaturoptimum für die maximale tägliche Eiablage bei 16°C liegt (MATHIASSEN et al., 2015b). Die Legeperiode reicht vom Oktober bis in den folgenden Mai hinein (KAUFMANN, 1941c; GODAN, 1948). Die untere Temperaturgrenze für die Eiablage liegt bei ca. 5°C (SCHULZ, 1983; MATHIASSEN et al., 2015b). Trockenheit während der Eiablage führt zu einer Verminderung der Eizahl (BONNEMAISON und JOURDHEUIL, 1954). Die Eier werden in 1–2 cm Tiefe in der Erde in der Nähe von Wirtspflanzen abgelegt (KAUFMANN, 1941c; NUSS, 2004). Von der Eiablage bis zum Larvenschlupf wird eine Temperatursumme von ca. 200°Cd über 4°C benötigt (JOHNNEN und MEIER, 2000). Für die Entwicklung benötigen die Eier tropfbares, flüssiges Wasser. Durch Trockenheit im Boden wird die Schlupfquote massiv gemindert (KAUFMANN, 1941b; SCHULZ, 1983).

Beim Schlupf befreit sich die Larve aus der Eihülle mit vier auf dem Rücken befindlichen Dornen, mit denen sie die Eihaut aufschlitzt, bevor sie mit dem Kopf zuerst das Ei verlässt (DOBSON, 1959). Die frisch geschlüpften Larven suchen nahe gelegene Wirtspflanzen auf und bohren sich dort vornehmlich an der Basis des Blattstiels auf der Blattoberseite in den Stängel ein (KAUFMANN, 1941c; GODAN, 1951a). Die Larven des Rapserrdflohs durchlaufen während ihrer Entwicklung innerhalb der

Pflanze drei Larvenstadien (KAUFMANN, 1941c; BONNEMAISON und JOURDHEUIL, 1954). Der Entwicklungsnullpunkt für die Larven liegt bei 5°C. Die Larven benötigen 250°Cd bis sie als Larve des dritten Stadiums die Pflanze zur Verpuppung verlassen (DERRON, 1979). Sie minieren innerhalb des Stängels vom Stängelgrund bis zum Blatt. Die Sauerstoffversorgung innerhalb des Blattstiels wird durch kleine Fraßgänge, welche nach außen offen sind, gewährleistet. Larven des zweiten und dritten Stadiums können aufgrund ihrer stärker ausgeprägten Mandibeln bis zum Herzen der Pflanze vordringen (GODAN, 1951a). Nach dem Erreichen des dritten Larvenstadiums graben sich die Larven ca. 2–4 cm in den Boden ein und bauen dort eine kleine ovale Erdhöhle, in welcher die Metamorphose zur Präpuppe und anschließend zur Puppe stattfindet (KAUFMANN, 1941c). Die Jungkäfer schlüpfen ab der ersten Junihälfte und begeben sich nach einem kurzen Reifungsfraß in ihre Übersommerungsquartiere (KAUFMANN, 1941c). In den Übersommerungsquartieren durchlaufen die Tiere eine prospektive Diapause (genetisch fixierte Diapause), bis sie im Herbst erneut in die Bestände einfallen (SÄRINGER, 1984).

2.5 Schaden und Symptomatik des Befalls

Beim Rapserrdfloh muss zwischen dem durch den Reifungsfraß der Käfer und dem durch die Larven verursachten Schaden unterschieden werden (**Abb. 6**). Direkt nach der Einwanderung in die Bestände führen die Käfer einen Reifungsfraß durch. Sie schädigen die Keimblätter und Blattspreiten durch Loch- und Fensterfraß. Ebenfalls werden die Blattstiele und Stängel der jungen Rapspflanzen benagt (SCHULZ und DAEBELER, 1984). Unter ungünstigen Wachstumsbedingungen kann der Fraßschaden zu Pflanzenverlusten führen (HORNIG, 1964; SCHULZ und DAEBELER, 1984; HOßFELD, 1990). Den Hauptschaden verursachen jedoch die Larven des Rapserrdflohs (GODAN, 1950; BONNEMAISON und JOURDHEUIL, 1954; SCHULZ, 1983; HOßFELD, 1990). Ab Anfang Oktober bohren sie sich in die Stängel ein und minieren im Gewebe. Dieses führt zu einer Schwächung der Pflanze und kann zu erhöhten Auswinterungsverlusten führen. Die Larven können bis zum Vegetationspunkt vordringen und hier das meristematische Gewebe zerstören, sodass die apikale Dominanz gebrochen wird und der Raps besenartig wächst (GODAN, 1950; HOßFELD, 1990; JOHNEN, 2004).

Die Einbohrlöcher der Larven können auch Eintrittspforten für Sekundärerreger wie zum Beispiel Wurzelhals- und Stängelfäule (*Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. & de Not (Anamorph: *L. maculans*: *Phoma lingam* Tode ex Fries)) sein, deren Befall bis zu 2,5-fach erhöht sein kann (SCHULZ, 1992a; BROSCHEWITZ et al., 1993).



Abb. 6: Schadsymptome von *P. chrysocephala*. Oben: Käferlochfraß an junger Rapspflanze. Mitte: durch Larven geschädigtes Gewebe mit Larven. Unten: durch starken Larvenbefall abgestorbener Haupttrieb.

2.6 Natürliche Gegenspieler des Rapserrdflohs

Natürliche Antagonisten sind unter anderem Schlupfwespenarten (Hymenoptera: Ichneumonidae) (z.B. *Tersilochus microgaster* (Szépligeti), *Tersilochus obscurator* Aubert und *Tersilochus tripartitus*) (ULBER, 2003; FERGUSON et al., 2006). Die Schlupfwespen schlüpfen im Frühjahr und legen ihre Eier in die sich in den Petiolen aufhaltenden Larven (BARARI et al., 2005; FERGUSON et al., 2006). Die Entwicklung der Parasitoide findet zum Großteil innerhalb der Larve, nach der Verpuppung im Boden, statt. Die Larven der Parasitoide übersommern im Boden und schlüpfen im darauffolgenden Frühjahr. Die Parasitierungsrate schwankt stark zwischen den Jahren und verschiedenen Regionen. In Untersuchungen von anderen Autoren wurde gezeigt, dass in einigen Jahren über zwei Drittel der Larven parasitiert waren (DOSSE, 1961; FERGUSON et al., 2003; ULBER, 2003).

WARNER et al. (2003) stellten heraus, dass das Vorkommen von Laufkäferarten wie *Trechus quadristriatus* (Schrank) (Coleoptera: Carabidae) und *Pterostichus madidus* (Fabricius) (Coleoptera: Carabidae) im Rapsfeld signifikant mit dem Schlupf der Rapserrdflohlarven im Herbst assoziiert ist. Auch zeigten die Untersuchungen von WARNER et al. (2003), dass *T. quadristriatus* Rapserrdfloheier frisst.

2.7 Bekämpfung des Rapserrdflohs

2.7.1 Chemische Bekämpfung

Ab der Jahrtausendwende beruhte die Kontrolle des Rapserrdflohs überwiegend auf der neonikotinoiden Saatgutbehandlung und der Spritzung von Pyrethroiden (ERICHSEN, 2006). Durch das Verbot der neonikotinoiden Saatgutbehandlungen in der Europäischen Union im Winterrraps, darf seit Dezember 2013 (zur Aussaat 2014) kein mit Clothianidin, Imidacloprid und Thiamethoxam behandeltes Rapssaatgut mehr ausgesät werden (BAROSO, 2013). Die neonikotinoide Saatgutbehandlung reduzierte in der Vergangenheit die Eiablage der Rapserrdföhe bei sehr frühem Befall, tötete sie aber nicht oder verminderte die Käferdichte im Bestand (JOHNEN, 2009). Als neue Saatgutbehandlung ist in Polen das systemisch wirkende Diamid Cyantraniliprole im Raps zugelassen (DROBNY et al., 2014; LANDSCHREIBER, 2017).

Derzeit sind zur direkten chemischen Bekämpfung des Rapserrdflohs in Deutschland nur noch Wirkstoffe aus der Gruppe der Pyrethroide zugelassen (ANONYMUS, 2018). Diese werden durch eine Blattapplikation im Herbst ausgebracht und wirken gegen die Käfer und Larven (BÜCHS, 1992; JOHNEN, 2009). Bei der Bekämpfung sind für Deutschland folgende gängige Schadschwellen angegeben:

1. Blattfraß:
10 % gefressene Blattfläche (HOßFELD, 1987)
2. Gelbschalenfänge:
50 Käfer in drei Wochen pro Gelbschale (Fa. Zeneca (heute Syngenta); ohne Abdeckung) in der Hauptzuflugzeit unter norddeutschen Bedingungen (HOßFELD, 1993)
3. Larvenbefall:
5 Larven pro Pflanze im Herbst (GODAN, 1950)

2.7.2 Resistenzsituation

Pyrethroide stehen unter einem sehr hohen Resistenzdruck, da es keine alternativen zugelassenen Wirkstoffgruppen für die Applikation mit der Feldspritze gibt (HEIMBACH und MÜLLER, 2013; ZIMMER et al., 2014). Die ersten Anzeichen für eine Resistenzbildung gegenüber dem Wirkstoff lambda-Cyhalothrin aus der Gruppe der Pyrethroide wurden im Jahr 2008 im norddeutschen Raum festgestellt. In dieser Region Deutschlands hat der Rapsanbau eine lange Tradition (HEIMBACH und MÜLLER, 2013). In Deutschland und anderen europäischen Ländern breitete sich in den vergangenen Jahren die „knock down resistance“ (kdr) immer weiter aus (ZIMMER et al., 2014; HØJLAND et al., 2015; HEIMBACH und BRANDES, 2016; BRANDES und HEIMBACH, 2018). In einigen Rapserrflohpopulationen im europäischen Raum gibt es erste Beweise für eine zusätzliche metabolische Resistenz (HØJLAND et al., 2015; HØJLAND und KRISTENSEN, 2018).

2.7.3 Nicht chemische Bekämpfung und Abwehr

Aufgrund der strengen Restriktionen im chemischen Pflanzenschutz wird es schwieriger, den Rapserrfloh zu kontrollieren. Um den Rapserrflohschaden durch nicht chemische Maßnahmen zu mindern, gibt es zahlreiche Ansätze: NUSS (2004) zeigte, dass höhere Bestandesdichten attraktiver auf Rapserrflöhe wirken. Auch die Zucht von neuen, Rapserrfloh toleranten Sorten, birgt ein großes Potenzial in sich (DÖRING, 2012; HENNIES, 2016; HERVÉ, 2018). Weitere Ansätze zur Verminderung sind der Einsatz von Fangpflanzen (z.B. Gelbsenf) oder der Mischanbau (z.B. mit Leguminosen) (DÖRING, 2012; CADOUX et al., 2015; ANONYMUS, 2016). Auch die Förderung von Gegenspielern kann einen großen Teil zur Minderung des Befallsdrucks beitragen (ULBER, 2003). Ein weiterer wichtiger Baustein sind die rechtzeitige Aussaat und die Förderung der Entwicklung der Pflanzen vor dem Winter, um einen möglichst vitalen, kompensationsfähigen Rapsbestand vor dem Winter zu etablieren (HOFFMANN und SCHMUTTERER, 1999). Eine konservierende Bodenbearbeitung kann sich ebenfalls reduzierend auf den Befallsdruck auswirken (SCHIERBAUM-SCHICKLER, 2006).

3 Material und Methoden

3.1 Netzkäfigversuche an den Standorten Braunschweig und Göttingen

Durch Netzkäfigversuche in Braunschweig und Göttingen sollte der Einfluss des Einwanderungszeitpunktes auf die Biologie und das Schadpotenzial des Rapserrdflchs genauer untersucht werden. Die Versuche wurden in Braunschweig und Göttingen in den Anbaujahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 etabliert. In Göttingen sind im Versuchsjahr 2017/18 aufgrund von Trockenheit nur wenige Pflanzen aufgelaufen, weshalb der Versuch abgebrochen werden musste.

Das Versuchsdesign in Braunschweig bildete unterschiedliche Rapserrdflchbefallsstärken zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach: Es wurden definierte Anzahlen an Rapserrdflchen zu unterschiedlichen Zeitpunkten in Netzkäfige auf einem Praxisschlag ausgesetzt. Es sollte eruiert werden, inwieweit der Befallszeitpunkt und die Befallsstärke einen Einfluss auf die Schäden an der Rapspflanze haben. Des Weiteren sollten einzelne Aspekte der Biologie des Rapserrdflchs genauer betrachtet und somit Zusammenhänge zwischen Biologie und optimalem Bekämpfungzeitpunkt herausgearbeitet werden.

Das Versuchsdesign in Göttingen ähnelt dem in Braunschweig, jedoch wurde in Göttingen mit natürlichem Rapserrdflchbefall gearbeitet. Eingemessene Parzellen wurden zu bestimmten Zeiträumen mit Netzkäfigen zu- beziehungsweise abgedeckt, um verschiedene Befallszeitfenster zu erzielen. Die Intention des Versuches war es, die im Besiedelungsversuch in Braunschweig gewonnenen Daten zu validieren.

3.1.1 Standort Braunschweig

Der Versuch befand sich auf einem Praxisschlag auf dem Versuchsgelände des JKI-Braunschweig (Messeweg 11-12, 52.272131°N, 10.568877°E). Da es bei der Fragestellung der Forschungsarbeit nur auf die Unterschiede zwischen den Varianten ankam, wurde der Raps aus versuchstechnischen Gründen drei Jahre in Folge auf der gleichen Fläche angebaut. Auf der Fläche, die vorher nie mit Raps bestellt war, wurde kein deutlicher Einfluss der dreijährigen Monokultur auf den Winterraps festgestellt.

Der Bodentyp auf dem Versuchsschlag ist lehmiger Sand, der durch seine Nähe zur Wabeniederung stets gut mit Wasser versorgt ist. Der Schlag ist von anderen Versuchsflächen umgeben und von Bäumen eingesäumt.

3.1.1.1 Pflanzenbauliche Maßnahmen am Standort Braunschweig

Der Winterraps auf der Versuchsfläche wurde in den Versuchsjahren praxisüblich bewirtschaftet (**Tab. 1**). Die Saatstärke (55 Pflanzen (Pfl.)/m² und 12,5 cm Reihenabstand) wurde gewählt, da in den kleinen Versuchspartellen an drei Terminen Pflanzenproben gezogen werden sollten. Insektizide wurden erst nach dem Abbau der Netzabdeckungen und nur nach Überschreitung der Schadschwellen im Frühjahr außerhalb der eigentlichen Partellen appliziert, um so den Schadddruck zu mindern und die Entwicklung der Rapserrdflohlarven in den Prüfpartellen nicht zu beeinflussen.

Tab. 1: Pflanzenbauliche Maßnahmen im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Anbaujahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.

Jahr	2015/16	2016/17	2017/18
Vorfrucht	Phacelia	Raps	Raps
Bodenbearbeitung	Grubber	Pflug	Pflug
Aussaattermin	26.08.15	23.08.16	30.08.17
Sorte	Avatar	Avatar	Avatar
Beizung	DMM & TMTD	DMM & TMTD	DMM & TMTD
Aussaatstärke	55 Körner/m ²	55 Körner/m ²	55 Körner/m ²
Herbizid	27.08.15 Butisan Gold (2,5 l/ha)	26.08.16 Butisan Gold (2,5 l/ha)	30.08.17 Butisan Gold (2,5 l/ha)
Insektizid	05.04.16 Trebon (200 ml/ha) + Biscaya (300 ml/ha)	16.03.17 Karate Zeon (75 ml/ha) 29.03.17 Plenum 50 WG (150 g/ha) + Trebon (200 ml/ha)	10.04.18 Trebon (200 ml/ha) 23.05.18 Biscaya (300 ml/ha)
Wachstumsregler	-	13.09.16 Folicur (1 l/ha) 06.10.16 Carax (0,8 l/ha)	-
Schneckenkorn	27.08.15 Metarex (3 kg/ha)	26.08.16 Metarex (3 kg/ha)	30.08.17 Metarex (3 kg/ha)
N-Gaben (Düngeform)	16.03.16 100 kg/ha (PIAMON) 04.04.16 60 kg/ha (DAP)	14.03.17 115 kg/ha (PIAMON) 04.04.17 75 kg/ha (DAP)	12.10.17 20 kg/ha (PIAMON) 14.03.18 115 kg/ha (PIAMON) 27.03.18 60 kg/ha (DAP)
Ernte	20.06.16	27.06.17	15.06.18

3.1.1.2 Versuchsanlage des Besiedelungsversuches in Braunschweig

Direkt nach der Voraufbauherbizidmaßnahme, vor dem Auflaufen des Rapses, wurden Netzkäfige auf der Versuchsfläche eingegraben, um eine natürliche Besiedelung mit Rapserdflohen oder anderen Schadinsekten ausschließen zu können. Die Käfige waren 2 m lang und 1,5 m breit (**Abb. 7**). Die Netzkäfige wurden durch drei flexible, rundgebogene Stäbe angehoben, am höchsten Punkt waren sie ca. 50 cm hoch. Die Maschenweite der verwendeten Gaze betrug 1,3 mm x 1,3 mm. Auf dem First war ein Reißverschluss in die Käfige eingenäht, um die Entnahme von Pflanzenproben und das Einsetzen der Käfer zu ermöglichen. Die Netzkäfige wurden abgebaut, nachdem der Raps zu schossen begonnen hatte und die Pflanzen die Netze berührten (24.03.16 (BBCH 51); 17.03.17 (BBCH 31–33); 29.03.18 (BBCH 33)). Bei dem Versuchsaufbau handelte es sich um eine randomisierte Blockanlage (Blöcke waren innerhalb von drei Netzkäfigreihen verteilt (**Abb. 8**)) mit zehn Varianten und fünf Wiederholungen auf einem kleinen Rapsschlag von ca. 75 m Länge und 36 m Breite.

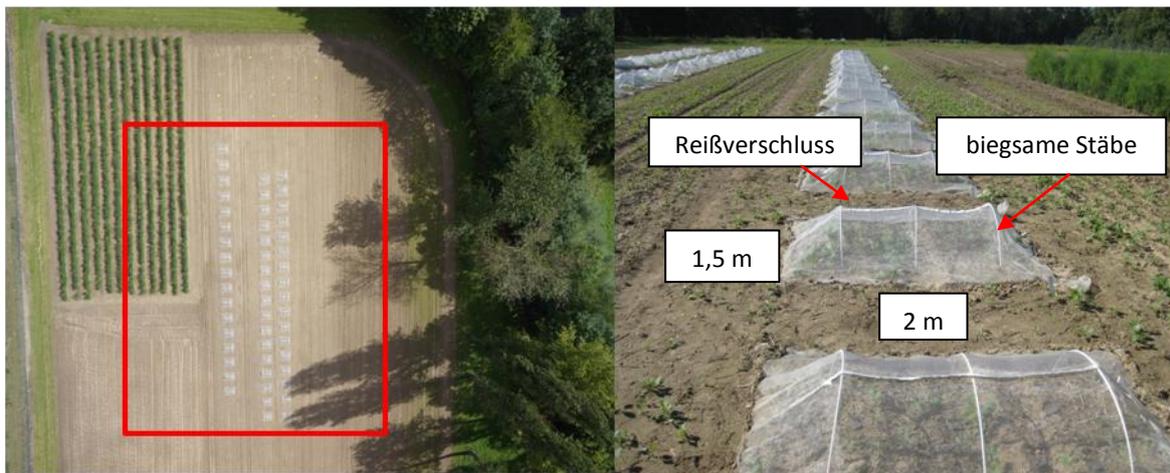


Abb. 7: Luftbild des Besiedelungsversuches auf dem JKI-Gelände im Spätsommer (2015) (links, Quelle: Feistkorn, JKI) und Netzkäfige auf dem Rapsfeld im Herbst (rechts).

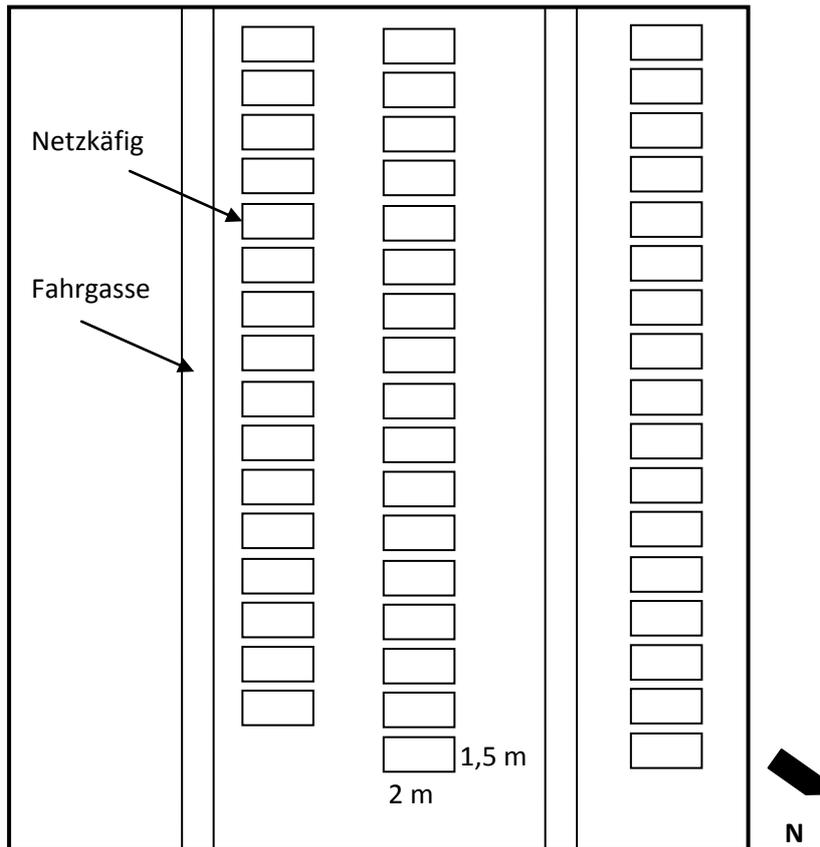


Abb. 8: Schematische Darstellung der Versuchsanlage des Besiedelungsversuches in Braunschweig.

Die für die Freisetzung benötigten lebenden Käfer wurden Ende Juli 2015 bei einer Ölfruchtannahmestelle eines Getreidehändlers in der Nähe von Braunschweig an Abladestellen mit Handsaugern gesammelt (ca. 6000 Stück). Es handelte sich hierbei um Jungkäfer, die nach dem Schlupf im Rapsfeld überdauerten und über die Ernte durch den Mähdrescher ins Lager gelangten. In den Jahren 2016 und 2017 wurden die Käfer direkt nach dem Jungkäferschlupf (Mitte bis Ende Juni) auf einem Rapsfeld in der Nähe von Braunschweig mittels eines umgebauten Laubsaugers (Fa. D-Vac) eingesaugt. Über den Sommer befanden sich die Käfer in allen Versuchsjahren in Netzkäfigen (60 x 60 x 60 cm) (Fa. BugDorm) in einem kühlen Fichtenhain auf dem JKI-Gelände in Braunschweig, damit sie die Aestivierungsphase unter natürlichen Bedingungen durchlaufen konnten. Die Käfige, in denen sie aestivierten, waren mit feuchtem Torf, einer getopften Rapspflanze als Futterquelle und ineinander gestellten Plastikblumentöpfen als Versteck bestückt. Das Futter (Winterraps der Sorte Avatar) wurde regelmäßig erneuert und der Torf je nach Witterung befeuchtet. Die Käfige waren permanent durch Nadelbäume beschattet. Nachdem innerhalb der ersten und zweiten Augustwoche in den Netzkäfigen vermehrt Aktivität festgestellt wurde (Käfer liefen an der Decke der Käfige), wurden die Käfer in Klimakammern gebracht. Dort wurden sie bei 15°C in den Käfigen mit Raps als Futter einer Photoperiode von L:D (Licht:Dunkel) 14:10 ausgesetzt, um die Temperaturen des Übersommerungsquartiers zu simulieren und somit das Einwanderungsbedürfnis der Käfer zu

reduzieren. Der Torf und die Plastikblumentöpfe wurden in den Käfigen belassen, um die Käfer nicht unnötig in ihrer Übersommerungsphase zu stören. 14 Tage vor der jeweiligen Freilassung in die Versuchskäfige wurden die Käfer in den Klimakammern kühleren Temperaturen und kürzeren Tagesperioden ausgesetzt (12°C und L:D 12:12), um die Paarungs- und Eiablagebereitschaft der Weibchen zu stimulieren und zu homogenisieren. Die Klimakammerbedingungen sollten optimale Eiablagebedingungen im Herbst nachstellen.

Vor dem Aussetzen der Käfer in die Netzkäfige wurde das Geschlecht nach KAUFMANN (1941c) anhand des dritten Tarsensegmentes bestimmt (**Abb. 2**). Drei unterschiedliche Käferdichten (20, 40 und 60 Käfer (K) je Netzkäfig (3 m²); Män.:Weib.; 1:1) wurden an drei verschiedenen Terminen ausgesetzt. Die drei Freilassungstermine der drei Jahre sind **Tab. 2** zu entnehmen und entsprechen möglichen Einwanderungsterminen in praxi.

Tab. 2: Besiedelungstermine und BBCH-Stadien im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.

Var.nr.	Var. Kürzel	Besiedelungsdichte	Besiedelungstermine			
			2015	2016	2017	
1	K	Kontrolle				
2	20K T1	20 Käfer	T1	BBCH 11–12 (11.09.15)	BBCH 10–12 (05.09.16)	BBCH 11 (08.09.17)
3	40K T1	40 Käfer				
4	60K T1	60 Käfer				
5	20K T2	20 Käfer	T2	BBCH 13 (21.09.15)	BBCH 13 (19.09.16)	BBCH 13–14 (22.09.17)
6	40K T2	40 Käfer				
7	60K T2	60 Käfer				
8	20K T3	20 Käfer	T3	BBCH 14–15 (30.09.15)	BBCH 14–16 (04.10.16)	BBCH 14 (05.10.17)
9	40K T3	40 Käfer				
10	60K T3	60 Käfer				

3.1.2 Standort Göttingen

Der Freilandversuch in Göttingen wurde auf dem Versuchsgelände des Institutes für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen in den Anbaujahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 am Standort Weendelsbreite (51.566223°N, 9.947367°E) etabliert. Im Versuchsjahr 2017/18 kam es zu einer Trockenperiode von Juli bis Oktober, sodass der Raps beim Auflaufen vertrocknete und der Versuch an diesem Standort abgebrochen werden musste.

3.1.2.1 Pflanzenbauliche Maßnahmen am Standort Göttingen

An diesem Standort wird seit vielen Jahren in einer dreigliedrigen Fruchtfolge gewirtschaftet (Winterraps, Winterweizen, Wintergerste). Durch die Umrandung der Fläche mit Buchenhainen und Saumzonen bietet der Versuchsschlag dem Rapserrdfloh gute Möglichkeiten für die Übersommerung. Durch den geringen Einsatz von Insektiziden kam es in der Vergangenheit oft zu einem hohen

Rapserrdflohaufreten am Standort. Die Versuchsfläche wurde in den Anbaujahren praxisüblich bewirtschaftet (**Tab. 3**). Anfang April kam es in den Versuchsjahren 2015/16 und 2016/17 zu einem massiven Rapsgranzkäferzuflug, sodass eine Behandlung mit Avaunt außerhalb der Parzellen notwendig war. Von Avaunt sind nur Wirkungen auf den Rapsgranzkäfer, nicht aber auf andere Rapsschädlinge bekannt.

Tab. 3: Pflanzenbauliche Maßnahmen im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Anbaujahren 2015/16 und 2016/17.

Anbaujahr	2015/16	2016/17
Vorfrucht	Wintergerste	Wintergerste
Bodenbearbeitung	Grubber + Kreiselegge	Pflug + Kreiselegge
Aussaattermin	31.08.15	18.08.16
Sorte	Avatar	Penn
Beizung	DMM & TMTD	DMM & TMTD
Aussaatstärke	60 Körner/m ²	70 Körner/m ²
Herbizid	08.09.15 Butisan Gold (2,5 l/ha)	30.08.16 Butisan Kombi (2,5 l/ha) 27.09.16 Agil S (0,6 l/ha)
Insektizid	08.04.16 Avaunt (0,17 l/ha) Nur außerhalb der Parzellen	07.04.17 Avaunt (0,17 l/ha) Nur außerhalb der Parzellen
Wachstumsregler	0,6 l Folicur	27.09.16 Orius (0,8 l/ha) 28.03.17 Topex (0,3 l/ha)
Schneckenkorn	03.09.15 Patrol Metapads (4 kg/ha)	25.08.16 Patrol Metapads (6 kg/ha)
N-Gaben (Düngeform)	16.03.16 100 kg/ha (DAP) 04.04.16 60 kg/ha (DAP)	04.03.17 35 kg/ha (SSA) 14.03.17 80 kg/ha (AHL) 27.03.17 80 kg/ha (AHL)
Ernte	19.07.16	31.07.17

3.1.2.2 Versuchsanlage des Befallszeitfensterversuches in Göttingen

Die Versuche in Göttingen wurden als randomisierte Blockanlage angelegt. Im Anbaujahr 2015/16 gab es acht Wiederholungen und im Anbaujahr 2016/17 sechs Wiederholungen (**Abb. 9**). Die Parzellen hatten die Maße von 1,5 m x 2 m. Um verschiedene Zeiträume des Rapserrdflohbefalls

nachzustellen, wurden kurz nach der Aussaat die verschiedenen Varianten installiert. Die untersuchten Varianten sind im Folgenden beschrieben:

1. ohne Befall: dauerhaft mit Netzkäfig abgedeckt und somit frei von Rapserrflöhen.
2. permanenter Befall: dauerhaft ohne Netzkäfig. Die Variante entspricht mithin dem natürlichen Rapserrflohbefall auf dem Versuchsschlag.
3. nur früher Befall: Besiedelung von Rapserrflöhen nach der Aussaat möglich bis zum Aufbau der Netzkäfige Anfang Oktober. Um eine weitere Eiablage der Käfer unter den Netzen zu unterbinden, wurden dann in den Netzkäfigen zwei Gelbfangschalen mit Wasser und Entspannungsmittel gefüllt und platziert, um die verbleibenden Rapserrflöhe herauszufangen.
4. später Befall: Verhinderung der Besiedelung durch Rapserrflöhe bis Ende September.
5. sehr später Befall: Verhinderung der Besiedelung durch Rapserrflöhe bis Anfang Oktober .

Die genauen Besiedelungszeitfenster der einzelnen Varianten in den beiden Versuchsjahren sind **Tab. 4** zu entnehmen.

Tab. 4: Varianten im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17.

Variante (Befall)	Abdeckung	2015/16	2016/17
1. ohne	dauerhaft	– ab 09.09.15	– ab 06.09.16
2. permanent	ohne	-	-
3. nur früh	ohne bis	01.10.15	09.10.16
4. spät	zugedeckt bis	09.09.15–21.09.15	06.09.16–27.09.16
5. sehr spät	zugedeckt bis	09.09.15–05.10.15	06.09.16–10.10.16

Die Varianten, welche befallsfrei bleiben sollten, wurden kurz nach der Aussaat mit dem Netzkäfig abgedeckt, dieses geschah in der Anbausaison 2015/16 am 09.09.15 (BBCH 10) und in der Anbausaison 2016/17 am 06.09.16 (BBCH 10–11). Eine Darstellung der abgedeckten und offenen Varianten ist in **Abb. 10** gegeben. Die Netzkäfige wurden auf den Parzellen belassen bis der Raps zu schossen begann (31.03.16; BBCH 51 und 29.03.17; BBCH 51–52).

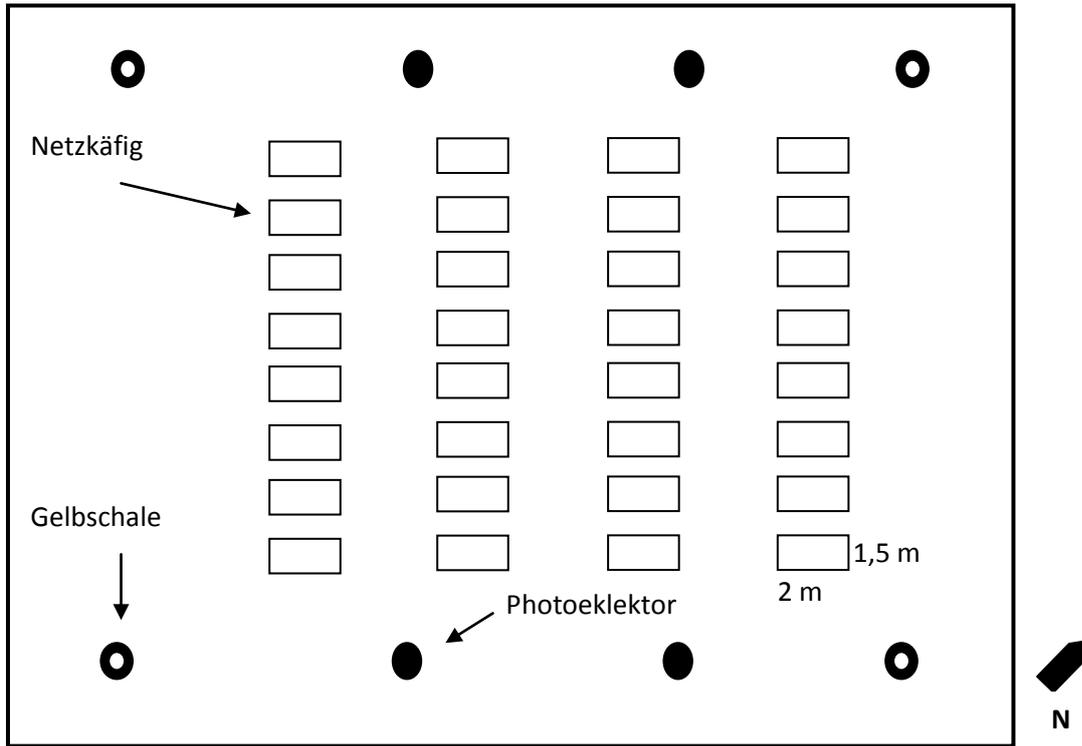


Abb. 9: Schematische Darstellung der Versuchsanlage des Befallszeitfensterversuches in Göttingen.

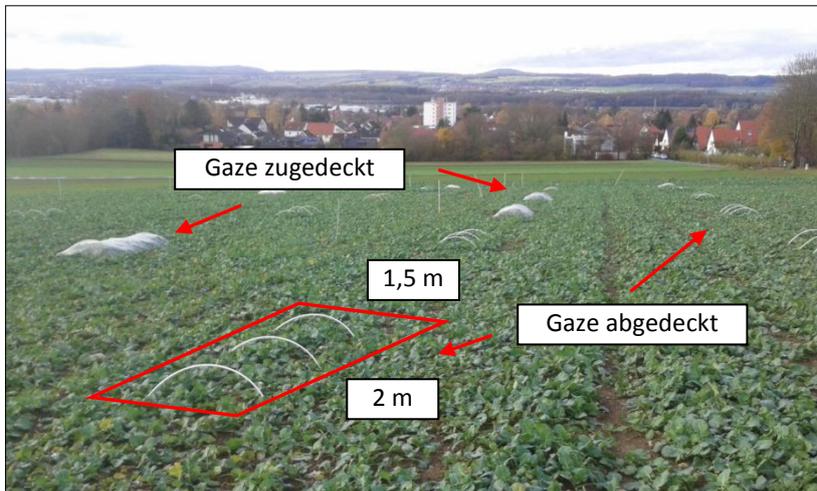


Abb. 10: Versuchsaufbau im Befallszeitfensterversuch in Göttingen. Abgedeckte und offene Netzkäfige.

3.1.3 Witterungsverlauf an den Standorten Braunschweig und Göttingen

Für die Auswertung der Wetterdaten wurden die für die Stadt Braunschweig bestimmten Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) herangezogen. Die Wettermessungen am Standort Braunschweig werden auch für die in der Nähe liegenden Versuchsstandorte Hötzum (7,2 km Entfernung) (2015/16), Ahlum (11,7 km Entfernung) (2016/17 und 2017/18), Sickinge (7,4 km Entfernung) (2015/16 und 2016/17) und Lucklum (10,3 km Entfernung) (2017/18) genutzt, da an diesen Standorten keine Wetterstationen existieren.

Da sich der Standort Göttingen in der Nähe der Stadt befindet (ca. 2 km vom Stadtzentrum entfernt) und es in der Nähe dieses Schlags keine Wetterstation gab, wurden als Datengrundlage ebenfalls die Daten des DWD für die Stadt Göttingen verwendet.

An beiden Standorten wurde neben der durchschnittlichen Lufttemperatur in 2 m Höhe, die durchschnittliche Bodentemperatur in 5 cm Tiefe im 6 Stunden Rhythmus dokumentiert. Weiter wurde der tägliche Niederschlag aufgezeichnet. Die Temperatursummen wurden durch die Addition der Tagesmitteltemperaturen berechnet.

Im Nachfolgenden werden die für die Entwicklung des Rapserrfloh besonders relevanten Monate (September bis Juni) in den Anbaujahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 dargestellt. Das Hauptaugenmerk wird bei der Beschreibung auf den Monat September und den Winter gelegt, da diese Monate für die Entwicklung des Rapserrfloh und die Schädigung evident sind.

Vegetationsperiode 2015/16

Die Vegetationsperiode 2015/16 zeichnete sich in Braunschweig durch einen milden Herbst aus (**Abb. 11**, **Tab. 5**). Bis zum Winter etablierte sich ein vitaler Rapsbestand. Abgesehen von einer längeren Frostperiode im Januar (16 Tage), während der der Raps permanent mit Schnee bedeckt war, kam es zu keinen größeren Kälteeinbrüchen (**Tab. 5**). Ab März begann der Raps zu schossen.

Der Verlauf der Witterung war in der Versuchsperiode 2015/16 in Göttingen relativ ähnlich wie in Braunschweig (**Abb. 12**). Der Winter war in diesem Versuchsjahr in Göttingen mit 58 Frosttagen etwas ausgeprägter, jedoch lag auch an diesem Standort während der gesamten Frostperiode Schnee, sodass nur an fünf Tagen Frost in 5 cm Bodentiefe gemessen wurde (**Tab. 8**). Der Raps entwickelte sich im Frühjahr zügig.

Vegetationsperiode 2016/17

Der September des Versuchsjahres 2016/17 war im Vergleich zum Jahr 2015/16 und 2017/18 in Braunschweig ca. 150°Cd wärmer (**Tab. 5**). In Göttingen wurden im Vergleich zu 2015/16 ebenfalls ca. 130°Cd mehr gemessen (**Tab. 6**). Durch die hohen Temperaturen in diesem Monat entwickelte sich der Raps sehr schnell, gleichwohl es in Braunschweig nur 36,9 mm regnete. Die Trockenheit in

diesem Jahr führte zum Teil auch auf den Versuchsfeldern in der Nähe von Braunschweig zu einem verspäteten Auflauf. Im Vergleich zu Braunschweig regnete es in Göttingen mit 97,7 mm ausreichend, sodass es hier eine zügige Jugendentwicklung gab (**Abb. 12**).

Frosttemperaturen wurden in diesem Versuchsjahr an beiden Standorten bereits im November erreicht (**Tab. 7** und **Tab. 8**). Im Verlauf des Winters kam es immer wieder zu Kälteeinbrüchen. Bei der vergleichenden Betrachtung zeigt sich, dass der Winter in Göttingen strenger als in Braunschweig war. In Braunschweig wurden insgesamt 53 Tage mit Frost und 36 Tage mit Bodenfrost gemessen, wohingegen in Göttingen 79 Tage mit Frost und 40 Tage mit Bodenfrost festgestellt wurden. Die hohe Anzahl an Tagen mit Bodenfrost ist auf eine Kahlfrösteperioden während des Januars zurückzuführen. Während dieser Frostperiode war der Raps in Braunschweig durch eine deutlich dickere Schneedecke geschützt als in Göttingen.

Im April gab es zum Beginn der Blüte ein kurzes Frostereignis in Braunschweig (2 Frosttage) und Göttingen (8 Frosttage), wodurch zum Teil einige Blüten abfroren.

Vegetationsperiode 2017/18

Durch einen verregneten Sommer (290,5 mm im Juli und August in Braunschweig) kam es in diesem Versuchsjahr zu einer verspäteten Aussaat, da die Flächen nicht befahrbar waren. In Göttingen gab es in diesem Jahr große Probleme mit Trockenheit zur Aussaat. Von Mitte August bis Mitte Oktober gab es keinen Niederschlag, weshalb der Raps nicht aufblühte und der Versuch in Göttingen abgebrochen werden musste.

Die vorwinterliche Entwicklung des Rapses war aufgrund des milden Herbstes durchschnittlich. Der Wintereinbruch erfolgte in diesem Jahr erst Ende Januar, dauerte allerdings bis Ende März an (**Tab. 7**). Im Februar und März kam es zu Kahlfrösten, welche zu Bodenfrost im Februar und März führten (18 bzw. 4 Tage).

Durch einen rapiden Temperaturanstieg im April mit Temperaturen bis zu 24°C, kam es zu einem unverhältnismäßig schnellen Wachstum des Rapses in Braunschweig, was zum Teil zu einer physiologischen Knospenwelke und durch Wachstumsrisse aufgeplatzten Stängeln führte. Die Welke trat jedoch nur an den Versuchsstandorten in der Nähe von Braunschweig auf, nicht jedoch im Besiedelungsversuch auf dem JKI-Gelände. Die Welke sorgte dafür, dass die Blüte sehr stark in die Länge gezogen wurde.

In den Monaten Mai und Juni fielen insgesamt nur 16 mm Regen, woraus eine Frühsommertrockenheit resultierte (**Abb. 11**). Auf Grund der Trockenheit war die Ernte in diesem Jahr verfrüht und die Bestände schöpften nicht ihr maximales Potenzial aus.

Tab. 5: Temperatursummen (°Cd) (2 m Höhe) der Monate September–Juni in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.
2015/16	388,6	266,6	257,1	254,1	88,7	110,2	151,12	259	453,3	531,7
2016/17	540,8	287,3	137,7	118,7	26,7	106,0	257,41	236,8	458,9	528,3
2017/18	409,1	377,2	180,6	133,7	125,4	14,2	118,9	394,9	529,9	557,5

Tab. 6: Temperatursummen (°Cd) (2 m Höhe) der Monate September–Juni in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17.

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Jun.
2015/16	387,3	265,7	247,5	231,7	89,3	108,1	136,8	241,9	515,1	515,4
2016/17	517,1	276,7	133,3	97,9	18,5	100,5	235,1	222,0	455,6	517,8

Tab. 7: Frosttage, Eistage, Bodenfrosttage (5 cm) und Monatsminimaltemperatur in Braunschweig in den Monaten Oktober–April in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.

	2015/16							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	ges.
Frosttage	1	2	0	14	7	7	0	31
Eistage	0	0	0	10	0	0	0	10
Bodenfrost	0	0	0	3	0	1	0	4
Temp. (min.)	-0,1	-0,3	1,1	-12,6	-3,7	-3,7	1,5	-
	2016/17							
	Frosttage	10	11	0	19	11	0	2
Eistage	0	1	0	8	5	0	0	14
Bodenfrost	0	3	5	20	8	0	0	36
Temp. (min.)	5	-4,6	-4,4	-8,2	-4,2	1,2	-1,7	-
	2017/18							
	Frosttage	0	1	2	7	23	12	0
Eistage	0	0	0	0	7	5	0	12
Bodenfrost	0	0	0	3	18	4	0	25
Temp. (min.)	5,9	-0,4	-0,3	-1,1	-10,8	-9,7	0,8	-

Tab. 8: Frosttage, Eistage, Bodenfrosttage (5 cm) und Monatsminimaltemperatur in Göttingen in den Monaten Oktober–April in den Jahren 2015/16 und 2016/17.

	2015/16							
	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	ges.
Frosttage	2	3	2	16	12	15	8	58
Eistage	0	0	0	9	0	0	0	9
Bodenfrost	0	0	0	5	0	0	0	5
Temp. (min.)	-1,4	-1,4	-0,8	-17,1	-4,4	-3,8	-1,1	-
	2016/17							
	Frosttage	0	11	14	24	16	6	8
Eistage	0	0	2	12	3	0	0	17
Bodenfrost	0	2	6	27	9	0	0	44
Temp. (min.)	1,6	-6,9	-8,0	-11,3	-4,0	-1,4	-3,2	-

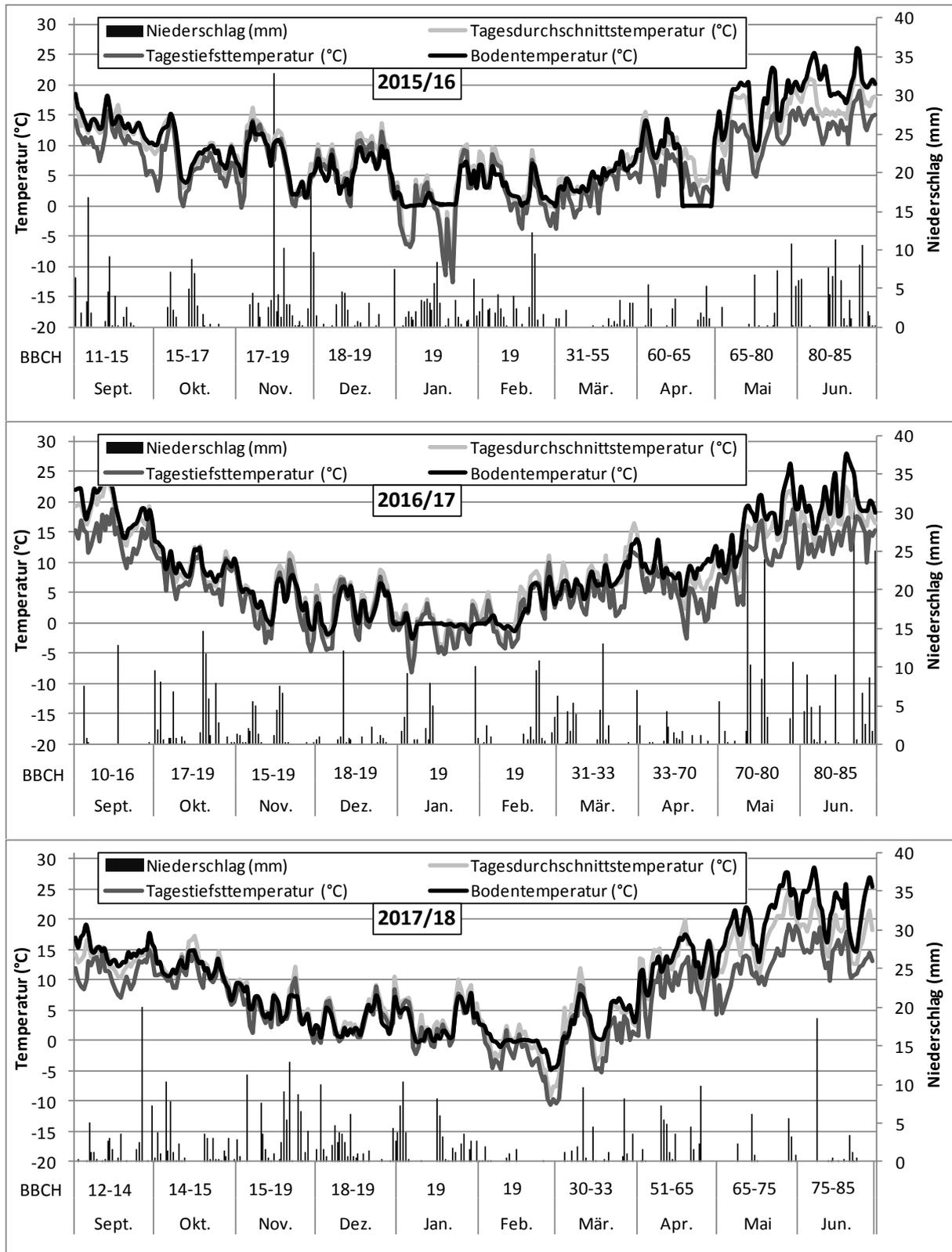


Abb. 11: Klimadiagramm des Standorts Braunschweig. Dargestellt sind tägliche Niederschlagssumme (mm), Tagesdurchschnittstemperatur (°C) (2m Höhe), Tagestiefsttemperatur (°C) (2m Höhe) und die Bodentemperatur (5 cm) (°C) im Zeitraum September–Juni in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.

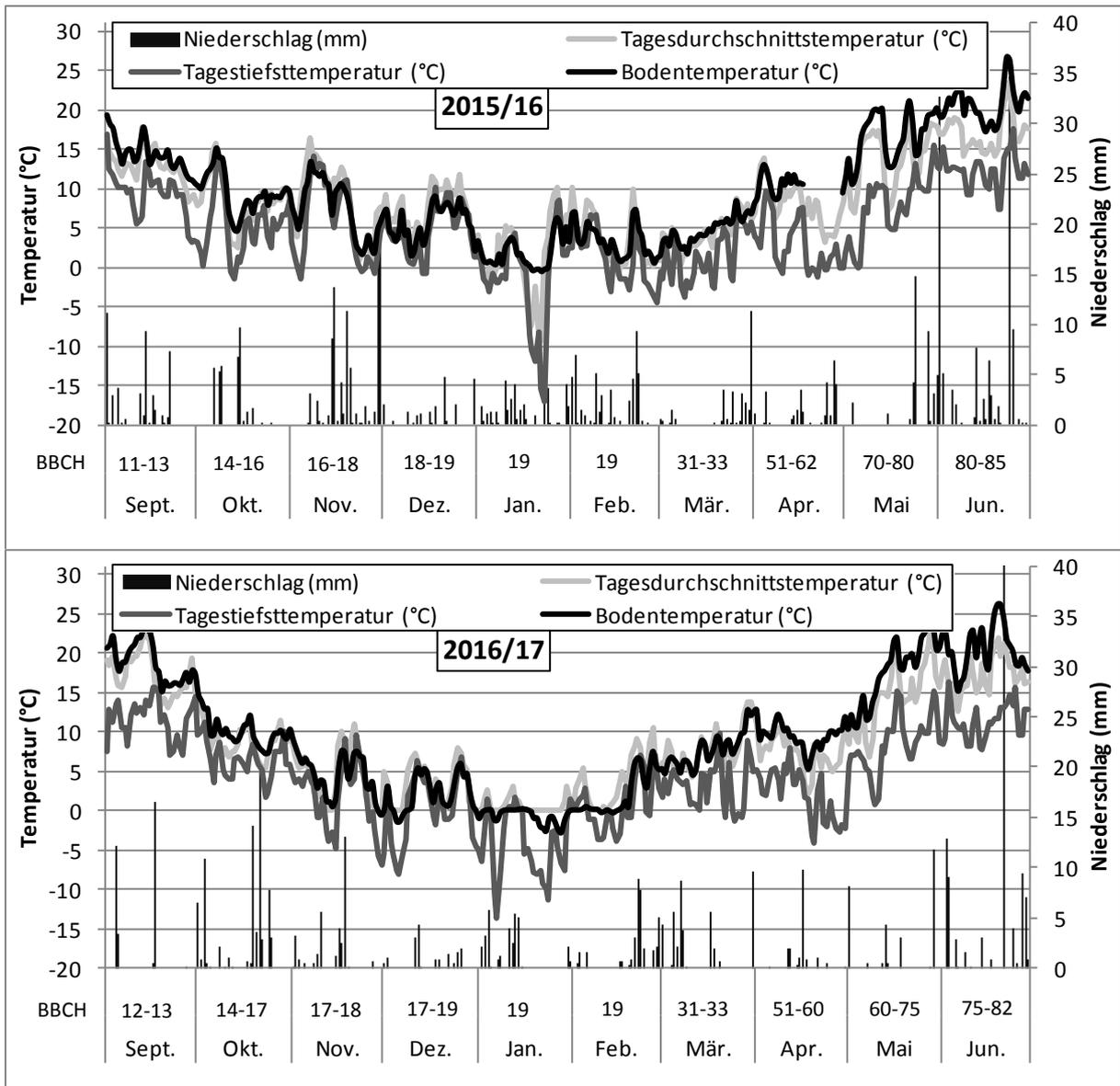


Abb. 12: Klimadiagramm des Standorts Göttingen. Dargestellt sind tägliche Niederschlagssumme (mm), Tagesdurchschnittstemperatur (°C) (2m Höhe), Tagestiefsttemperatur (°C) (2m Höhe) und die Bodentemperatur (5 cm) (°C) im Zeitraum September–Juni in den Jahren 2015/16 und 2016/17.

3.1.4 Allgemeine Erfassungsmethoden

Im Nachfolgenden sind allgemeine Erfassungsmethoden beschrieben, welche in mehreren Versuchen in ähnlicher Form durchgeführt wurden. Versuchsspezifische Abänderungen und die Häufigkeit der Bonituren sind in den jeweiligen Versuchsbeschreibungen genau aufgeführt. Alle Bonituren wurden in Anlehnung an die EPPO-Richtlinie für *P. chrysocephala* PP 1/73(3) (EPPO, 2001b) durchgeführt.

3.1.4.1 Bestandesdichte

Die Bestandesdichte wurde durch mindestens eine Herbst- und eine Frühjahrspflanzenzählung bestimmt. Für die Zählung wurden mindestens vier je 2 m lange Zählstrecken pro Parzelle abgesteckt, welche zufällig entlang der Drillreihen verteilt waren und die Pflanzen innerhalb dieser Zählstrecken gezählt.

3.1.4.2 Blattfraß

Der Blattfraß wurde als prozentualer Anteil der gefressenen Blattfläche visuell geschätzt. Für die Schätzung dienten die unter Punkt 3.1.4.1 beschriebenen abgesteckten 2 m Zählstrecken. Der Blattfraß wurde nach dem Boniturschema für den Blattfraß des Kohlerdflohs (EPPO, 2001a) geschätzt (**Abb. 13**).

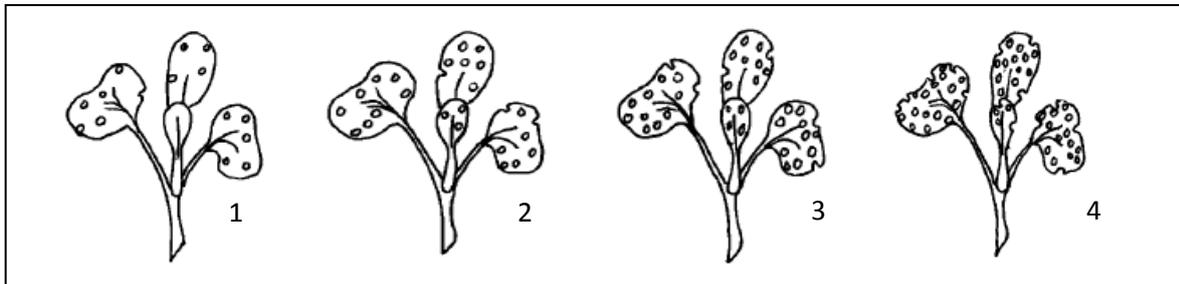


Abb. 13: Boniturschema Blattfraß in % gefressener Blattfläche. (Gefressene Blattfläche: 1 = 2 %; 2 = 5 %; 3 = 10 %; 4 = 25 %) (verändert nach EPPO (2001a))

3.1.4.3 Überwachung der Käferaktivität und -abundanz

Die Zuwanderung und Aktivität der Käfer wurde mittels Gelbschalen (runder Typ; 22,4 cm Ø mit Gitter, Fa. Bayer) überwacht, die zeitnah nach der Saat aufgestellt wurden und bis ca. Mitte Oktober auf dem Feld verblieben. Sie wurden ebenerdig aufgestellt, nicht in den Boden eingegraben und an den Außenkanten des Versuches platziert. Es gab pro Schlag mindestens vier Wiederholungen. Die Schalen waren mit einem Entspannungsmittel und Wasser gefüllt und wurden in einem mindestens siebentägigen Turnus geleert.

Die Abundanz des Rapserrdflohs wurde durch schnell auf den Bestand aufgesetzten Eklektoren (0,25 m² Fa. ecoTech GmbH) ermittelt. Da die Käfer bei Gefahr schnell weghüpfen, wurde bei der Aufstellung darauf geachtet, dass das Umsetzen schnell geschah. Bei Sonnenschein wurde bei der

Aufstellung berücksichtigt, dass die Sonne nicht im Rücken stand und die Käfer durch den Schatten verjagt wurden. Die Eklektoren waren zum Teil mit ca. 35 cm langen Erdnägeln am Boden fixiert und leicht angehäufelt, um sie vor Sturm zu schützen. Die Kopfdosen der Photoeklektoren wurden mit Wasser und Entspannungsmittel gefüllt.

3.1.4.4 Larvenbonituren

Für die Larvenbonitur wurde an drei Terminen, beginnend im November bis Ende März, der Larvenbesatz an zehn zufällig pro Parzelle gezogenen Pflanzen bestimmt. Die Pflanzen lagerten in einem Kühlraum bei Dunkelheit und 3°C, bis sie seziiert wurden. Die Larven wurden mittels Skalpell, Federstahlpinzette und Binokular im Labor heraus präpariert. Weiter wurde der Wurzelhalsdurchmesser der Pflanzen bestimmt, um die Größe der Pflanzen zu charakterisieren.

Um die verschiedenen Versuche trotz unterschiedlicher Bestandesdichten und hiermit verbundener Verdünnungs- beziehungsweise Konzentrationseffekte in der Larvendichte besser miteinander vergleichen zu können, wurde die mittlere Larvenzahl/m² wie folgt berechnet:

$$\text{Larvenzahl/Pflanze} \times \text{Pflanzenzahl/m}^2 = \text{Larvenzahl/m}^2$$

Da in den meisten Versuchen nur eine Herbst- und eine Frühjahrszählung der Pflanzen durchgeführt wurde, kann die Larvenzahl/m² nur für diese Boniturtermin angegeben werden.

3.1.4.5 Jungkäferschlupf

Um die Auswirkungen der jeweils untersuchten Varianten auf die sich in der Fläche entwickelnden Jungkäfer zu untersuchen, wurden Bodenphotoeklektoren (0,25 m² Fa. ecoTech GmbH) mit mindestens zwei Wiederholungen pro Parzelle in den Versuchen in der Nähe der Fahrgasse platziert. Im Frühjahr vor Schossbeginn wurden die Bodenringe der Eklektoren ca. 5 cm in den Boden eingegraben (ca. 1–2 m Abstand zwischen den Eklektoren). Das frühe Platzieren der Bodenringe ist nötig, da die Pflanzen zu diesem Wuchsstadium noch klein sind und innerhalb und außerhalb des Eklektors nicht beschädigt werden. Im BBCH 76–78 wurden die Pflanzen, welche im Eklekting standen, herunter gebrochen und das Eklektorzelt aufgezogen. Als Fangbehältnis diente eine perforierte Plastiktüte am Auslass des Eklektors, um die Käfer für weitere Versuche lebendig zu fangen. Die Fangtüten wurden zweimal in der Woche geleert und wenn nötig erneuert. Die Eklektoren waren bis zur Ernte fängig. Die Methode basiert auf Versuchen von HEIMBACH et al. (2016).

3.1.5 Erhebungen in den Besiedelungsversuchen an den Standorten Braunschweig und Göttingen

Im Folgenden werden die durchgeführten Erhebungen und Bonituren an den Standorten Braunschweig (BS) und Göttingen (GÖ) erläutert.

3.1.5.1 Bestimmung des Blattfraßes

In Braunschweig wurde für die Fraßbonitur an drei Terminen im September an zehn zufällig ausgewählten Pflanzen der Fraßschaden pro Parzelle bestimmt. In Göttingen wurde die gefressene Blattfläche wie unter Punkt 3.1.4.2 beschrieben erfasst. Dieses gibt somit den Fraßschaden der gesamten Versuchsfläche wieder (mit Ausnahme der im Herbst permanent abgedeckten Flächen), da die Käfer bis zur Bonitur freien Zugang zu den Pflanzen hatten. Die Termine für die Fraßbonituren der Standorte Braunschweig und Göttingen sind **Tab. 9** zu entnehmen.

Tab. 9: Fraßboniturtermine im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18) und im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17).

2015/16		2016/17		2017/18
BS	GÖ	BS	GÖ	BS
16.09.	01.10.	16.09.	21.09.	15.09.
(BBCH 11–12)	(BBCH 13)	(BBCH 13)	(BBCH 13)	(BBCH 12)
21.09.		21.09.		22.09.
(BBCH 13)		(BBCH 13–14)		(BBCH 13–14)
30.09.		30.09.		29.09.
(BBCH 14–15)		(BBCH 14–15)		(BBCH 14)

3.1.5.2 Bestimmung der Bestandesdichte und anderer Bestandesparameter

Um die schädliche Wirkung des Rapserrdflohs auf die Anzahl der aufgelaufenen Pflanzen in Göttingen und Braunschweig und mögliche Auswinterungsverluste zu untersuchen, wurde die Bestandesdichte unter den Netzkäfigen an mindestens zwei Terminen (erste Zählung im Herbst und die zweite Zählung im Frühjahr; Termine siehe **Tab. 10**) bestimmt. Hierfür wurden alle unter dem Netzkäfig befindlichen Pflanzen gezählt.

In den Frühjahren 2017 und 2018 wurden vermehrt Pflanzen ohne Haupttrieb beobachtet (**Abb. 14**), weshalb diese bei der Frühjahrspflanzenzählung separat erfasst wurden. Für die Bonitur wurden die Pflanzen ohne Haupttrieb pro Parzelle gezählt und deren prozentualer Anteil bestimmt.

Da es durch das Fehlen eines Haupttriebes zu Depressionen im Höhenwachstum gekommen war, wurde mittels eines Platimeters (50 x 50 cm Messoberfläche) die Pflanzenhöhe der einzelnen Parzellen durch drei zufällig verteilte Messungen pro Parzelle bonitiert.

Tab. 10: Boniturtermine verschiedener Bestandesparameter. Bestandesdichte in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18, Pflanzen ohne Haupttrieb und Bestandeshöhe im Jahr 2016/17 und 2017/18 im Besiedelungsversuch in Braunschweig und im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (Bonituren 2017/18 nur in Braunschweig).

2015/16		2016/17		2017/18
Bestandesdichte		Bestandesdichte		Bestandesdichte
BS	GÖ	BS	GÖ	BS
23.09.15	05.10.15	21.09.16	28.11.16	23.09.17
(BBCH 13)	(BBCH 13–15)	(BBCH 13–14)	(BBCH 18)	(BBCH 14)
24.03.16	21.03.16	24.03.17	29.03.17	21.03.18
(BBCH 51)	(BBCH 31)	(BBCH 33)	(BBCH 51–52)	(BBCH 31)
Pflanzen ohne Haupttrieb		Pflanzen ohne Haupttrieb		Pflanzen ohne Haupttrieb
Nicht erhoben		BS	GÖ	BS
		24.03.17	29.03.17	04.04.18
		(BBCH 33)	(BBCH 51–52)	(BBCH 33)
Bestandeshöhenmessung		Bestandeshöhenmessung		Bestandeshöhenmessung
Nicht erhoben		BS	GÖ	BS
		05.06.17	01.06.17	25.05.18
		(BBCH 80–83)	(BBCH 80)	(BBCH 80)



Abb. 14: Besenwuchssymptome an Winterraps.

3.1.5.3 Pflanzenproben

Zur Ermittlung der Abundanz der *P. chrysocephala* Larven in der Pflanze, sowie zur Erfassung der Einzelpflanzenparameter, wurden wie unter Punkt 3.1.4.4 beschrieben, an drei Terminen je zehn Pflanzen pro Netzkäfig zufällig verteilt gezogen. Die genauen Termine sind **Tab. 11** zu entnehmen.

Tab. 11: Termine der Larvenbonituren im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18) und im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17).

2015/16		2016/17		2017/18
BS	GÖ	BS	GÖ	BS
07.12.	07.12.	28.11.	28.11.	04.12.
(BBCH 17–19)	(BBCH 16–17)	(BBCH 15–18)	(BBCH 17–18)	(BBCH 16–17)
12.01.	28.01.	12.01.	06.02.	15.01.
(BBCH 19)	(BBCH 17)	(BBCH 17–19)	(BBCH 17–19)	(BBCH 19)
24.03.	31.03.	17.03.	29.03.	21.03.
(BBCH 51)	(BBCH 51)	(BBCH 31–33)	(BBCH 51–52)	(BBCH 30)

Für die Bestimmung der räumlichen Verteilung der Larven innerhalb der Pflanze, wurde die Pflanze in verschiedene Bereiche eingeteilt. Die Blätter mitsamt Blattstiel wurden abgetrennt und in vier Fraktionen gegliedert (**Abb. 15**). Beim ältesten nicht seneszenten Blatt von unten beginnend, bildeten hierbei jeweils das erste bis dritte Blatt, das vierte bis sechste Blatt, sowie alle darauf folgenden Blätter eine Gruppierung. Die Endknospe wurde separat betrachtet, zu ihr zählten ebenfalls alle Blätter, die kleiner als 2 cm waren. Zur Untersuchung des Einflusses der Befallsdichte auf die Lokalisation der Larven innerhalb der Pflanze wurde eine Einteilung der Pflanzen in Befallsklassen vorgenommen: 1–4, 4–8 und >8 Larven/Pflanze.

Um zusätzlich die Lokalisation der Larven innerhalb eines Blattes zu bestimmen, wurde das Blatt in drei Fraktionen eingeteilt: 1. Basis (Stängelansatz bis 2 cm hinter dem Ansatz), 2. Mitte (2 cm hinter dem Stängelansatz bis zum Blattansatz), 3. Blatt (Stängelansatz bis zur Blattmitte) (siehe **Abb. 15**).

Alle Blattstiele wurden vorsichtig mit einem Skalpell aufgeschnitten und die vorhandenen Rapserrdflohlarven mit einer Federstahlpinzette heraus präpariert, gezählt und den jeweiligen Blattfraktionen zugeordnet. Nach dem Herauspräparieren wurden die Larven in Alkohol (80%) konserviert. Es wurden jeweils alle Larven der 10 Pflanzen pro Plot von einer Fraktion (**Abb. 15**) in einem Behältnis kollektiviert. Anschließend wurden die Kopfkapseln mit einem Messbinokular vermessen, um die Larven anhand der durchschnittlichen Kopfkapseldurchmesser nach KAUFMANN (1941c) den drei Larvenstadien zuordnen zu können.

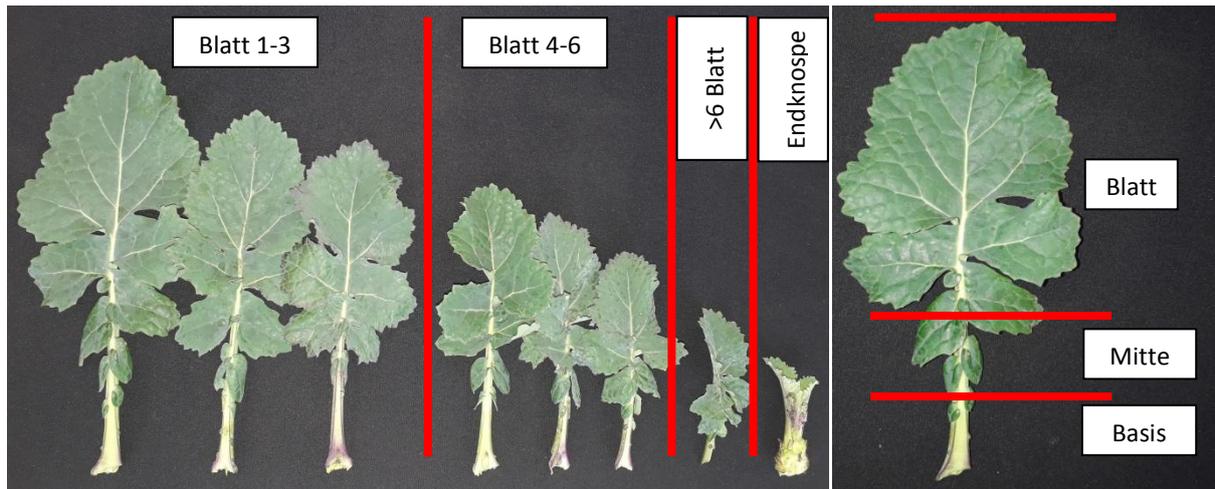


Abb. 15: Links: Einteilung der Blätter in: Blatt 1–3, Blatt 4–6, >Blatt 6 und Endknospe, rechts: Einteilung eines Rapsblattes in: Basis, Mitte und Blatt.

Anhand der unter Punkt 3.1.4.4 beschriebenen Berechnung der Larven/m² wurde durch dividieren der Larven/m² durch die Zahl der Weibchen/m², die Zahl der Larven/Weibchen berechnet.

3.1.5.4 Zeitliche Verteilung des Jungkäferschlupfes

Um die Auswirkungen des Befallszeitpunktes und der Befallsstärke auf die Menge und zeitliche Abundanz der im Frühsommer schlüpfenden Jungkäfer zu erfassen, wurde der Jungkäferschlupf in Braunschweig und Göttingen ab BBCH 75 mittels Eklektoren bzw. Schlupfhauben erfasst (**Abb. 16**).

Die Schlupfhauben, die im Besiedlungsversuch in Braunschweig eingesetzt wurden, waren aus schwarzen Blumentopfuntersetzern (Fläche: 1250 cm² und 7 cm Höhe; Fa. Soparco) konstruiert, in welche ein 7 cm langes Stück 1“ Gartenschlauch eingelassen wurde, erfasst. Auf dem Gartenschlauch wurde mittels Schnappschlauchsellen eine perforierte Plastiktüte befestigt, um die Jungkäfer für weitere Versuche lebendig zu fangen. Die Schlupfhaube wurde hell angestrichen (Papaja gelb), damit sie sich bei Sonneneinstrahlung nicht übermäßig erhitzt. In jeder Parzelle wurden im Areal, auf welchem die Schlupfhaube platziert werden sollte, die Stoppeln ca. 1 cm über dem Boden abgeschnitten. Die Hauben wurden ca. 2 cm in den Boden eingegraben und mit Rapsstroh bedeckt, um die Beschattung eines natürlichen Bestandes nachzustellen. Die Schlupfhauben wurden zweimal wöchentlich geleert. Die Eklektoren wurden im Anbaujahr 2015/16 nach der vorzeitigen Beerntung des Rapses (BBCH 83) installiert. Da in dieser Saison die Aufstellung wohl ein wenig zu spät war, wurden sie in den Anbaujahren 2016/17 und 2017/18 bereits ca. in BBCH 75 installiert. Die Eklektoren verblieben bis kurz nach der Ernte auf der Fläche, bis kein Jungkäferschlupf mehr auf dem Schlag festgestellt wurde (**Tab. 12**).

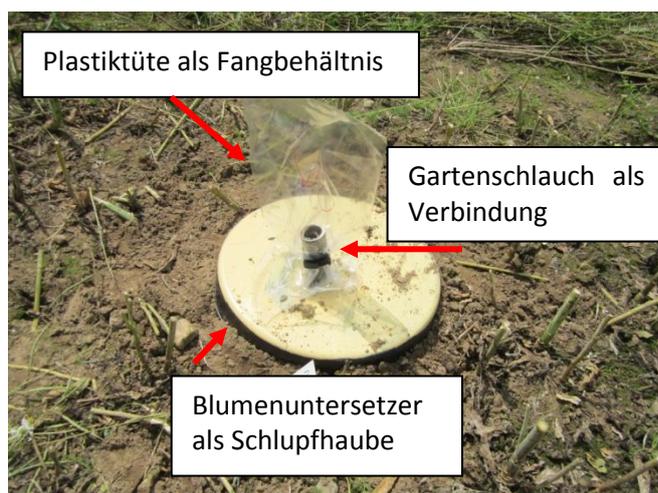


Abb. 16: Schlupfhauben im Besiedelungsversuch in Braunschweig.

Tab. 12: Zeiträume der Jungkäferschlupferfassung im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18) und im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17).

2015/16		2016/17		2017/18
BS	GÖ	BS	GÖ	BS
21.06.–28.07.	19.06.–14.07.	09.06.–17.07.	09.06.–13.07.	25.05.–05.07.
(BBCH 83–89)	(BBCH 83–89)	(BBCH 75–89)	(BBCH 75–88)	(BBCH 75–89)

In Göttingen wurde der Jungkäferschlupf aus zeitlichen Gründen nur außerhalb der Parzellen erfasst und gibt somit den Jungkäferschlupf der nicht abgedeckten Variante („permanentener“ Befall) wieder. Die Erfassungsmethode ist unter Punkt 3.1.4.5 beschrieben. Es gab drei Wiederholungen im Jahr 2015/16 und fünf Wiederholungen im Jahr 2016/17.

3.1.5.5 Beerntung der Versuche

Die Beerntung der Versuche wurde per Hand durchgeführt, da möglichst wenig Erntegut auf dem Schlag verbleiben sollte. Die Parzellen wurden an beiden Standorten mit einer Zweitaktheckenschere (Fa. Stihl) abgeschnitten (Termine siehe **Tab. 13**), zu Garben gebunden und in Big Bags in einer Gewächshauskammer bei ca. 25°C langsam getrocknet. Nach Erreichen der Totreife (BBCH 99) wurden die Garben ausgedroschen. Nach Bereinigung des Fremdbesatzes wurde die Probe für ca. 2 Wochen bei Raumtemperatur bis zum Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte (ca. 8 %) gelagert. Anschließend wurden die Proben gewogen und die TKM (Tausendkornmasse) bestimmt.

Tab. 13: Erntetermine im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18) und im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17).

2015/16		2016/17		2017/18
BS	GÖ	BS	GÖ	BS
20.06.	23.06.	27.06.	11.07.	15.06.
(BBCH 83)	(BBCH 89)	(BBCH 83)	(BBCH 88)	(BBCH 82–83)

3.1.5.6 Überwachung der Käferdichte und -aktivität in Göttingen

In Göttingen wurde mit natürlicher Rapserrdflohbesiedelung gearbeitet. Deshalb wurden die Aktivität und die Abundanz der Rapserrdföhe wie unter Punkt 3.1.4.3 beschrieben erfasst, um genauere Kenntnisse über Befallszeitpunkt und -dichte zu erhalten. Um nicht in die einzelnen Parzellen der Netzkäfige einzugreifen, wurden Gelbschalen und Photoelektoren rings um den Versuch herum aufgestellt. Die vier Gelbschalen wurden im Herbst 2015 vom 08.09–19.10.15, im Herbst 2016 vom 06.09.–05.10.16 aufgestellt. Die erhobenen Daten geben somit nur den Befall der permanent offenen Variante wieder.

Die Fangzeiträume für die Photoelektoren sind in **Tab. 14** wiedergegeben.

Tab. 14: Fangzeiträume der Bodenphotoelektoren im Befallszeitfensterversuch in Göttingen im Herbst der Jahre 2015/16, 2016/17.

Jahr	1. Fangzeitraum	2. Fangzeitraum
2015/16	01.10.–05.10.	05.10.–12.10.
2016/17	21.09.–27.09.	27.09.–05.10.

3.1.6 Ergänzende Versuche zur Erhebung der Eiablage im Besiedelungsversuch in Braunschweig

Zur Untersuchung des Einflusses des Besiedelungszeitpunktes auf die Fekundität der Rapserrdflohweibchen wurden in den Anbaujahren 2016/17 und 2017/18, in Anlehnung an die Versuche von SCHULZ (1983) zu jedem der drei Besiedelungszeitpunkte (Vgl. **Tab. 2**) sieben (2016/17) bzw. zehn (2017/18) Käferpärchen in jeweils eine Bellaplastschale (17 x 12,1 x 6,4 cm) gesetzt. Diese wurden auf der Netzkäfigversuchsfläche auf dem JKI-Gelände in Braunschweig im Bestand eingegraben, sodass die Oberkante der Schale noch ca. 2 cm herausragte (**Abb. 17**). In den Schalen befanden sich ein feuchtes Stück Filterpapier (9 x 12 cm) und ein Rapsblatt (ca. 5 x 4 cm), das von der Versuchsfläche stammte. Die eingelassenen Schalen wurden mit Fichtenzweigen abgedeckt, um zu hohe Sonneneinstrahlung zu vermeiden und die Bedingungen eines natürlichen Rapsbestandes zu simulieren. Die Abstände zwischen den Eikontrollen wurden der jeweiligen Witterung angepasst, um die Käfer möglichst wenig zu beeinflussen. Je nach Witterung wurden die Eiablageschalen zur Untersuchung auf Eier ins Labor geholt und unter der Lupe auf Eier kontrolliert. Hierfür wurden die Käfer zuvor für die Dauer der Kontrolle mit einem Exhaustor abgesaugt. Nach der Kontrolle wurde die Bellaplastschale, das Futter und das Filterpapier erneuert, die Käfer zurückgesetzt und die Schalen wieder ins Feld zurückgebracht. Tote Männchen wurden nicht ersetzt. Die Schalen wurden so lange kontrolliert, bis keine Weibchen mehr lebten.



Abb. 17: Eiablagebehältnisse im Eiablageversuch auf dem JKI Gelände in Braunschweig.

3.1.7 Ergänzende Untersuchung zum Einfluss des Verpuppungszeitpunktes auf die zeitliche Verteilung des Jungkäferschlupfes und die Schlupfquote im Besiedelungsversuch in Braunschweig

In den letzten Jahren zeigte sich, dass der Schlupfzeitpunkt der Käfer während einer relativ kurzen Zeitspanne stattfand, obwohl die Larven laut Literatur über einen sehr langen Zeitraum zur Verpuppung abwandern (Januar–Juni). Um dieses genauer zu untersuchen, wurden nach der Trichtermethode von CONRAD et al. (2016b) Rapserrdflohlarven aus Rapspflanzen ausgetrieben. Die Rapspflanzen für die Austreibung wurden im Jahr 2016/17 in Lucklum und im Jahr 2017/18 in Ahlum gesammelt. Um eine Belegung der Larven mit Parasitoiden zu vermeiden, wurden die Pflanzen für die Besiedelungen ab Mai bereits im März gesammelt und kühl gelagert, da die Parasitoiden im März noch nicht aktiv sind. Die ausgetriebenen verpuppungsbereiten L3-Larven wurden im monatlichen Turnus in den Anbaujahren 2016/17 und 2017/18, beginnend im November 2016 und im Januar 2018 bis Mai in mit Erde vom Versuchsschlag gefüllte, runde Blumentöpfe (13 cm Durchmesser, 12 cm tief) gesetzt (**Tab. 15**). Vor dem Aussetzen der Larven in die Töpfe, wurden sie mindestens vier Tage im Kühlschrank bei ca. 4°C gehältert, um sie abzuhärten. Die Töpfe wurden einen Monat vor dem ersten Aussetztermin auf dem Netzkäfigschlag so eingegraben, dass die Oberkante ca. 2 cm aus dem Boden herausragte. Die Abflusslöcher der Töpfe blieben offen, damit ein Austausch von Feuchtigkeit stattfinden konnte. Es wurden 20 Larven pro Topf ausgesetzt, mit vier Wiederholungen pro Besiedelungstermin. Die Blumentöpfe wurden oben mit Gaze verschlossen, um Vögel und andere Fressfeinde von den Larven und Puppen fernzuhalten. Die Töpfe wurden anschließend mit Fichtenzweigen abgedeckt, um Witterungseinflüsse abzumildern und somit den natürlichen Rapsbestand nachzustellen. Auf die Töpfe wurde im Frühjahr am 10.05.17 und am 01.06.18 vor dem Schlupfbeginn der Käfer ein Eklektor aufgesetzt (**Abb. 18**), um die zeitliche Verteilung und Anzahl der geschlüpften Käfer zu überwachen. Der Eklektor wurde aus einem Blumentopf (Innenwände aufgerauht) und einem Stück Gartenschlauch (1 cm Durchmesser und 10 cm Länge), auf den eine Bellaplastschale als Fangdose (17 x 12,1 x 6,4 cm) befestigt wurde, gebaut. Ein Überhitzen der

Eklektoren fand durch die Beschattung des schossenden Rapsbestandes nicht statt. Die Eklektoren wurden zweimal wöchentlich kontrolliert.

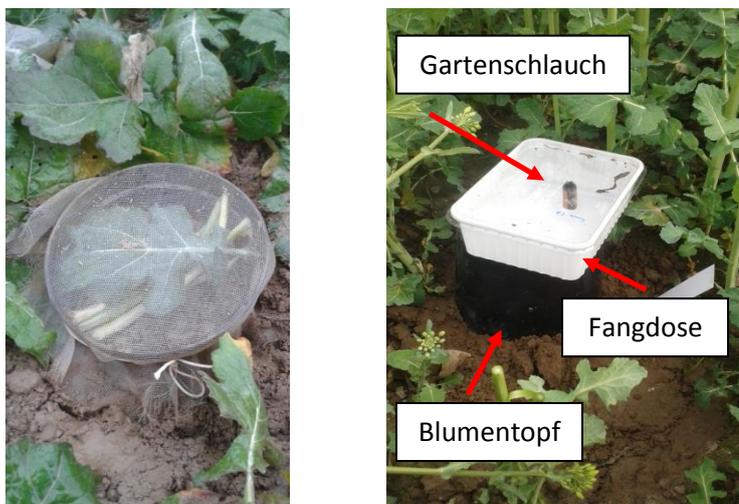


Abb. 18: Links: Verpuppungsblumentopf mit Gaze abgedeckt; rechts: Photoelektor zum Fang der schlüpfenden Jungkäfer im Schlupfversuch in Braunschweig.

Tab. 15: Freilassungstermine der verpuppungsbereiten L3 im Schlupfversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18.

Monat	2016/17	2017/18
November	16.11.2016	-
Dezember	08.12.2016	-
Januar	11.01.2017	03.01.2018
Februar	10.02.2017	02.02.2018
März	31.03.2016	14.03.2018
April	13.04.2017	12.04.2018
Mai	11.05.2017	16.05.2018

3.2 Auswirkungen verschiedener Bekämpfungsmethoden auf Populationsdynamik und Schadpotenzial des Rapserrfloh in der Braunschweiger Region

Durch diese Versuche sollte festgestellt werden, inwieweit sich der Rapserrfloh nach dem Verbot der neonikotinoiden Saatgutbehandlung noch bekämpfen lässt. Weiter sollte eruiert werden, ob die Bekämpfung des Rapserrfloh nach dem Bekämpfungsrichtwert von HÖRFFELD (1993) unter heutigen Anbauverhältnissen weiterhin gültig ist. Auch sollte die Auswirkung des Verbots der neonikotinoiden Beizung auf das Vermehrungspotenzial des Rapserrfloh untersucht werden und dessen Einfluss auf das Ertragspotenzial. In den Versuchen wurden neben dem Rapserrfloh auch andere Herbstschädlinge betrachtet. Da der Fokus der Forschungsarbeit jedoch auf dem Rapserrfloh liegt, werden nur Ergebnisse, die sich mit dem Rapserrfloh beschäftigen, berücksichtigt. Der Einfluss auf andere Schädlinge (*Myzus persicae* und *Delia radicum*) und Turnip Yellows Virus Befall sind in CONRAD et al. (2018) dargestellt.

3.2.1.1 Versuchsanlage der Bekämpfungsversuche

Dreijähriger Bekämpfungsversuch

Die Bekämpfungsversuche wurden auf Versuchsstandorten des JKI in der Nähe von Braunschweig etabliert. In der Anbausaison 2015/16 befand sich der Versuchsschlag in der Nähe von Hötzum 52.213432°N 10.610302°O (gesät 26.08.15), in der Anbausaison 2016/17 in der Nähe von Sickinge 52.219169°N 10.628665°O (gesät 22.08.16) und in der Anbausaison 2017/18 in der Nähe von Wolfenbüttel 52.168335°N 10.576114°O (gesät 24.08.17). Die Saatstärke betrug in allen Jahren 55 Körner/m² bei einer Reihenweite von 12,5 cm.

Die Standorte liegen relativ dicht beieinander, die weiteste Entfernung zwischen den Standorten beträgt 6,6 km (Ahlum–Sickinge). Die Versuchsflächen wurden jeweils mit praxisüblichen Herbizid-, Fungizid- und Düngemaßnahmen geführt. Sofern erforderlich, wurden im Frühjahr auftretende Rapsglanzkäfer, Kohltriebrüssler und Große Rapsstängelrüssler bekämpft. Die Versuchsfläche wurde in 16 (2015/16) bzw. 20 (2016/17 und 2017/18) Parzellen (Parzellengröße ungefähr 30 m lang; 24 m breit (720 m²)) als Blockanlage angelegt (vier Blöcke). Die Varianten sind in **Tab. 16** dargestellt:

Tab. 16: Varianten im Bekämpfungsversuch an den Standorten Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18).

Variante	Wirkstoff	Anwendung
Kontrolle	-	-
Karate Zeon	lambda-Cyhalothrin 7,5 g/ha.	Spritzung
Elado	Clothianidin + beta-Cyfluthrin 10 + 2 g ai/kg	Saatgutbehandlung
Lumiposa (2016, 2017)	Cyantraniliprole 50 g ai/1.000.000 Samen	Saatgutbehandlung
Fortenza Force (2015)	Cyantraniliprole + Tefluthrin 39 + 25 g ai/1.000.000 Samen	Saatgutbehandlung
Integral Pro (2016)	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> 1.6ml/kg	Saatgutbehandlung
Force (2017)	Tefluthrin 25 g ai/1.000.000 Samen	Saatgutbehandlung

Alle Varianten wurden mit dem Fungizid (TMTD & DMM) behandelt und stammten in jedem Versuchsjahr aus derselben Charge Saatgut. Die Pyrethroidapplikation wurde in den entsprechenden Varianten nach Erreichen des Bekämpfungsrichtwertes nach HOFELD (1993) durchgeführt (12.10.15; 30.09.16; 16.10.17).

Gezielte Pyrethroidapplikationsversuche

Um mehr Daten über den Einfluss des Rapserrdflchs auf den Ertrag zu erhalten, wurden ergänzend zum Bekämpfungsversuch gezielte Pyrethroidapplikationsversuche auf Praxisflächen angelegt, bei denen eine Pyrethroidspritzung nach Erreichen des Bekämpfungsrichtwertes nach HOFELD (1993) durchgeführt wurde.

Die Versuche wurden in den Anbaujahren 2016/17 und 2017/18 in Ahlum (52.168335 10.576114) und 2017/18 in Lucklum (52.208138, 10.670997) angelegt und befanden sich in unmittelbarer Nähe der unter Punkt 3.2.1.1 beschriebenen Bekämpfungsversuche. Die Versuche wurden als Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt und umfassten 8 Parzellen (Parzellengröße 30 m lang; 24 m breit (720 m²)). Die Versuche befanden sich auf praxisüblich geführten Flächen. Die Aussaat erfolgte am 25.08.16 und 26.08.17 in Ahlum und 27.08.17 in Lucklum. Die Versuchsflächen wurden mit einer Saatstärke von 45 Körnern/ m² und einem Reihenabstand von 12,5 cm mit Saatgut der Sorte Avatar bestellt (TMTD & DMM gebeizt). Die untersuchten Varianten sind in **Tab. 17** dargestellt.

Tab. 17: Varianten im Pyrethroidapplikationsversuch an den Standorten Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18).

Variante	Wirkstoff	Anwendung
Kontrolle	-	-
Karate Zeon	lambda-Cyhalothrin 7,5 g/ha	Spritzung

Die Spritzungen wurden am 30.09.16 (BBCH 17–18) und 16.10.17 (BBCH 18–19 in Ahlum und BBCH 17–18 in Lucklum) durchgeführt.

3.2.2 Erhebungen in den Bekämpfungsversuchen

Die Erhebungen wurden, in Anlehnung an die EPPO Richtlinie PP 1/73(3) (EPPO, 2001b) durchgeführt, jedoch die Anzahl der Bonituren erhöht.

3.2.2.1 Bestimmung der Bestandesdichte und anderer Bestandesparameter in den Bekämpfungsversuchen

Um die Wirkung des Rapserrdflohs auf die Anzahl der aufgelaufenen Pflanzen und mögliche Auswinterungsverluste zu untersuchen, wurde nach dem Auflaufen die Zahl der Pflanzen wie unter Punkt 3.1.4.1 bestimmt. Die Zählstrecken wurden im Bekämpfungsversuch an mindestens zwei Terminen im Herbst und an einem Termin im Frühjahr gezählt, um den Einfluss der verschiedenen Varianten genauer zu eruieren. Im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch gab es eine Herbst- und eine Frühjahrszählung (**Tab. 18** und **Tab. 20**).

Der Anteil der Pflanzen ohne Haupttrieb wurde bestimmt, indem mittels eines Zählrahmens (1 x 1 m) an fünf zufällig ausgewählten Stellen pro Parzelle die Gesamtzahl der Pflanzen pro Zählrahmenfläche gezählt und dann der Anteil an Pflanzen ohne Haupttrieb bestimmt. Die Bonitur fand an einem Termin im Frühjahr kurz nach dem Schossbeginn statt (**Tab. 19** und **Tab. 20**).

Die Bestandeshöhe wurde mittels eines Platimeters (ca. 50 x 50 cm Messoberfläche) an fünf zufällig verteilten Stellen pro Parzelle ab BBCH 80 im Bestand gemessen (**Tab. 19**).

Tab. 18: Termine der Bestandesdichtebestimmung im Bekämpfungsversuch an den Standorten Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18).

Hötzum 2015/16	03.09.15 (BBCH 10–12)	10.09.15 (BBCH 10–13)	17.09.15 (BBCH 12–13)	24.03.16 (BBCH 33)
Sickte 2016/17	08.09.16 (BBCH 0–14)	15.09.16 (BBCH 10–14)	13.10.16 (BBCH 10–16)	27.03.17 (BBCH 33–35)
Ahlum 2017/18	04.09.17 (BBCH 11)	09.10.17 (BBCH 17–18)	02.04.18 (BBCH 50)	

Tab. 19: Besenwuchs- und Bestandeshöhenboniturtermine im Bekämpfungsversuch an den Standorten Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18).

Standort	Besenwuchs	Bestandeshöhe
Sickte 2016/17	22.03.17 (BBCH 30)	03.06.17 (BBCH 82)
	19.04.18 (BBCH 31–32)	18.06.18 (BBCH 80–83)
Ahlum 2017/18		

Tab. 20: Termine der Bestandsdichtebestimmung und die Boniturtermine der Pflanzen mit Besenwuchs im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch an den Standorten Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18).

	Bestandesdichte		Besenwuchs
Ahlum (Pyrethroid) 2017	08.10.16 (BBCH 16)	27.03.17 (BBCH 34)	27.03.17 (BBCH 31–33)
Ahlum (Pyrethroid) 2018	10.10.17 (BBCH 18)	02.04.18 (BBCH 51)	19.04.18 (BBCH 60)
Lucklum (Pyrethroid) 2018	10.10.17 (BBCH 18)	02.04.18 (BBCH 51)	19.04.18 (BBCH 51–53)

3.2.2.2 Überwachung des Zuflugs und der Aktivität der Rapserrflöhe

Der Zuflugbeginn und die Aktivität von *P. chrysocephala* wurden innerhalb der Versuche mittels Gelbfangschalen (Punkt 3.1.4.3) überwacht. Die Aufstellung der Schalen erfolgte direkt nach der Aussaat (BBCH 10). Die Schalen wurden jeweils an den Ecken des Versuches auf dem Boden aufgestellt (vier Wdh.). Im Versuchsjahr 2015/16 wurden in Hötzum verschiedene Gelbschalentypen getestet. Das Erreichen des Bekämpfungswertes wurde nur in diesem Jahr mit dem eingegrabenen, runden Gelbschalentyp (runder Typ; 22,4 cm Ø mit Gitter, Fa. Bayer) bestimmt. Für den Zuflug wurde jedoch wegen der besseren Vergleichbarkeit mit den anderen Versuchsjahren der runde Gelbschalentyp mit Gitter (nicht eingegraben) verwendet.

Die Anzahl der Rapserrflöhe pro Fläche wurde mittels Photoelektoren, die im Vorgewende aufgestellt waren (mind. vier Wdh./Schlag) (Vgl. 3.1.4.3), erfasst. Die Photoelektoren wurden ab Ende September (2016) bzw. Anfang Oktober (2015 und 2017) aufgestellt und nach jeder Leerung umgestellt (ca. zehn Tage Fangzeitraum).

3.2.2.3 Bestimmung des Fraßschadens

Der Blattfraß wurde im Bekämpfungsversuch, wie unter Punkt 3.1.4.2 beschrieben, an drei Terminen im September erhoben (**Tab. 21**). Als 2 m Zählstrecken wurden die Auflaufzählstrecken verwendet.

Tab. 21: Blattfraßboniturtermine im Herbst an den Standorten Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18).

Hötzum 2015/16	10.09.15 (BBCH 10–13)	17.09.15 (BBCH 12–13)	24.09.15 (BBCH 14)
Sickte 2016/17	12.09.16 (BBCH 10–13)	19.09.16 (BBCH 10–14)	26.09.16 (BBCH 10–16)
Ahlum 2017/18	03.09.17 (BBCH 11)	10.09.17 (BBCH 17–18)	17.09.17 (BBCH 18)

3.2.2.4 Larvenabundanz

Die Abundanz der Larven wurde, wie unter Punkt 3.1.4.4 aufgezeigt, ermittelt. Im Gegensatz zur Bonitur in den Besiedelungsversuchen wurde in den Bekämpfungsversuchen nur die Zahl der Rapserrdflohlarven unter dem Binokular und die Altersstruktur, wie unter Punkt 3.1.5.3 beschrieben, bestimmt (siehe **Tab. 22**).

Tab. 22: Termine der Larvenbonituren im Bekämpfungsversuch an den Standorten Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18) und im gezielten Pyrethroidversuch an den Standorten Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18).

2015/16	2016/17		2017/18		
Hötzum	Sickte	Ahlum (Pyrethroid)	Ahlum	Ahlum (Pyrethroid)	Lucklum (Pyrethroid)
30.11.15 (BBCH 17–19)	07.11.16 (BBCH 17–19)	08.12.16 (BBCH 17–18)	17.11.17 (BBCH 18)	17.11.17 (BBCH 16–17)	21.11.17 (BBCH 18–19)
15.02.16 (BBCH 19)	06.02.17 (BBCH 19)	08.01.17 (BBCH 19)	23.01.18 (BBCH 19)	16.01.18 (BBCH 18)	19.02.18 (BBCH 19)
15.03.16 (BBCH 19)	31.03.17 (BBCH 30–33)	21.03.17 (BBCH 31–32)	15.03.18 (BBCH 30)	15.03.18 (BBCH18)	15.03.18 (BBCH 19)

3.2.2.5 Einfluss des Rapserrdflohs auf den Bedeckungsgrad

Um den Einfluss des Rapserrdflohs auf die Vitalität der Pflanzen nach dem Winter zu untersuchen, wurden im Pyrethroidbekämpfungsversuch in Ahlum an einem Termin im Anbaujahr 2016/17 (08.03.2017; BBCH 19) und an zwei Terminen im Anbaujahr 2017/18 (13.03.18; BBCH 19, 04.04.18; BBCH 31) Bestandesaufnahmen mit einer Drohne (Octopus Fa. CiS GmbH) gemacht. Die Bilder wurden in einer Höhe von 40 m mit einer Multispektralkamera (Fa. Parrot Sequoia) aufgenommen. In jede Parzelle (ca. 24 x 30 m) wurde ein Raster von sechs Messfeldern gelegt (3 x 3 m), in denen der Bedeckungsgrad mittels des Programms ERDAS Imagine bestimmt wurde. Beim Bedeckungsgrad wird auf Grundlage der spektralen Eigenschaften jedes Pixels eine „überwachte Klassifizierung“ durchgeführt. Dazu werden im Orthophoto bestimmte Bildpixel vorab als Klassen definiert (Boden/Pflanze). Die daraus gewonnenen Spektralsignaturen werden anschließend in einem automatischen Rechenverfahren zur Bildklassifizierung verwendet. Als Ergebnis entsteht eine Shape-Datei mit abgegrenzten Polygonen einer Klasse (z.B. Darstellung nur Pflanzen). Diese lässt sich mit der Gesamtparzelle verschneiden, so dass das Verhältnis „Pflanze/keine Pflanze“ berechnet wird, welches den Bedeckungsgrad wiedergibt. Ein Beispiel einer Spektralaufnahme ist in **Abb. 19** gegeben.

Im Jahr 2018 wurde zusätzlich zum Bedeckungsgrad der NDVI (**N**ormalized **D**ifference **V**egetation **I**ndex) mit ERDAS Imagine berechnet. Der NDVI ist eine Maßzahl für die Vitalität einer Pflanze bzw. für ihre photosynthetische Aktivität. Der NDVI verknüpft die beiden Merkmale Bedeckungsgrad von aktivem grünem Gewebe und Vitalität der Pflanze (Aktivität von Chlorophyll) miteinander (ROUSE et al., 1974).

Das Prinzip basiert auf der Eigenschaft, dass Pflanzen im sichtbaren Spektralbereich (Wellenlänge 400 bis 700 nm) Licht absorbieren, im Infrarot-Bereich (Wellenlänge 700 bis 1300 nm) dagegen viel Strahlung reflektieren (ROUSE et al., 1974).

Der NDVI wurde wie folgt berechnet:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{IR} - \text{R})}{(\text{IR} + \text{R})}$$

IR = Pixelwerte vom Infrarotband

R = Pixelwerte vom roten Band

(ELVIDGE und CHEN, 1995)

Die Reflektion des sichtbaren roten Lichtes ist in erster Linie von der Chlorophylldichte im Pflanzengewebe des Blattes abhängig. Steigt die Chlorophylldichte, so wird auch mehr Licht im roten Wellenlängenbereich des Lichtes absorbiert und die Reflektion sinkt. Die photosynthetische Leistung einer Pflanze ist eng an den Chlorophyllgehalt der Blätter gekoppelt und steigt bzw. sinkt mit dem Chlorophyllgehalt (ELVIDGE und CHEN, 1995).

Der NDVI kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei 0 bedeutet, dass keine Assimilation (totes/abgestorbenes Gewebe) vorliegt und 1 bedeutet, dass die Pflanze das gesamte Licht im Rotlichtbereich absorbiert (BOSCH, 2009).

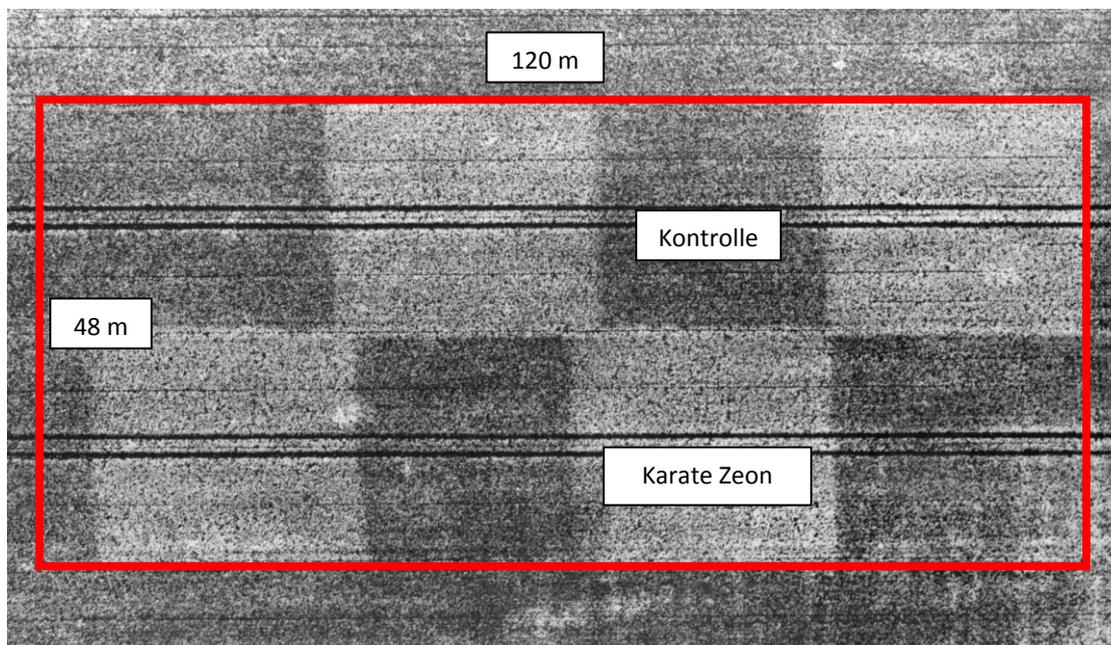


Abb. 19: Beispiel einer Spektralaufnahme (20 m Höhe) am 04.04.2018 im gezielten Pyrethroidbekämpfungsversuch in Ahlum.

3.2.2.6 Jungkäferschlupf

Der Jungkäferschlupf wurde in den Versuchen, wie unter Punkt 3.1.4.5 beschrieben, erfasst. Pro Parzelle wurden zwei Eklektoren ca. 1–2 m von der Fahrgasse entfernt in der Mitte der Parzelle aufgestellt. Aus den beiden Messungen pro Parzelle wurde für die Auswertung der Mittelwert gebildet, da es sich um keine echten Wiederholungen handelt.

Tab. 23: Überwachung der räumlichen und zeitlichen Abundanz des Jungkäferschlupfes in den Bekämpfungsversuchen in den Jahren 2015/16 (Hötzum), 2016/17 (Sickte und Ahlum) und 2017/18 (Ahlum und Lucklum).

Standort	Aufstellung der Eklektorringe	Schließen der Eklektorzelte	Fangzeitraum
Hötzum 2016	15.03.16 BBCH 19	06.06.16 BBCH 76	06.06.–18.07.16
Sickte 2017	23.03.17 BBCH 30	12.06.17 BBCH 78	12.06.–19.07.17
Ahlum (Pyrethroid) 2017	23.03.17 BBCH 31	12.06.17 BBCH 78	12.06.–19.07.17
Ahlum 2018	23.03.18 BBCH 32	09.06.18 BBCH 79	09.06.–06.07.18
Lucklum (Pyrethroid) 2018	23.03.18 BBCH 31	09.06.18 BBCH 78	09.06.–06.07.18

3.2.2.7 Beerntung des Versuches

Die Parzellen wurden mittels eines Parzellenmähdreschers beerntet (Fa. Haldrup Typ C85). Es gab zwei je zwei Meter breite Kerndruschbeerntungen pro Parzelle, aus denen der Mittelwert gebildet wurde. Die Druschflächen lagen stets außerhalb der intensiv beprobten Areale. Der Ertrag wurde auf 8 % Feuchte umgerechnet. Im Anschluss wurde die TKM bestimmt.

3.3 Zusammenhang zwischen Larvenbefall und Vernarbungen

Da die Rapserrdflohlarvenbonitur sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, sollte durch die Bonitur auf Vernarbungen eruiert werden, ob es einen Zusammenhang zwischen Rapserrdfloh typischer Vernarbung (**Abb. 20**) und der Anzahl der Rapserrdflohlarven je Pflanze gibt. Wenn anhand der Vernarbungen auf den Larvenbefall geschlossen werden kann, um die Bekämpfungswürdigkeit des Larvenbefalls festzustellen, könnte auf die aufwendige Larvenbonitur verzichtet werden.

Für die Auswertung wurden die Pflanzen der Bekämpfungs- und Besiedelungsversuche verwendet. Zusammengefasst wurden die Probenahmetermine im Herbst (November und Dezember), die 1. Frühjahrsbonitur (Januar und Februar) und die Abschlussbonitur im Frühjahr (März–April) mit ca. 3000 untersuchten Pflanzen pro Termin. Die Prüfvarianten wurden nicht berücksichtigt, da in den Bekämpfungsversuchen der Larvenschlupf und mithin die Entstehung von Vernarbungen erst lange nach dem Spritztermin stattgefunden hat. Für die Auswertung wurden alle Pflanzen aus den Versuchen innerhalb der jeweiligen Blöcke zusammengefasst.

Als Narbe wurden die für den Rapserrdfloh typischen, von außen sichtbaren, braunen Vernarbungen/Pflanze gezählt (**Abb. 20**). Die Vernarbungen wurden ab einem Durchmesser von >3

mm gezählt. Wenn Narben ineinander verliefen oder nicht eindeutig voneinander abgegrenzt werden konnten, wurden sie als eine Narbe gewertet. Die Larvenzahlen/Pflanze wurden, wie unter Punkt 3.1.5.3 beschrieben, in den Versuchen ermittelt.



Abb. 20: Durch Rapserrdflohlarven hervorgerufene Vernarbungen an Rapsstängeln.

3.4 Rapserrdflohmonitoring

Für die Untersuchung regionaler Unterschiede im Auftreten des Rapserrdflohs wurde ein deutschlandweites Rapserrdflohmonitoring in Zusammenarbeit mit den amtlichen Pflanzenschutzdiensten der Länder und der Universität Göttingen deutschlandweit an mehreren Standorten in den Jahren 2014/15, 2015/16, 2016/17 und 2017/18 durchgeführt. Eine Übersicht der beteiligten Bundesländer und die Unterteilung der Bundesländer in die Regionen in Nord, Mitte und Süd ist in **Tab. 24** gegeben.

Zur Überwachung des Jungkäferschlupfes wurden wie unter Punkt 3.1.4.5 beschrieben, mindestens drei Eklektoren pro Standort platziert. Um die Entwicklung des Larvenbefalls im Laufe der Vegetationsperiode zu erfassen, wurde eine Larvenbonitur an je einem Termin im Herbst (November-Dezember) und Frühjahr (März-April) durchgeführt. Für die Bonitur wurden 20 Pflanzen pro Standort aus einem Areal, in dem auch die Eklektoren standen, randomisiert gezogen und wie unter 3.1.4.4 beschrieben auf Larvenbefall untersucht. Die Pflanzenproben für die Untersuchung wurden von den Ländern entweder selbst auf Larven untersucht oder ans Julius Kühn-Institut gesandt. Die Pflanzen wurden bis zu ihrer Untersuchung bei 3 °C gelagert, um sie frisch zu halten und eine weitere Larvenentwicklung zu verhindern. Da die Daten nicht unter standardisierten Bedingungen erhoben wurden, können sie lediglich einen Eindruck vermitteln.

Tab. 24 : Einteilung der Monitoringstandorte in Nord, Mitte und Süd

Nord	Mitte	Süd
Schleswig-Holstein Mecklenburg-Vorpommern Brandenburg	Niedersachsen Sachsen-Anhalt Sachsen Nordrhein-Westfalen	Bayern Baden-Württemberg Rheinland-Pfalz Hessen Thüringen

3.5 Datenaufbereitung und Statistik

Datenaufbereitung

Die Daten wurden mit dem Tabellenkalkulationsprogramm MS Excel (Version 2007) aufbereitet. Korrelations- und Regressionsanalysen wurden ebenfalls mit MS Excel berechnet und visualisiert.

Analytische Statistik

Die statistische Analyse der Daten wurde mit dem Statistikprogramm R (Version 3.3.2) (THE R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015) durchgeführt. Die Auswertung der Daten begann mit der Aufstellung eines gemischten Modells für Messdaten (`lme()`) (LAIRD und WARE, 1982) beziehungsweise einem generalisierten linearen Modell für Zähldaten (`glmmPQL()`) (SCHALL, 1991). Für Zähldaten wurde eine Poisson-Verteilung angenommen.

In allen Versuchen wurde zu einem Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ getestet; signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben kenntlich gemacht.

Netzkäfigversuche in Göttingen und Braunschweig

Die Daten wurden als approximativ normalverteilt sowie homo/heteroskedastisch angenommen. Diese Annahme wurde durch das Plotten der Residuen überprüft. Eine Prüfung der Daten auf Ausreißer erfolgte visuell mittels Jittert-Boxplots. Das optimale Modell wurde durch Nutzung des Akaike Informationskriteriums (AIC) (ZUUR et al., 2009) selektiert. Das Modell für den Netzkäfig-Besiedelungsversuch in Braunschweig enthielt als Haupteffekte: $y \sim$ Käferdichte (20K, 40K und 60k) + Besiedelungszeitpunkt (T1, T2 und T3) + Boniturtermin (1, 2, und 3) + Jahr (2015, 2017 und 2018) + Reststreuung, sowie ihre zweifachen, dreifachen und vierfachen Interaktionen. Der Block (und die in ihm genesteten Parzellen) wurden als Zufallseinflussgrößen in das Modell integriert, ebenso Variante, Boniturtermin und Reststreuung. Basierend auf dem Modell wurde eine ANOVA (analysis of variance) durchgeführt. Um den Einfluss der fixen Faktoren zu untersuchen, wurden multiple Kontrasttests durchgeführt (`glht()`) (SCHAARSCHMIDT und VAAS, 2009; BRETZ et al., 2011). Die statistische Auswertung für den Standort Göttingen wurde wie oben beschrieben durchgeführt, mit dem Unterschied, dass anstatt der Käferdichte und des Besiedelungszeitpunktes, nur der Aufdeckungszeitraum als fixe Einflussgröße in das Modell eingeflossen ist.

Eiablage- und Schlupfversuch

Die Daten wurden als approximativ normalverteilt sowie homo/heteroskedastisch angenommen. Diese Annahme wurde durch das Plotten der Residuen überprüft. Eine Prüfung der Daten auf Ausreißer erfolgte visuell mittels Jittert-Boxplots. Als Zielgröße wurde die Summe der gelegten Eier/Weibchen bzw. die Summe der geschlüpften Käfer/Wiederholung verwendet. Die Daten wurden als approximativ normalverteilt angenommen. Das Modell für die statistische Analyse enthielt

sowohl für den Eiablageversuch, als auch für den Schlupfversuch als fixe Einflussgröße nur $y \sim$ Variante + Reststreuung. Die Freilassungszeitpunkte der Käfer und die Freisetzungzeitpunkte der Larven unterschieden sich zwischen den Jahren 2016/17 und 2017/18 zu stark, als dass das Jahr als Einflussgröße hätte berücksichtigt werden können. Im Anschluss an eine ANOVA wurde ein TukeyHSD-Test durchgeführt, um Unterschiede herauszustellen.

Bekämpfungsversuch und gezielter Pyrethroidapplikationsversuch

Im Bekämpfungsversuch wurden die Daten als approximativ normalverteilt, sowie homo/heteroskedastisch angenommen. Diese Annahme wurde durch das Plotten der Residuen überprüft. Eine Prüfung der Daten auf Ausreißer erfolgte visuell mittels Jittert-Boxplots. Das Modell für den Bekämpfungsversuch enthielt als Haupteffekte: $y \sim$ Variante (1,...) + Boniturtermin (1–3) + Reststreuung, sowie ihre Wechselwirkungen. Als zufällige Einflussgrößen wurden $y \sim$ Block + Variante + Boniturtermin + Reststreuung in das Modell integriert. Das Jahr wurde nicht mit im Modell berücksichtigt, da zwischen den Jahren verschiedene Varianten getestet wurden und es eine hohe Variabilität des Befallsdrucks und der Witterungsbedingungen gab. Basierend auf dem Modell wurde eine ANOVA durchgeführt. Um den Einfluss der Haupteffekte zu eruieren, wurden multiple Kontrasttests durchgeführt (glht()) (SCHAARSCHMIDT und VAAS, 2009; BRETZ et al., 2011)(SCHAARSCHMIDT und VAAS, 2009; BRETZ et al., 2011).

Die Daten des gezielten Pyrethroidapplikationsversuches wurden genau wie die des Bekämpfungsversuches analysiert.

Zusammenhang zwischen Larvenbefall und Vernarbungen

Um den Zusammenhang zwischen Larven und Vernarbungen zu untersuchen, wurde ebenfalls ein gemischtes lineares Modell verwandt (lme ()). Die Daten waren approximativ normalverteilt, welches durch eine visuelle Überprüfung der Residuenplots überprüft wurde. Die Zielgröße $y \sim$ war die Anzahl der Larven je Pflanze. In das Modell wurde die Anzahl der Narben als feste Einflussgröße integriert. Zufällige Terme waren: Block (als Block wurden die jeweiligen Blöcke der Versuche betrachtet) + Jahr + Wechselwirkung zwischen Block und Jahr + Reststreuung.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Netzkäfigversuche an den Standorten Braunschweig und Göttingen

4.1.1 Fraßschäden

Braunschweig

Der Fraßschaden im Besiedelungsversuch in Braunschweig war in allen Versuchsjahren sehr gering (**Tab. 25**). Der Bekämpfungsrichtwert von 10 % gefressener Blattfläche (HOßFELD, 1987) wurde in keinem der untersuchten Jahre überschritten. Es wurden keine Pflanzen gefunden, die durch den Fraß so stark geschädigt wurden, dass sie nicht mehr überlebensfähig gewesen wären. Der stärkste Fraßschaden wurde in allen Versuchsjahren in der Variante mit 60 Käfer-Besiedelung (60 Käfer (K)) und früher Besiedelung (1. Besiedelungstermin (T1)) festgestellt. Es muss jedoch beachtet werden, dass die in **Tab. 25** abgebildeten Boniturtermine in einigen Varianten noch vor der Freisetzung der Käfer lagen und somit noch kein Fraß vorliegen konnte.

Göttingen

In den Anbaujahren 2015/16 und 2016/17 war der Anteil der gefressenen Blattfläche im Befallszeitfensterversuch in Göttingen, ähnlich wie in Braunschweig, eher gering (**Tab. 26**). Der Blattfraßbekämpfungsrichtwert wurde im Mittel nicht überschritten. Tendenziell war der Fraßschaden im Anbaujahr 2016/17 höher als 2015/16. Ebenfalls auffällig war in diesem Jahr, dass einige Pflanzen einen hohen Blattfraß hatten (bis zu 30 %).

Ergebnisse

Tab. 25: Gefressene Blattfläche (%) (\pm SE) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, keine sign. Unterschiede zur Kontrolle, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

		Gefressene Blattfläche (%) (\pm SE)				
	Besiedelungs-termin	Besiedelungs-dichte	16.09.15 BBCH 11–12	21.09.15 BBCH 13	30.09.15 BBCH 14–15	
	2015/16	Kontrolle	Kontrolle	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0
11.09.		20K	0,1 \pm 0,0 a A	0,5 \pm 0,2 a A	0,3 \pm 0,1 a A	
		40K	0,2 \pm 0,1 a A	1,0 \pm 0,3 a A	0,8 \pm 0,2 a A	
		60K	0,2 \pm 0,1 a A	2,2 \pm 0,1 a A	0,9 \pm 0,2 a A	
21.09.		20K	0,0 \pm 0,0 a A	0,1 \pm 0,0 a A	0,2 \pm 0,1 a A	
		40K	0,1 \pm 0,1 a A	0,2 \pm 0,1 a A	0,3 \pm 0,2 a A	
		60K	0,0 \pm 0,0 a A	0,3 \pm 0,1 a A	0,5 \pm 0,1 a A	
30.09.		20K	0,1 \pm 0,1 a A	0,2 \pm 0,1 a A	0,0 \pm 0,0 a A	
		40K	0,0 \pm 0,0 a A	0,0 \pm 0,0 a A	0,1 \pm 0,0 a A	
		60K	0,1 \pm 0,0 a A	0,0 \pm 0,0 a A	0,1 \pm 0,0 a A	
2016/17		Besiedelungs-termin	Besiedelungs-dichte	16.09.16 BBCH 13	21.09.16 BBCH 13–14	30.09.16 BBCH 14–15
		Kontrolle	Kontrolle	0,1 \pm 0,1	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0
	05.09.	20K	1,1 \pm 0,4 a A	1,0 \pm 0,3 a A	0,3 \pm 0,0 a A	
		40K	1,0 \pm 0,4 a A	1,6 \pm 0,1 a A	0,6 \pm 0,2 a A	
		60K	1,7 \pm 0,5 a A	1,6 \pm 0,2 a A	0,4 \pm 0,1 a A	
	19.09.	20K	0,0 \pm 0,0 a A	0,1 \pm 0,1 a A	0,1 \pm 0,1 a A	
		40K	0,0 \pm 0,0 a A	0,2 \pm 0,1 a A	0,3 \pm 0,1 a A	
		60K	0,0 \pm 0,0 a A	0,3 \pm 0,2 a A	0,4 \pm 0,1 a A	
	04.10.	20K	0,0 \pm 0,0 a A	0,1 \pm 0,0 a A	0,0 \pm 0,0 a A	
		40K	0,0 \pm 0,0 a A	0,1 \pm 0,0 a A	0,1 \pm 0,0 a A	
		60K	0,0 \pm 0,0 a A	0,1 \pm 0,1 a A	0,0 \pm 0,0 a A	
	2017/18	Besiedelungs-termin	Besiedelungs-dichte	15.09.17 BBCH 12	22.09.17 BBCH 13–14	29.09.17 BBCH 14
Kontrolle		Kontrolle	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	
08.09.		20K	1,2 \pm 0,3 a A	0,6 \pm 0,1 a A	0,3 \pm 0,1 a A	
		40K	2,7 \pm 0,4 a A	2,1 \pm 0,7 a A	0,3 \pm 0,1 a A	
		60K	2,7 \pm 0,7 a A	1,9 \pm 0,3 a A	1 \pm 0,2 a A	
22.09.		20K	0,0 \pm 0,0 a A	0,0 \pm 0,0 a A	0,5 \pm 0,3 a A	
		40K	0,0 \pm 0,0 a A	0,0 \pm 0,0 a A	0,3 \pm 0,1 a A	
		60K	0,0 \pm 0,0 a A	0,0 \pm 0,0 a A	0,1 \pm 0,1 a A	
05.10.		20K	0,0 \pm 0,0 a A	0,0 \pm 0,0 a A	0,0 \pm 0,0 a A	
		40K	0,0 \pm 0,0 a A	0,0 \pm 0,0 a A	0,0 \pm 0,0 a A	
		60K	0,0 \pm 0,0 a A	0,0 \pm 0,0 a A	0,0 \pm 0,0 a A	

Tab. 26: Durchschnittlich und maximal gefressene Blattfläche (%) (\pm SE) in der Variante mit permanentem Befall im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17.

Anbaujahr	Datum	Durchschnittlich gefressene Blattfläche (%) (\pm SE)	Maximal gefressene Blattfläche pro Pflanze (%)
2015/16	01.10.2015 (BBCH 12–13)	3,6 \pm 1,2	10,0
2016/17	21.09.2016 (BBCH 13)	6,2 \pm 1,0	30,0

4.1.2 Gelbschalen und Eklektorfänge im Befallszeitfensterversuch in Göttingen

Die Zuwanderung von *P. chrysocephala* unterschied sich zwischen den beiden Versuchsjahren 2015/16 und 2016/17 im Zeitfensterversuch in Göttingen deutlich in Fangzahlen und Zuwanderungszeitraum (**Abb. 21**). Im Jahr 2015 wurden die ersten Käfer am 14.09. in den Gelbschalen festgestellt. Der Bekämpfungsrichtwert nach HÖRPFELD (1993) von 50 Käfern in drei Wochen wurde in diesem Jahr am 12.10. erreicht. Im Kontrast hierzu begann die Zuwanderung im Jahr 2016 bereits am 06.09. und der Bekämpfungsrichtwert wurde einen Monat früher erreicht (14.09.). Auch in der Käferdichte (Eklektorfänge) wurde mit 80 Käfern/m² im Jahr 2016 eine um den Faktor drei höhere Befallsdichte festgestellt, als im Jahr 2015. In beiden Anbaujahren zeigte sich, dass es von der ersten zur zweiten Eklektorfangperiode zu einem Anstieg der Käferzahl kam, folglich gab es auch im Oktober noch Käferzuflug. Vergleichend zum Besiedelungsversuch in Braunschweig ist die Summe der Käfer pro m² im Jahr 2015/16 etwa identisch mit der 60K-Variante (20 Käfer/m²) und im Jahr 2016/17 ca. vierfach höher.

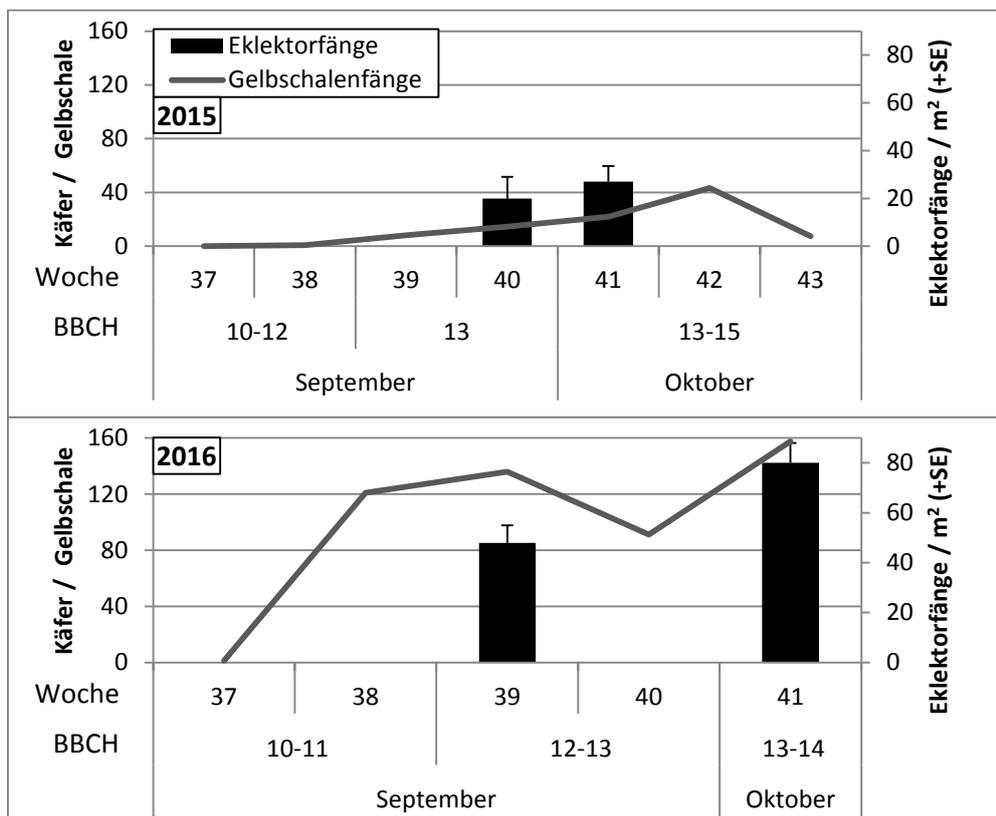


Abb. 21: Gelbschalenfänge und Käfer/m² (+SE) in Eklektoren im Befallszeitfensterversuch in Göttingen im Herbst in den Jahren 2015/16 und 2016/17. Wöchentliches Leerungsintervall. Woche=Kalenderwoche.

4.1.3 Temperatursummenunterschiede zwischen den Varianten je nach Besiedelungszeitpunkt beziehungsweise Befallszeitraum

Standort Braunschweig

In **Tab. 27** sind die Lufttemperatursummen (2 m Höhe) vom jeweiligen Besiedelungszeitpunkt bis zu den unterschiedlichen Larvenboniturterminen im Besiedelungsversuch in Braunschweig dargestellt. Da die Besiedelungen nur von Anfang September bis Ende September/Anfang Oktober erfolgten, hat auch nur diese Zeitspanne Einfluss auf Unterschiede in der Temperatursumme. Ein deutlicher Unterschied wurde vor allem zwischen dem T1 und T3 Besiedelungstermin gemessen. Am 1. Larvenboniturtermin waren die Temperatursummen, der die Käfer zu T1 ausgesetzt waren, in allen Jahren in etwa gleich hoch. Der Unterschied der Temperatursumme zwischen T1 und T3 lag im Jahr 2015/16 bei 252,6°Cd, im Jahr 2016/17 bei 500,7°Cd und im Jahr 2017/18 bei 357,0°Cd. Die Temperatursumme, welcher die T3-Käfer ausgesetzt waren, war zwischen den Jahren 2015/16 und 2016/17 für den 1. Boniturtermin nahezu gleich (ca. 70°Cd Unterschied) und im Jahr 2017/18 war diese Temperatursumme zu T3 deutlich niedriger.

Tab. 27: Lufttemperatursummen (°Cd) (2 m Höhe) ab jeweiligem Besiedelungstermin bis zu den Larvenbonituren im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.

		Temperatursumme (°Cd)		
		2015/16	2016/17	2017/18
1. Larvenbonitur		07.12.15	28.11.16	04.12.17
Besiedelung	T1	843,4	888,0	877,2
	T2	696,4	612,8	698,4
	T3	590,8	387,3	520,2
2. Larvenbonitur		12.01.16	12.01.17	15.01.18
Besiedelung	T1	1062,1	1024,8	1054,2
	T2	915,1	748,0	866,7
	T3	809,5	523,5	688,9
3. Larvenbonitur		24.03.16	17.03.17	21.03.18
Besiedelung	T1	1335,5	1258,2	1210,5
	T2	1188,5	983,6	1031,6
	T3	1082,9	757,6	853,7

In **Tab. 28** zeigt sich, dass die 200°Cd über der Schwellentemperatur von 4°C (Bodentemperatursumme 5 cm Tiefe), die von der Eiablage bis zum Larvenschlupf benötigt wurden (JOHNEN und MEIER, 2000), im Versuchsjahr 2016/17 nur bei T1 und T2 Besiedelung erreicht wurden.

Im Versuchsjahr 2017/18 erreichten alle Besiedelungstermine die Temperatursumme von 200°Cd bereits am 1. Termin. In beiden Jahren wurden während des Winters kaum Tagestemperatursummen über 4°C gemessen. Die Differenz vom 1. zum 2. Boniturtermin betrug ca. 50°Cd im Jahr 2016/17 und 40°Cd im Jahr 2017/18.

Tab. 28: Bodentemperatursummen (5 cm) (°Cd) über dem Entwicklungsnullpunkt von 4°C vom Beginn der Eiablage (50 % der Weibchen legen) im Eiablageversuch bis zu den Larvenboniturterminen im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18.

2016/17			
Besiedelungstermin	05.09.	19.09.	04.10.
50 % der ♀ legen	26.09.	06.10.	01.11.
Larvenbonitur	°Cd bis Larvenbonitur		
28.11.16	322,9	207,9	48,1
12.01.17	335,8	220,9	61,0
17.03.17	374,1	259,9	99,0
2017/18			
Besiedelungstermin	08.09.	22.09.	05.10.
50 % der ♀ legen	02.10.	02.10.	09.10.
Larvenbonitur	°Cd bis Larvenbonitur		
04.12.17	334,6	334,6	273,0
15.01.18	354,0	354,0	293,0
21.03.18	372,0	372,0	311,1

Standort Göttingen

Im Vergleich zum Besiedelungsversuch in Braunschweig muss im Befallszeitfensterversuch in Göttingen berücksichtigt werden, dass die Käfer vor der Einwanderung nicht durch konstante Klimakammerbedingungen synchronisiert wurden und daher wohl eine größere Variabilität im Eiablagebeginn vorlag. Auch sind die Käfer durch unterschiedliche Zuwanderung wahrscheinlich wesentlich heterogener in ihrer Bereitschaft zur Eiablage. Die Unterschiede in der Temperatursumme zwischen den Varianten waren im Versuchsjahr 2016/17 wesentlich größer als 2015/16 (246,6 vs. 518,6°Cd) (**Tab. 29**). Die Temperatursumme war 2016/17 in der Variante mit permanentem Befall (Beginn Zuflug) mehr als doppelt so hoch, wie in der Variante mit sehr spätem Aufdecken der Netzkäfige.

Tab. 29: Einfluss des Aufdeckens der Netzkäfige auf die Bodentemperatursummen (°Cd) (5 cm). (2015/16: Beginn Zuflug: 14.09.; Aufdecken spät: 21.09.; Aufdecken sehr spät: 05.10.; 2016/17: Beginn Zuflug: 06.09.; Aufdecken spät: 27.09.; Aufdecken sehr spät: 10.10.) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen.

		Temperatursumme °Cd	
Jahr		2015/16	2016/17
1. Larvenbonitur		07.12.15	28.11.16
Besiedelung	Beginn Zuflug	773,7	837,7
	Aufdecken spät	675,7	476,4
	Aufdecken sehr spät	527,1	319,0
2. Larvenbonitur		28.01.16	06.02.17
Besiedelung	Beginn Zuflug	1026,9	971,8
	Aufdecken spät	928,9	610,5
	Aufdecken sehr spät	780,4	453,1
3. Larvenbonitur		31.03.16	29.03.17
Besiedelung	Beginn Zuflug	1288,1	1262,1
	Aufdecken spät	1190,1	902,1
	Aufdecken sehr spät	1041,5	743,8

4.1.4 Gezielte Untersuchungen zur Eiablage im Besiedelungsversuch in Braunschweig

Aus **Abb. 22** geht hervor, dass die Haupteiablage in den Jahren 2016/17 und 2017/18 im Oktober stattfand. Bei T1 Besiedelung im Jahr 2016/17 und bei T2 Besiedelung im Jahr 2017/18 legten bereits einzelne Weibchen im September. Beim T3 Besiedelungstermin wurde im Jahr 2016/17 erst im November eine nennenswerte Zahl an Eiern gezählt. Im November wurden durch die späteren Besiedelungen (T2 und T3) in beiden Versuchsjahren im Vergleich zur T1 Besiedelung die meisten Eier gelegt. Während der Wintermonate Dezember, Januar und Februar war die Eiablage in beiden Jahren nur sehr gering. Ab März begannen die Käfer wieder mit der Eiablage, wobei tendenziell die Weibchen der späteren Termine (T2 und T3) mehr Eier legten.

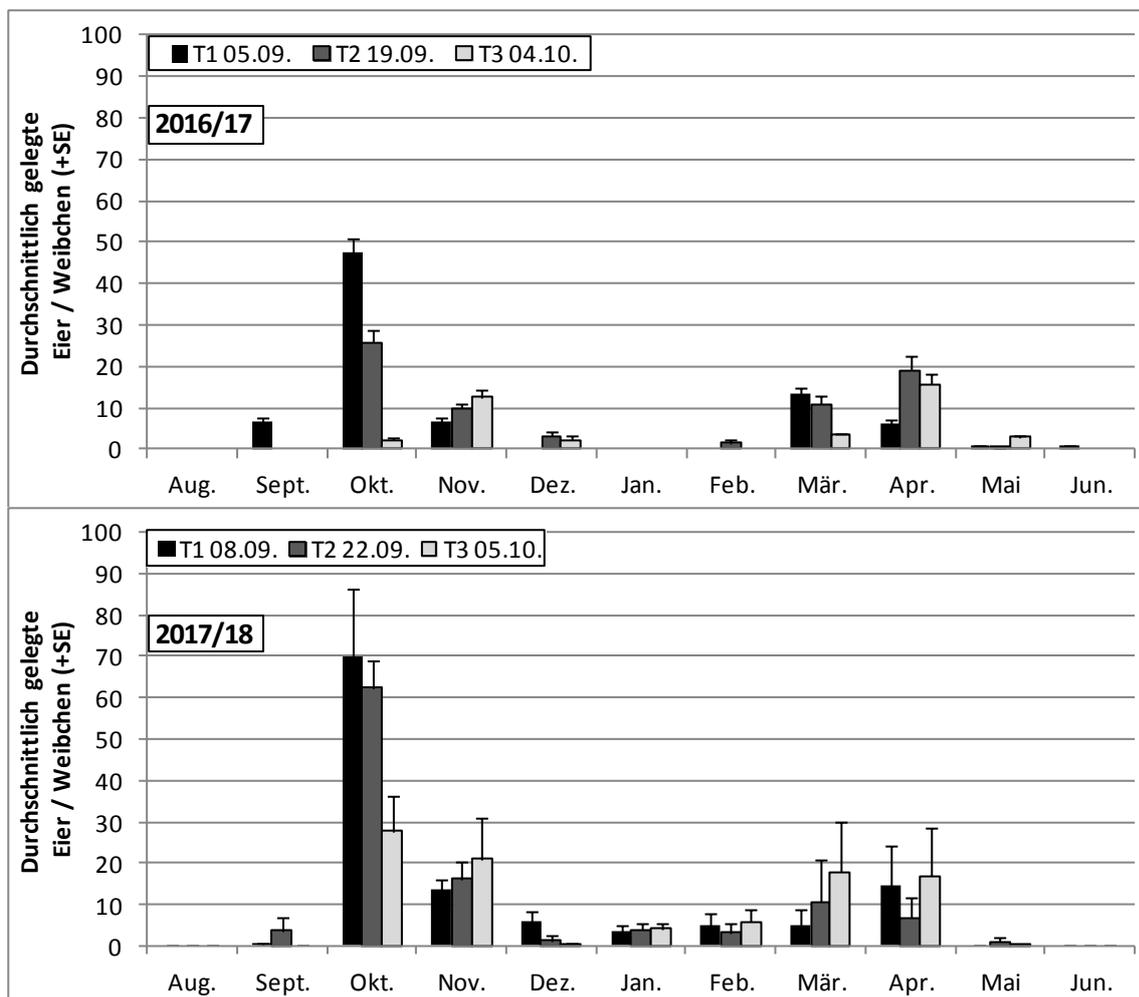


Abb. 22: Zeitlicher Verlauf der Eiablage (Eier/Weibchen (+SE)) in den Jahren 2016/17 und 2017/18 im Eiablageversuch in Braunschweig.

Bei den Weibchen zeigten sich große Unterschiede in der Fekundität (**Abb. 22** und **Tab. 30**). Aufgrund der hohen Heterogenität in der Eiablage wurden keine signifikanten Unterschiede in der Zahl der gelegten Eier zwischen den Besiedelungsterminen festgestellt, da die Konfidenzintervalle der Mittelwerte der einzelnen Varianten überlappen (**Abb. 23**). Der früheste Termin, an dem 50 % der Weibchen Eier legten, wurde im Jahr 2016/17 am 26.09. in der Variante T1 bonitiert, wohingegen in

der Variante mit T3 Besiedelung erst Anfang November 50 % der Weibchen Eier legten. Vergleichend hierzu waren die Unterschiede zwischen den Varianten im Jahr 2017/18 wesentlich geringer (Beginn der Eiablage 02.10.–09.10.). Die Lufttemperatursumme, welche die Weibchen bis zum Beginn der Eiablage benötigten schwankte zwischen den Jahren deutlich. Tendenziell benötigten die Weibchen bei T1 Besiedelung eine höhere Temperatursumme als bei T3 Besiedelung. Im Durchschnitt wurde eine Temperatursumme von 242°Cd benötigt, bis 50 % der Weibchen mit der Eiablage begonnen hatten. Die höchste Zahl gelegter Eier wurde im Jahr 2017/18 mit 270 Eiern von einem zu T3 freigesetzten Weibchen erreicht. Tendenziell wurden im Jahr 2017/18 mehr Eier pro Weibchen gelegt, als im Jahr 2016/17. Nur ein sehr geringer Anteil der Weibchen legte gar keine Eier.

Tab. 30: Minimale und maximale der Zahl Eier eines Weibchens; im Mittel gelegte Eier/Weibchen; bis Januar und ab Januar gelegte Eier/Weibchen; Beginn der Eiablage (50 % der Weibchen legen) und Lufttemperatursumme (2 m Höhe) und Weibchen ohne Eiablage im Eiablageversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18.

	2016/17			2017/18		
	05.09.	19.09.	04.10.	08.09.	22.09.	05.10.
Minimale Zahl gelegte Eier von einem ♀	69	38	4	66	50	23
Maximale Zahl gelegte Eier von einem ♀	146	125	58	250	223	270
Im Mittel gelegte Zahl der Eier/♀ (±SE)	97,3 (±7,9)	82,6 (±13,1)	44,4 (±10,5)	118,5 ±24,8	107,3 (±17,9)	93,9 (±29,8)
Bis Januar gelegte Eier/♀ (±SE)	61,3 (±12)	39,0 (±9,6)	17,0 (±7,0)	90,2 (±19,3)	81,4 (±8,5)	49,0 (±17,6)
Ab Januar gelegte Eier/♀ (±SE)	21,1 (±6,2)	31,9 (±11,5)	22,3 (±6,9)	28,3 (±11,2)	25,9 (±15,0)	44,9 (±25,6)
Beginn der Eiablage (50 % der ♀ legen)	26.09.	06.10.	01.11.	02.10.	02.10.	09.10.
Temperatursumme (°Cd) bis Legebeginn (50 % der ♀ legen)	396,5	255,9	259,9	333,3	154,2	55,7
♀ ohne Eier	1/7	0/7	0/7	1/10	0/10	1/10

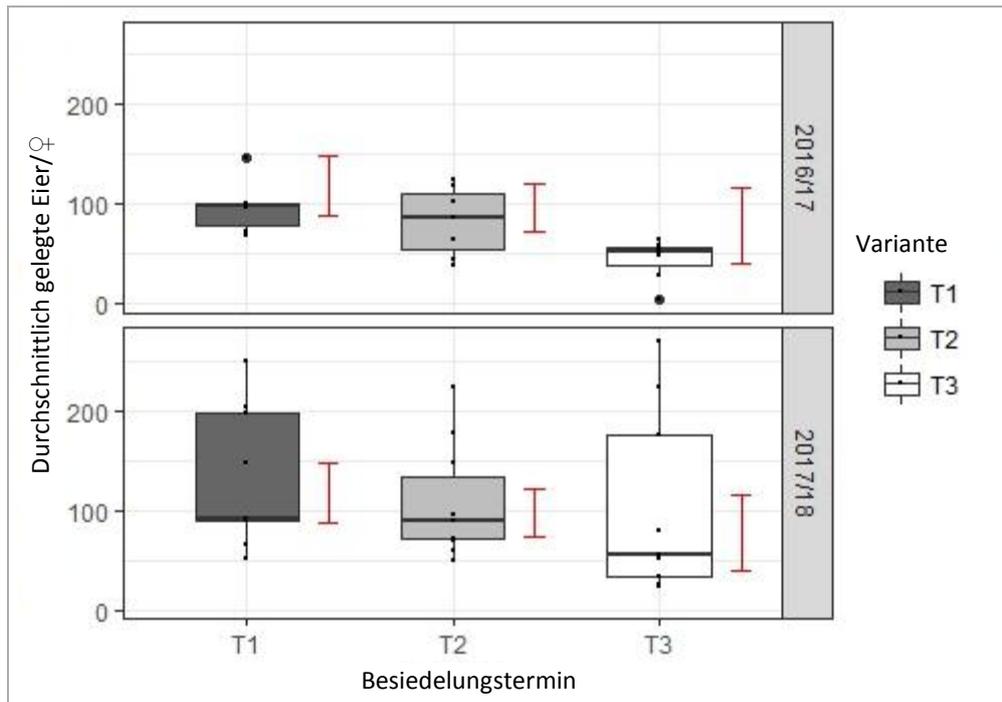


Abb. 23: Jittered Boxplot zeigt die Anzahl der gelegten Eier/Weibchen im Eiablageversuch nach T1, T2 und T3 Besiedelung in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18. Konfidenzintervall (rot). (2016/17: T1=05.09.; T2=19.09.; T3= 04.10.; 2017/18: T1=08.09.; T2=22.09.; T3= 05.10.)

Die Analyse der Mortalität der Weibchen (**Abb. 24**) zeigt, dass ein Großteil der Käfer bis in den Januar hinein lebte. Ab Januar kam es im Jahr 2016/17 zu einem leichten Anstieg der Mortalität in allen Varianten. Im April differenzieren sich die Varianten voneinander, so ist die Mortalität in den Varianten mit T1 Besiedelung wesentlich höher als bei T3 Besiedelung (71,2 % bzw. 29,0 %). Ab Ende Mai waren alle Käfer tot.

Im Jahr 2017/18 kam es im Februar zu einer starken Mortalität der Käfer; 70 % der ausgesetzten Weibchen verendeten in diesem Monat in der T1 und T2 Variante, im April waren es 100 %. Im Kontrast hierzu zeigte die T3 Variante im Februar lediglich 20 % Mortalität. 100 % Mortalität wurde im Mai erreicht.

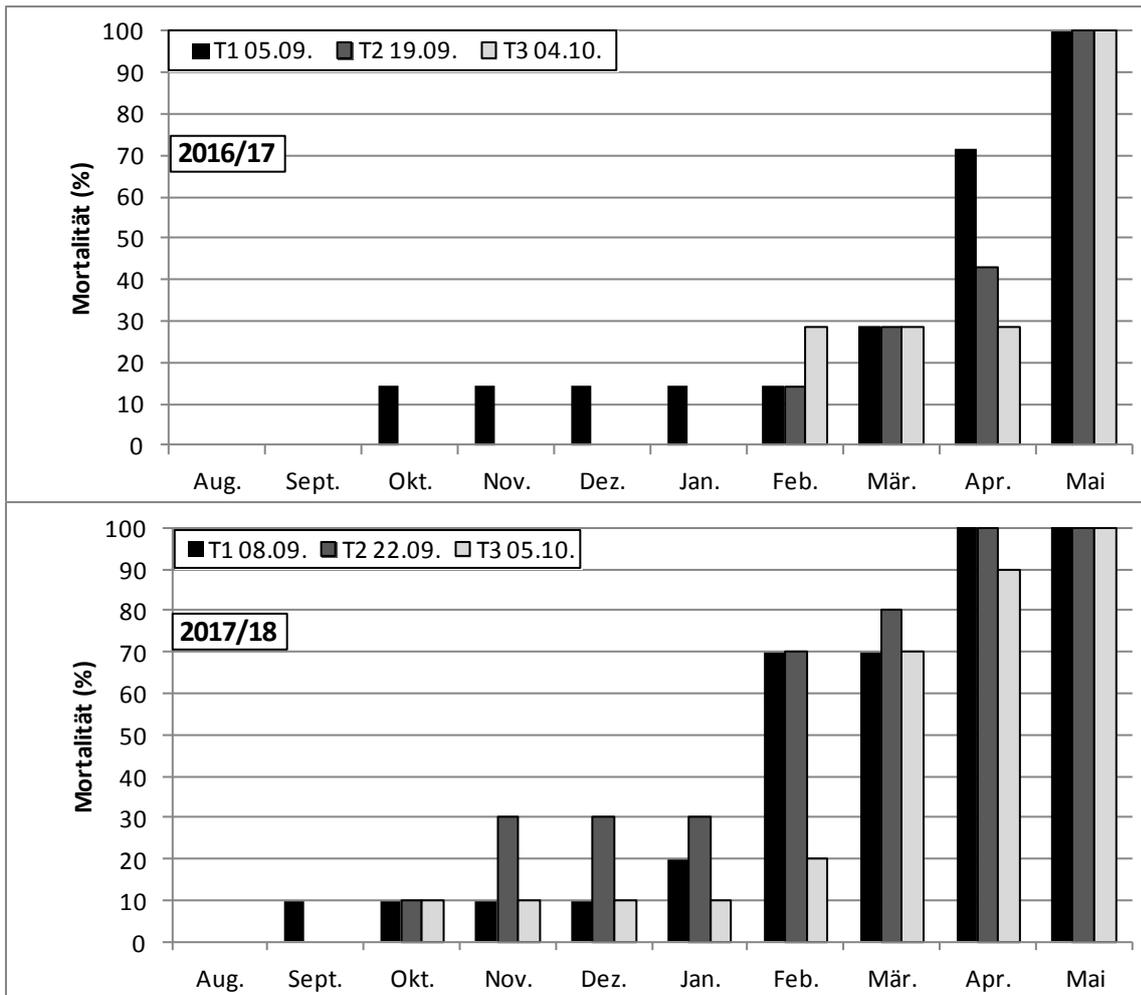


Abb. 24: Zeitlicher Verlauf der Mortalität (%) der Weibchen im Eiablageversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18.

4.1.5 Einfluss von Befallszeitpunkt und Befallsstärke der Käfer auf die Abundanz und Entwicklung der Larven

4.1.5.1 Larvenabundanzen

Im Besiedelungsversuch in Braunschweig wird jeweils der 1., 2. und 3. Larvenboniturtermin der drei Versuchsjahre separat dargestellt und statistisch analysiert. Die Darstellung der Larvenzahlen ist aufgeteilt in die folgenden Vergleiche:

1. Vergleich der Besiedelungsdichte
2. Vergleich der Besiedelungstermine
3. Vergleich der Boniturtermine
4. Zusammenfassender Vergleich der Jahre

Im Befallszeitfensterversuch Göttingen werden die Boniturtermine ebenfalls separat dargestellt und die Varianten verglichen. Auch werden nach der Darstellung der Larvenabundanzen beider Versuchsjahre die Boniturtermine und anschließend die Jahre miteinander verglichen.

Standort Braunschweig

Vergleich der Besiedelungsdichten je Larvenboniturtermin

1. Boniturtermin

Beim Vergleich der Besiedelungsdichten (20K, 40K und 60K) in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 (**Abb. 25**) zeigt sich, dass sich die Larvenzahlen am 1. Boniturtermin bei T1 Besiedelung zwischen den drei Besiedelungsdichten stärker unterschieden, als bei T2 und T3 Besiedelung. Dieses gilt sowohl für die Zahl der Larven pro Pflanze, als auch für die Zahl der Larven pro m². Die Unterschiede beim T1 Besiedelungstermin zwischen der 20K- und 60K-Variante betragen in den Jahren 2015/16 1,5 Larven/Pflanze bzw. 65 Larven/m², 2016/17 4,3 Larven/Pflanze bzw. 184,7 Larven/m² und 2017/18 3,6 Larven/Pflanze und 154,4 Larven/m². Bei den späteren Besiedelungen (T2 und T3) wurden aufgrund geringer Larvendichten kaum Unterschiede bonitiert.

2. Boniturtermin

Beim 2. Larvenboniturtermin im Januar zeigten sich vergleichend zur 1. Bonitur größere Unterschiede zwischen den Varianten (**Abb. 26**). Beim T1 Besiedelungstermin wurden signifikante Unterschiede zwischen der 20K- und 60K-Variante im Jahr 2015/16 in Höhe von 4,5 Larven/Pflanze, im Jahr 2016/17 in Höhe von 5,7 Larven/Pflanze und im Jahr 2017/18 in Höhe von 3,3 Larven/Pflanze gezählt. Die Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten zu T2 wurden am 2. Boniturtermin im Vergleich zum 1. Boniturtermin ebenfalls größer. Die Unterschiede in der Zahl der Larven pro Pflanze zwischen der 20K-Variante und der 60K-Variante wurden in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 mit 3,9, 2,4 und 2,1 Larven/Pflanze statistisch abgesichert. Bei den T3 Besiedelungsvarianten zeigten sich nur im Jahr 2015/16 signifikante Unterschiede zwischen den 20K- und 60K-Besiedelungsdichten (4,6 Larven/Pflanze). In den Jahren 2016/17 und 2017/18 wurden aufgrund von geringem Larvenbefall keine Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten festgestellt. Für das Schadpotenzial des Rapserrflohs ist die Zahl der Larven pro Pflanze vor dem Wintereinbruch entscheidend. Der Bekämpfungsrichtwert von >4 Larven/Pflanze wurde in den drei Versuchsjahren nur von den 40K- und 60K-Varianten erreicht, nicht jedoch von den 20K-Varianten. Der Einfluss des Besiedelungszeitpunktes auf die Bekämpfungsrichtwertüberschreitung wird in dem entsprechenden Kapitel diskutiert.

3. Boniturtermin

Am 3. Boniturtermin kam es im Jahr 2015/16 bei allen Besiedelungsterminen zwischen der 20K- und 60K-Variante zu statistisch gesicherten Unterschieden (T1: 7,1 Larven/Pflanze und 337,6 Larven/m², T2: 7,7 Larven/Pflanze und 290,4 Larven/m² und T3: 6,7 Larven/Pflanze und 337,0 Larven/m²) (**Abb. 27**).

Im Jahr 2016/17 zeigten sich vor allem bei der T1 und T2 Besiedelung signifikante Unterschiede zwischen den 20K- und 60K-Varianten (7,2 bzw. 3,3 Larven/Pflanze und bzw. 203,4 bzw., 95,8 Larven/m²), im Kontrast hierzu wurden bei T3 Besiedelung auch am 3. Boniturtermin keine Unterschiede verzeichnet.

Im Jahr 2017/18 wurden auch Unterschiede zwischen der 20K- und 60K-Variante in der Zahl der Larven/Pflanze zu T1 und T2 nachgewiesen (3,1 und 2,7). Bei Besiedelung zu T3 gab es nur geringe Unterschiede zwischen den Varianten. Auffällig ist bei der Anzahl der Larven pro m², dass sich die 40K- und 60K-Variante beim T1 Besiedelungszeitpunkt fast angleicht.

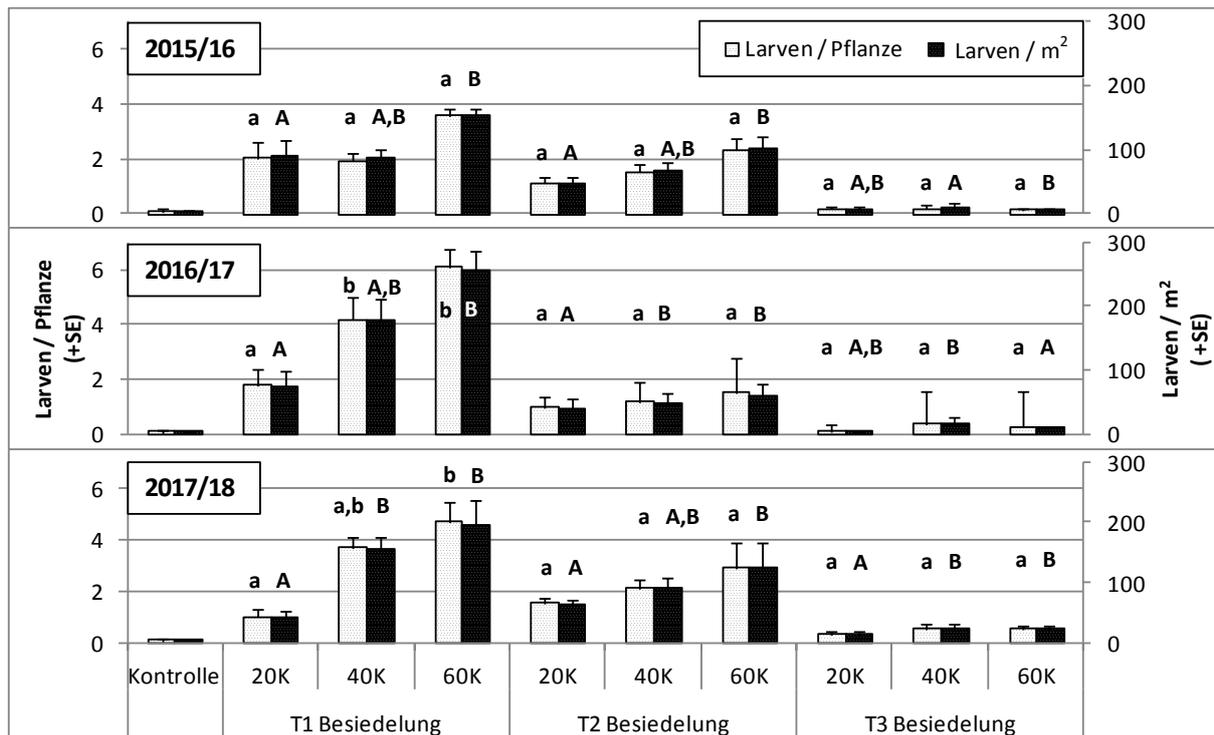


Abb. 25: Anzahl der Larven/Pflanze (+SE) (weiß) und Larven/m² (+SE) (schwarz) am 1. Boniturtermin (07.12.2015; BBCH 17–19, 28.11.2016; BBCH 15–18, 04.12.2017; BBCH 16–17) im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede der Larven/Pflanze, unterschiedliche große Buchstaben der Larven/m² zwischen den drei Besiedelungsdichten je Besiedelungsstermin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest (p ≤ 0,05)).

Ergebnisse

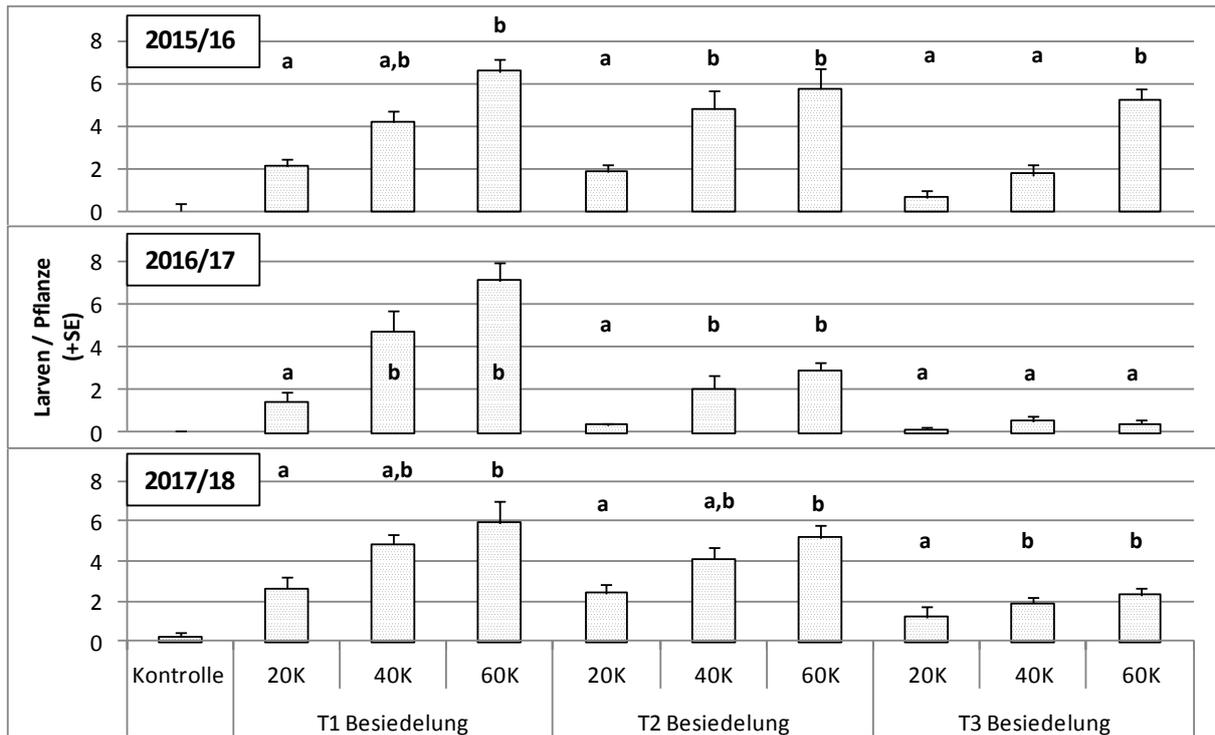


Abb. 26: Anzahl der Larven/Pflanze (+SE) am 2. Boniturtermin (12.01.2016; BBCH 19, 12.01.2017; BBCH 17–19, 15.01.2018; BBCH 19) im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den drei Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

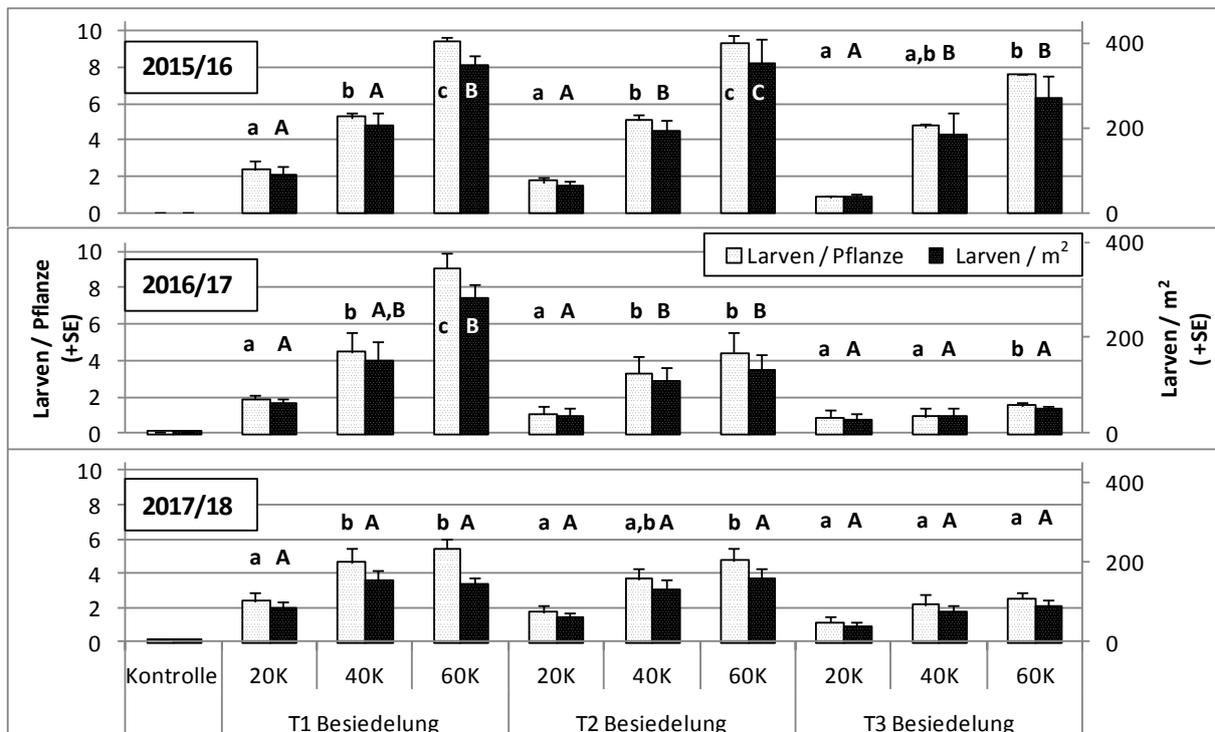


Abb. 27: Anzahl der Larven/Pflanze (+SE) (weiß) und Larven/m² (+SE) (schwarz) am 3. Boniturtermin (24.03.2016; BBCH 51, 17.03.2017; BBCH 31–33 und 21.03.2018; BBCH 30) im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede der Larven/Pflanze, unterschiedliche große Buchstaben der Larven/m² zwischen den drei Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Vergleich der Besiedelungszeitpunkte je Larvenboniturtermin

1. Boniturtermin

Vor allem am 1. Boniturtermin ergaben sich Unterschiede (**Abb. 28**) zwischen den verschiedenen Besiedelungsterminen. Ein klarer Einfluss des Besiedelungstermins auf die Anzahl der Larven zeigte sich bei der 40K- und 60K-Variante. Bei der 20K-Variante waren die Unterschiede zwischen den Besiedelungsterminen aufgrund der geringeren Larvenzahl marginal. Im Jahr 2015/16 unterschieden sich der T1 und T3 Besiedelungstermin in den Besiedelungsdichten 40K und 60K signifikant voneinander (40K: 1,8 Larven/Pflanze bzw. 80,6 Larven/m² und 60K: 3,4 Larven/Pflanze bzw. 149,2 Larven/m²).

Im Jahr 2016/17 waren die Unterschiede zwischen der T1 und T3 Besiedelung im Vergleich der drei Versuchsjahre am größten. So wurden Unterschiede bei der 40K-Variante in Höhe von 3,8 Larven/Pflanze bzw. 161,6 Larven/m² und bei der 60K-Variante von 5,8 Larven/Pflanze bzw. 156,2 Larven/m² zwischen dem T1 und T3 Besiedelungstermin bonitiert.

Auch im Jahr 2017/18 gab es einen signifikanten Einfluss des Besiedelungszeitpunktes in der 40 und 60K-Variante zwischen dem T1 und T3 Besiedelungstermin (40K: 2,9 Larven/Pflanze bzw. 133,8 Larven/m² und 60K: 4,1 Larven/Pflanze und 173,6 Larven/m²).

2. Boniturtermin

Im Januar (2. Boniturtermin (**Abb. 29**)) glichen sich die Unterschiede im Jahr 2015/16 zwischen den Besiedelungsterminen an. Bei 60K wurde kein Einfluss des Besiedelungstermins auf die Höhe des Larvenbefalls mehr festgestellt. Auch bei 40K und 20K glichen sich die Varianten an, jedoch waren die Unterschiede noch signifikant (Unterschied T1 und T3: 40K 2,5 Larven/Pflanze bzw. 20K 1,5 Larven/Pflanze).

Im Jahr 2016/17 wurden am 2. Boniturtermin genau wie beim 1. Boniturtermin im Vergleich zu den anderen Versuchsjahren die größten Unterschiede zwischen den T1 und T3 Besiedelungsterminen festgestellt. Es wurden Differenzen zwischen der T1 und T3 Besiedelung bei 40K und 60K in Höhe von 4,2 bzw. 6,7 Larven/Pflanze bonitiert.

Im Jahr 2017/18 waren die Unterschiede zwischen den Besiedelungsterminen größer und auch an diesem Boniturtermin nicht signifikant (Unterschied T1 und T3 in der 20K-Variante: 1,4, 40K: 2,0, und 60K: 3,6 Larven/Pflanze).

3. Boniturtermin

Die Märzbonitur (**Abb. 30**) zeigte einen der Januarbonitur ähnlichen Trend. Auch im März 2015/16 waren keine Unterschiede zwischen den Besiedelungsterminen festzustellen. Die Käfer haben somit trotz verschiedener Besiedelungszeitpunkte in 2015/16 annähernd die gleiche Zahl Larven erzeugt.

Wie schon beim 1. und 2. Boniturtermin kam es im Jahr 2016/17 zu den deutlichsten Unterschieden zwischen den Besiedelungszeitpunkten im Vergleich der Jahre. Bei der 20K-Variante betragen die Unterschiede zwischen T1 und T2 1 Larve/Pflanze bzw. 35,8 Larven/m², bei der 40K-Variante 3,5 Larven/Pflanze bzw. 117,6 Larven/m² und bei 60K-Variante 7,6 Larven/Pflanze bzw. 237 Larven/m².

Im Versuchsjahr 2017/18 zeigten sich auch am 3. Boniturtermin statistisch gesicherte Unterschiede zwischen T1 und T3 (20K: 1,2 Larven/Pflanze bzw. 43 Larven/m², 40K: 2,5 Larven/Pflanze bzw. 80 Larven/m² und 60K: 2,9 Larven/Pflanze bzw. 54,6 Larven/m²).

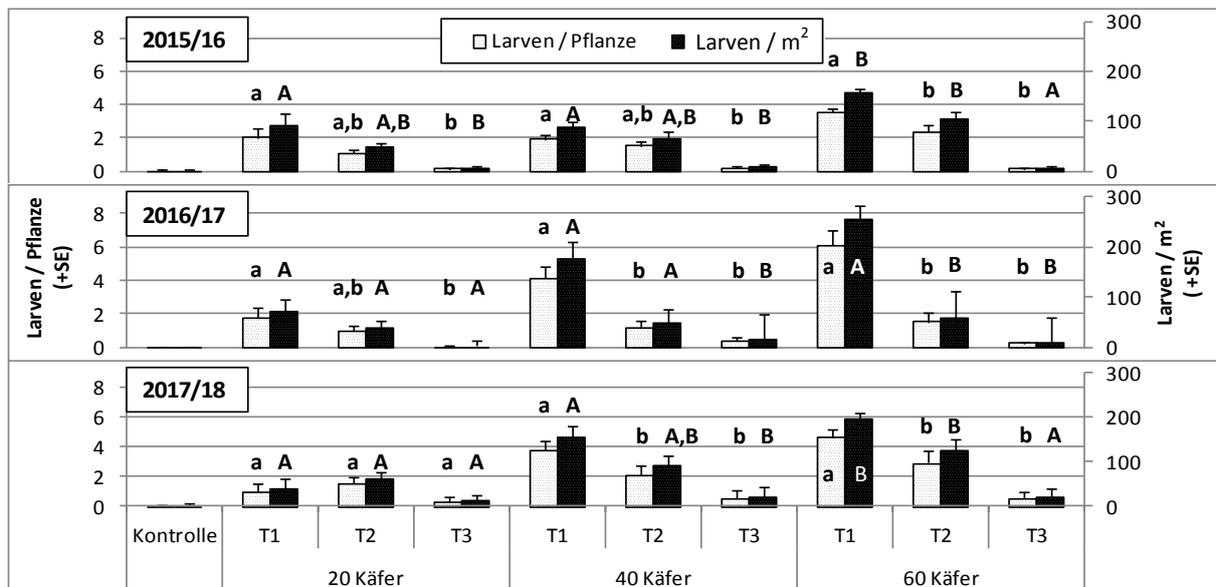


Abb. 28: Anzahl der Larven/Pflanze (+SE) am 1. Boniturtermin (weiß) und Larven/m² (+SE) (schwarz) (07.12.15; BBCH 17–19, 28.11.16; BBCH 15–18 und 04.12.17; BBCH 16–17) im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede der Larven/Pflanze, unterschiedliche große Buchstaben der Larven/m² zwischen den drei Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Ergebnisse

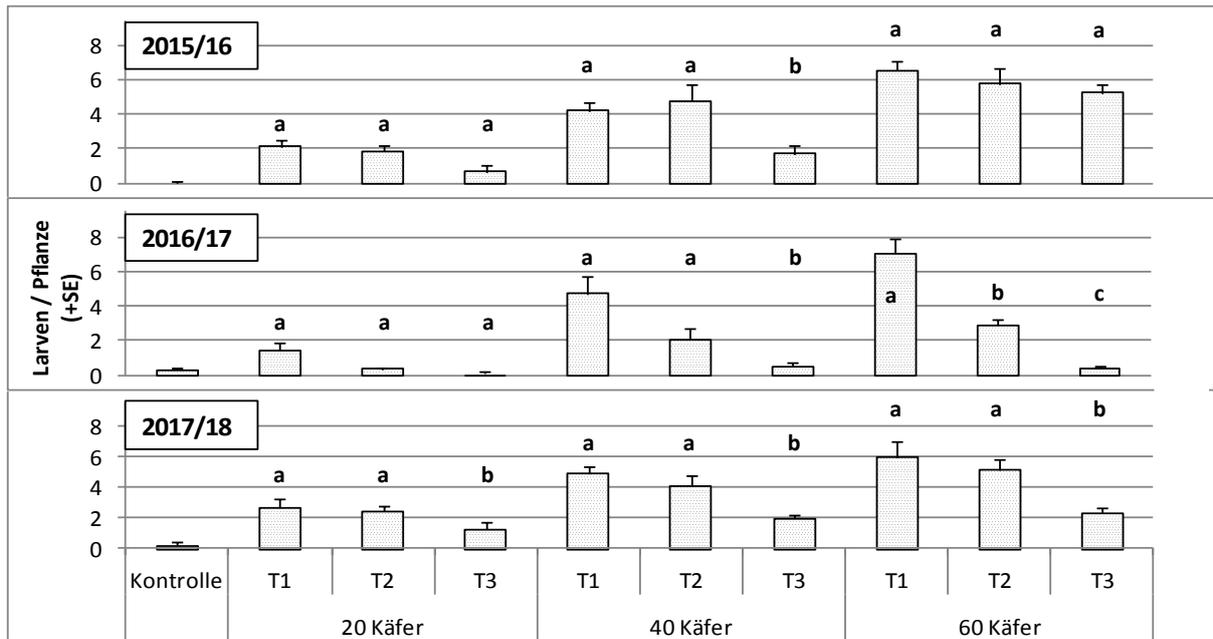


Abb. 29: Anzahl der Larven/Pflanze (+SE) am 2. Boniturtermin (12.01.2016; BBCH 19, 12.01.2017 BBCH 17–19 und 15.01.2018; BBCH 19) im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den drei Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

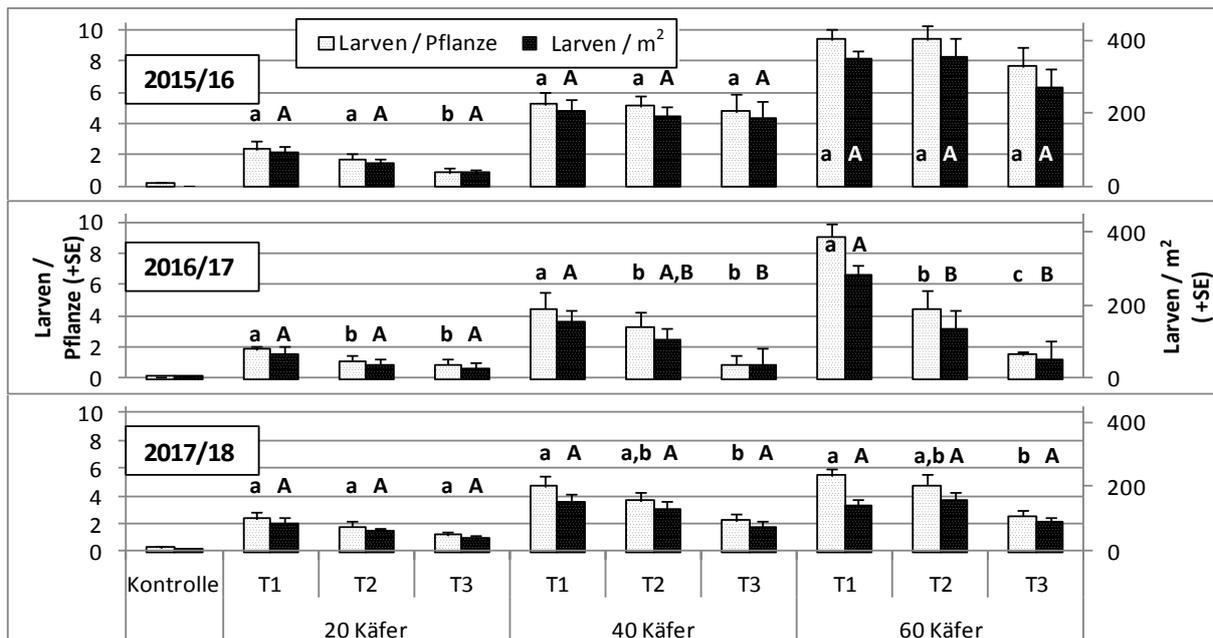


Abb. 30: Anzahl der Larven/Pflanze (+SE) (weiß) und Larven/m² (+SE) (schwarz) am 3. Boniturtermin (24.03.2016; BBCH 51, 17.03.2017; BBCH 31–33 und 21.03.2018; BBCH 30) im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede der Larven/Pflanze, unterschiedliche große Buchstaben der Larven/m² zwischen den drei Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Vergleich der Boniturtermine

Aus **Tab. 31** geht hervor, dass es im Versuchsjahr 2015/16 zwischen Herbst und Frühjahr (1. und 2. Bonitur) zu einem statistisch abgesicherten Anstieg der Larvenzahlen in den Varianten

Ergebnisse

(T1–T3) mit 40 und 60K kam. Auch zwischen den Frühjahrsbonituren (2. und 3. Bonitur) wurde ein signifikanter Anstieg festgestellt.

Im Jahr 2016/17 wurde ein Anstieg der Larvenzahl pro Pflanze lediglich zwischen dem 1. und 3. Boniturtermin bei der 40K-Variante am 2. Besiedelungstermin bei einer Besiedelungsdichte von 60K in allen Besiedelungsterminen statistisch gesichert.

Der Anstieg der Larvenzahl wurde im Versuchsjahr 2017/18 nur zwischen dem 1. und 2. Boniturtermin bei den Besiedelungen zu T1 und T2 herausgestellt. In diesem Versuchsjahr kam es im Vergleich zu den anderen beiden Jahren zu einem leichten Abfall der Larvenzahl im Frühjahr.

Tab. 31: Vergleich der mittleren Larvenzahl/Pflanze an den drei Besiedelungsterminen in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Boniturterminen je Besiedelungstermin und -dichte und je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

			Mittlere Larvenzahl/Pflanze			Mittelwertsdifferenzen der Boniturtermine (MW – MW)		
	Besiedelungsdichte	Besiedelungstermin	1. Bonitur	2. Bonitur	3. Bonitur	1-2	2-3	1-3
2015/16	20K	T1	2,0 a	2,1 a	2,4 a	-0,1	-0,2	-0,3
		T2	1,1 a	1,9 a	1,7 a	-0,8	0,2	-0,6
		T3	0,2 a	0,7 a	0,9 a	-0,5	-0,2	-0,7
	40K	T1	1,9 a	4,2 b	5,2 b	-2,3	-1,0	-3,3
		T2	1,5 a	4,8 b	5,1 b	-3,3	-0,3	-3,6
		T3	0,2 a	1,7 b	4,7 c	-1,5	-3,0	-4,6
	60K	T1	3,6 a	6,6 b	9,4 c	-3,0	-2,8	-5,9
		T2	2,3 a	5,8 b	9,4 c	-3,4	-3,6	-7,0
		T3	0,1 a	5,2 b	7,6 c	-5,1	-2,4	-7,5
2016/17	20K	T1	1,7 a	1,4 a	1,9 a	0,3	-0,4	-0,1
		T2	0,9 a	0,3 a	1,1 a	0,6	-0,7	-0,1
		T3	0,0 a	0,1 a	0,9 a	-0,1	-0,8	-0,8
	40K	T1	4,2 a	4,7 a	4,4 a	-0,6	0,3	-0,3
		T2	1,2 a	2,0 a	3,3 b	-0,9	-1,3	-2,1
		T3	0,4 a	0,5 a	0,9 a	-0,2	-0,4	-0,5
	60K	T1	6,1 a	7,1 a	9,1 b	-1,0	-2,0	-3,0
		T2	1,5 a	2,9 a	4,4 b	-1,4	-1,5	-2,9
		T3	0,2 a	0,4 a	1,5 b	-0,1	-1,1	-1,3
2017/18	20K	T1	1,0 a	2,6 b	2,3 a,b	-1,7	0,3	-1,4
		T2	1,5 a	2,4 a	1,8 a	-0,9	0,6	-0,3
		T3	0,3 a	1,2 a	1,1 a	-0,9	0,1	-0,8
	40K	T1	3,7 a	4,8 a	4,7 a	-1,2	0,2	-1,0
		T2	2,1 a	4,1 b	3,7 a,b	-2,0	0,4	-1,6
		T3	0,5 a	1,9 a	2,2 b	-1,4	-0,3	-1,7
	60K	T1	4,6 a	5,9 a	5,4 a	-1,3	0,5	-0,8
		T2	2,9 a	5,1 a	4,7 a	-2,2	0,4	-1,8
		T3	0,5 a	2,3 b	2,5 b	-1,8	-0,2	-2,0

Zusammenfassender Vergleich der Jahre

Am 1. Larvenboniturtermin wurden die größten Unterschiede zwischen den Jahren festgestellt (**Tab. 32**). Die meisten Larven/Pflanze wurden im Jahr 2016/17 gezählt, jedoch nur bei T1 Besiedelung. Die T2 und T3 Besiedelungen waren zwischen den Jahren relativ ähnlich.

Beim 2. Boniturtermin glich sich der Larvenbefall/Pflanze zwischen den Jahren immer mehr an. So wurden bei der 60 und 40K-Variante bei früher Besiedelung (T1) keine statistisch gesicherten Unterschiede mehr festgestellt. Beim Besiedelungstermin T2 und T3 kam es auch an diesem Termin noch zu deutlichen Unterschieden. Mit 5,2 Larven/Pflanze wurde im Jahr 2015/16 der höchste Befall bei später Besiedelung (T3) hervorgerufen.

Die Tendenz, dass sich die Larvenzahlen pro Pflanze in den Varianten zwischen den Jahren im Frühjahr angleichen, wurde auch am 3. Boniturtermin beobachtet. In der 20K-Variante wurden keine statistisch absicherbaren Differenzen mehr festgestellt. Bei der 40K-Variante zeigten sich nur noch Unterschiede bei der T3 Besiedelung. Bei der Besiedelung mit 60K wurden bei der 3. Bonitur die höchsten Befallswerte mit 9,4 Larven/Pflanze im Jahr 2015/16 erreicht. Im Jahr 2016/17 wurde mit 1,5 Larven/Pflanze bei dieser Besiedelungsstärke bei später Besiedelung (T3) der geringste Befall hervorgerufen.

Im Vergleich der Jahre zeigt sich, dass eine Befalldichte von mehr als 13,3 Käfern/m² (40K) beim 2. Boniturtermin (Januar) zu einer Überschreitung des Bekämpfungsrichtwertes von >4 Larven/Pflanze bei einer Besiedelung bis Mitte September führen kann. Bei späteren Besiedelungen (T3) führte nur noch die 60K-Variante (20 Käfer/m²) zu einer Überschreitung des Bekämpfungsrichtwertes vor dem Kälteeinbruch.

Tab. 32: Vergleich der mittleren Larvenzahl/Pflanze zwischen den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 an den drei Besiedelungsterminen im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Jahren je Besiedelungstermin und -dichte, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

			Mittlerer Larvenbefall/Pflanze			Mittelwertsdifferenzen der Jahre (MW – MW)		
	Besiedelungsdichte	Besiedelungs-termin	2015/16	2016/17	2017/18	15/16-16/17	16/17-17/18	15/16-17/18
1. Boniturtermin	20K	T1	2,0 a	1,7 a	1,0 a	0,3	0,8	1,0
		T2	1,1 a	0,9 a	1,5 a	0,2	-0,6	-0,4
		T3	0,2 a	0,0 a	0,3 a	0,1	-0,3	-0,1
	40K	T1	1,9 a	4,2 b	3,7 a,b	-2,2	0,5	-1,7
		T2	1,5 a	1,2 a	2,1 a	0,3	-0,9	-0,6
		T3	0,2 a	0,4 a	0,5 a	-0,2	-0,1	-0,3
	60K	T1	3,6 a	6,1 b	4,6 a,b	-2,5	1,4	-1,1
		T2	2,3 a	1,5 a	2,9 a	0,8	-1,4	-0,6
		T3	0,1 a	0,2 a	0,5 a	-0,1	-0,3	-0,4
2. Boniturtermin	20K	T1	2,1 a,b	1,4 a	2,6 b	0,7	-1,2	-0,5
		T2	1,9 a	0,3 b	2,4 a	1,5	-2,0	-0,5
		T3	0,7 a	0,1 a	1,2 a	0,5	-1,1	-0,6
	40K	T1	4,2 a	4,7 a	4,8 a	-0,5	-0,1	-0,6
		T2	4,8 a	2,0 b	4,1 a	2,8	-2,1	0,7
		T3	1,7 a	0,5 b	1,9 a	1,2	-1,4	-0,2
	60K	T1	6,6 a	7,1 a	5,9 a	-0,5	1,2	0,7
		T2	5,8 a	2,9 b	5,1 a	2,9	-2,2	0,6
		T3	5,2 a	0,4 b	2,3 c	4,9	-1,9	2,9
3. Boniturtermin	20K	T1	2,4 a	1,9 a	2,3 a	0,5	-0,5	0,0
		T2	1,7 a	1,1 a	1,8 a	0,6	-0,7	-0,1
		T3	0,9 a	0,9 a	1,1 a	0,0	-0,3	-0,3
	40K	T1	5,2 a	4,4 a	4,7 a	0,8	-0,2	0,6
		T2	5,1 a	3,3 a	3,7 a	1,8	-0,4	1,4
		T3	4,7 a	0,9 b	2,2 b	3,8	-1,3	2,6
	60K	T1	9,4 a	9,1 a	5,4 b	0,4	3,6	4,0
		T2	9,4 a	4,4 b	4,7 b	4,9	-0,3	4,6
		T3	7,6 a	1,5 b	2,5 b	6,1	-1,0	5,1

Anzahl der Larven/Weibchen

Beim Vergleich der bonitierten Larven pro Weibchen **Tab. 33** zeigt sich, dass die Besiedelungsdichte keinen signifikanten Einfluss auf die Zahl der Larven pro Weibchen hatte. Konträr hierzu zeigt der Besiedelungszeitpunkt am 1. Boniturtermin einen zum Teil signifikanten Einfluss auf die Zahl der gefundenen Larven.

Im Durchschnitt aller Besiedelungsdichten und -termine wurden pro Rapsdflöhe weibchen in den drei Versuchsjahren bei der Herbstbonitur 15,0 und bei der Frühjahrsbonitur 15,4 Larven/Weibchen gezählt.

Bei einer Besiedelung Anfang September wurde bis zur Herbst- bzw. Frühjahrsbonitur im Mittel der untersuchten Jahre eine durchschnittliche Larvenzahl von 22,0 bzw. 25,1 Larven/Weibchen bonitiert,

Ergebnisse

bei einer Besiedelung Mitte September 11,6 Larven/Weibchen bzw. 19,8 Larven/Weibchen und bei einer Besiedelung Ende September/Anfang Oktober 1,9 bzw. 13,0 Larven/Weibchen.

Tab. 33: Anzahl der Larven/Weibchen (\pm SE) am 1. und 3. Boniturtermin im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungszeitpunkten je Besiedelungsdichte, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

			Larven/Weibchen (\pm SE)	
	Besiedelungstermin	Besiedelungsdichte	Herbstbonitur	Frühjahrsbonitur
2015/16	T1	20K	27,4 \pm 7,6 a A	26,9 \pm 6,7 a A
		40K	13,5 \pm 1,8 a A	30,8 \pm 5 a A
		60K	15,5 \pm 0,9 a A	34,6 \pm 2,6 a A
	T2	20K	14,4 \pm 3,2 a A,B	18,8 \pm 4,3 a A
		40K	10,0 \pm 2,2 a A	28,8 \pm 4,3 a A
		60K	10,3 \pm 1,8 a A,B	35,2 \pm 5,6 a A
	T3	20K	2,1 \pm 0,8 a B	10,4 \pm 3,6 a A
		40K	1,2 \pm 1,1 a A	28,1 \pm 7,6 a A
		60K	0,6 \pm 0,3 a B	27,1 \pm 5,0 a A
2016/17	T1	20K	21,8 \pm 8,0 a A	19,6 \pm 2,7 a A
		40K	26,8 \pm 4,9 a A	23,2 \pm 5,8 a A
		60K	25,7 \pm 3,1 a A	28,3 \pm 2,8 a A
	T2	20K	12,1 \pm 4,3 a A,B	11,4 \pm 4,3 a A
		40K	7,2 \pm 2,6 a B	16,4 \pm 4,5 a A,B
		60K	5,8 \pm 2,1 a B	13,3 \pm 3,3 a A,B
	T3	20K	0,5 \pm 0,5 a B	8,7 \pm 3,5 a A
		40K	2,4 \pm 1,4 a B	5,2 \pm 3,1 a B
		60K	0,9 \pm 0,3 a B	5,1 \pm 0,7 a B
2017/18	T1	20K	12,3 \pm 3,8 a A	25 \pm 6,1 a A
		40K	23,5 \pm 3,1 a A	23,2 \pm 3,6 a A
		60K	19,5 \pm 4 a A	14,3 \pm 1,5 a A
	T2	20K	18,6 \pm 3,1 a A,B	18,2 \pm 4,3 a A
		40K	13,8 \pm 2,5 a A,B	19,8 \pm 3,6 a A
		60K	12,4 \pm 4,3 a A,B	15,9 \pm 2,6 a A
	T3	20K	3,9 \pm 1,4 a B	12,1 \pm 3,7 a A
		40K	3,2 \pm 1,6 a B	11,1 \pm 3,1 a A
		60K	2,1 \pm 0,6 a B	8,8 \pm 1,6 a A

Ergebnisse

Tab. 34: Vergleich der mittleren Larvenzahl/Weibchen an den drei Besiedelungsterminen im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Jahren je Besiedelungstermin und -dichte, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

			Mittlerer Larvenzahl/♀			Mittelwertsdifferenzen der Jahre (MW – MW)		
	Besiedelungstermin	Besiedelungsdichte	2015/16	2016/17	2017/18	15/16-16/17	16/17-17/18	15/16-17/18
Herbstbonitur	T1	20K	27,4 a	21,8 a	12,3 a	5,6	9,5	15,1
		40K	13,5 a	26,8 a	23,5 a	-13,3	3,3	-10,0
		60K	15,5 a	25,7 a	19,5 a	-10,2	6,2	-4,0
	T2	20K	14,4 a	12,1 a	18,6 a	2,3	-6,5	-4,2
		40K	10,0 a	7,2 a	13,8 a	2,8	-6,6	-3,8
		60K	10,3 a	5,8 a	12,4 a	4,5	-6,6	-2,1
	T3	20K	2,1 a	0,5 a	3,9 a	1,6	-3,4	-1,8
		40K	1,2 a	2,4 a	3,2 a	-1,2	-0,8	-2,0
		60K	0,6 a	0,9 a	2,1 a	-0,3	-1,2	-1,5
Frühjahrsbonitur	T1	20K	26,9 a	19,6 a	25,0 a	7,3	-5,4	1,9
		40K	30,8 a	23,2 a	23,2 a	7,6	0,0	7,6
		60K	34,6 a	28,3 b	14,3 b	6,3	14	20,3
	T2	20K	18,8 a	11,4 a	18,2 a	7,4	-6,8	0,6
		40K	28,8 a	16,4 a	19,8 a	12,4	-3,4	9
		60K	35,2 a	13,3 b	15,9 b	21,9	-2,6	19,3
	T3	20K	10,4 a	8,7 a	12,1 a	1,7	-3,4	-1,7
		40K	28,1 a	5,2 b	11,1 b	22,9	-5,9	17
		60K	27,1 a	5,1 b	8,8 b	22,0	-3,7	18,3

Zusammenhang zwischen Lufttemperatursumme und Larvenabundanz

Wie in **Abb. 31** illustriert, gibt es einen linearen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Larven/Weibchen und der Lufttemperatursumme. Die Beziehung ist mit $R^2=76,1\%$ am 1. Boniturtermin etwas höher als am 3. Boniturtermin mit $R^2=67,9\%$.

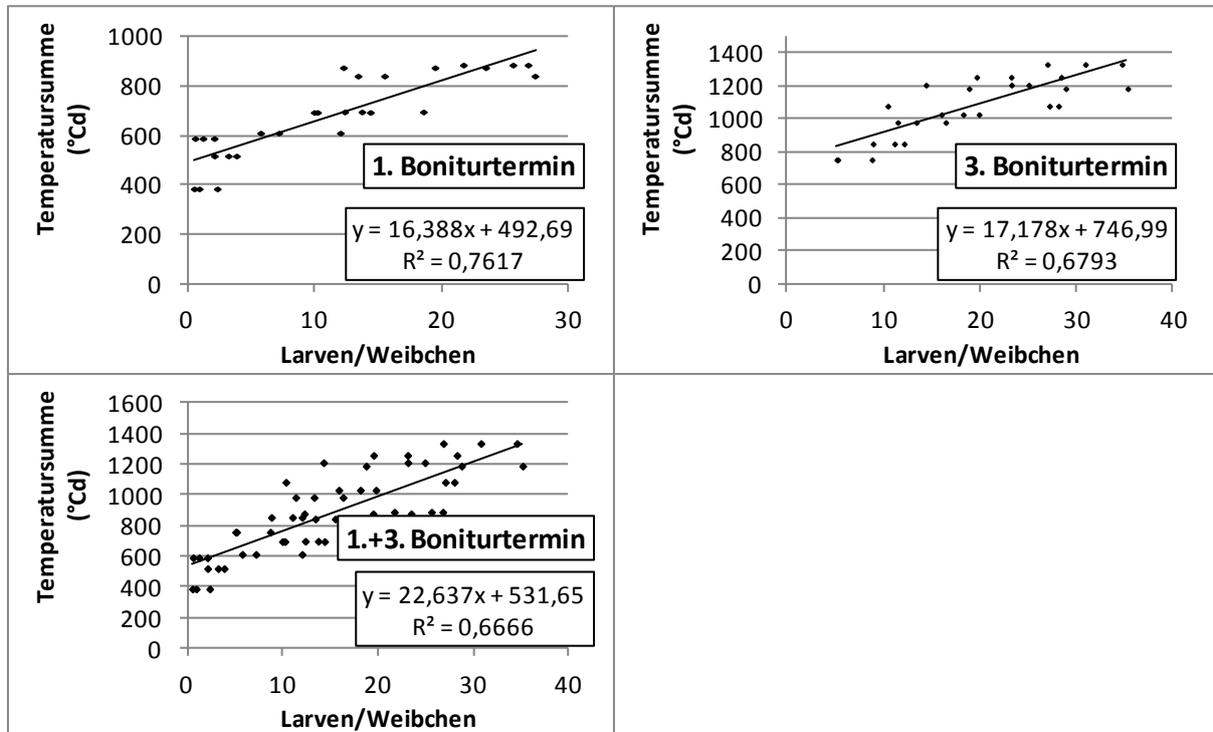


Abb. 31: Beziehung zwischen Anzahl der Larven/Weibchen und Lufttemperatursumme (2 m Höhe) gepoolt über Besiedlungsdichten/termine und Jahre (2015/16, 2016/17 und 2017/18) am 1. und 3. Boniturtermin im Besiedelungsversuch in Braunschweig.

Standort GöttingenVergleich der Varianten

In den Versuchsjahren 2015/16 und 2016/17 zeigten die Larvenabundanzen im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (**Abb. 32** bis **Abb. 34**) eine ähnliche Entwicklung wie in Braunschweig (Vgl. **Tab. 32**). Im Jahr 2015/16 wurden auch an diesem Standort am 1. Boniturtermin kaum Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt (**Abb. 32**). Im Kontrast hierzu zeigten sich im Jahr 2016/17 mit der frühen starken Zuwanderung (**Abb. 21**) schon am 1. Boniturtermin große Differenzen zwischen den Varianten. Besonders die Varianten mit frühem und permanentem Befall wiesen mit 9,0 bzw. 7,9 Larven/Pflanze einen sehr hohen Befall auf. Die spät und sehr spät aufgedeckten Varianten unterscheiden sich hingegen kaum von der permanent abgedeckten Variante. Hier zeigt sich, dass der größte Teil der Käfer im Gegensatz zum Jahr 2015/16 bereits früh in den Bestand eingewandert ist und früh mit der Eiablage begonnen hat.

Beim 2. Larvenboniturtermin im Versuchsjahr 2015/16 zeigte sich analog zu Braunschweig in einigen Varianten ein starker Larvenbefall (**Abb. 33**). Mit ca. 6 Larven/Pflanze waren die Varianten mit spätem und sehr spätem Befall annähernd auf dem gleichen Niveau wie die Variante mit permanentem Befall und unterschieden sich signifikant von der Variante mit nur frühem Befall (3,3 Larven/Pflanze). Im Anbaujahr 2016/17 hatten die Varianten mit permanentem und nur frühem Befall, ähnlich wie beim 1. Boniturtermin im Gegensatz zu den späten Varianten einen signifikant höheren Larvenbefall.

Beim 3. Boniturtermin (**Abb. 34**) zeigten sich in beiden Jahren etwa die gleichen Relationen in der Befallshöhe zwischen den unterschiedlichen Befallsterminen wie beim 2. Boniturtermin.

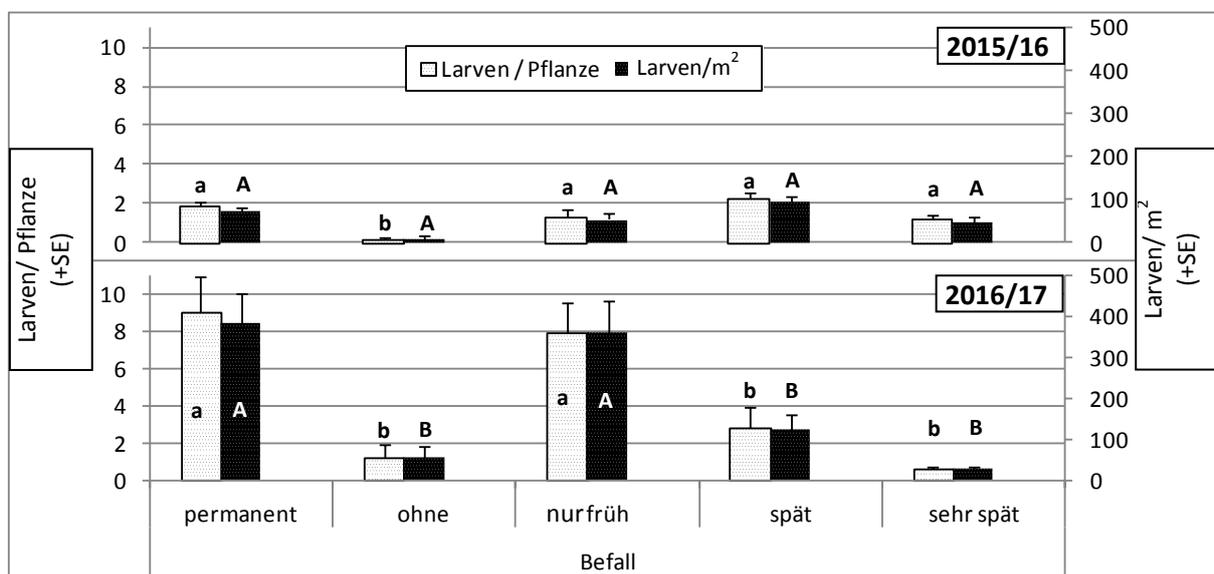


Abb. 32: Anzahl der Larven/Pflanze (\pm SE) (weiß) und Larven/m² (\pm SE) (schwarz) am 1. Boniturtermin (07.12.15; BBCH 16–17 und 28.11.16; BBCH 17–18) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede der Larven/Pflanze, unterschiedliche große Buchstaben der Larven/m² zwischen den Varianten und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Ergebnisse

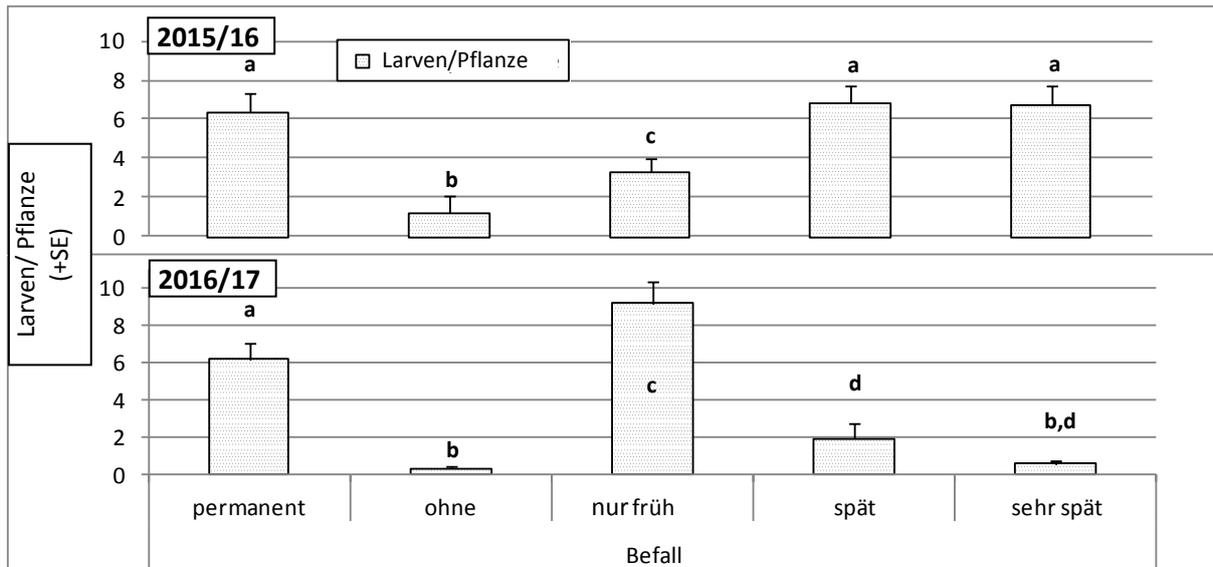


Abb. 33: Anzahl der Larven/ Pflanze (\pm SE) am 2. Boniturtermin (28.01.16; BBCH 17–19 und 06.02.17; BBCH 17–19) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

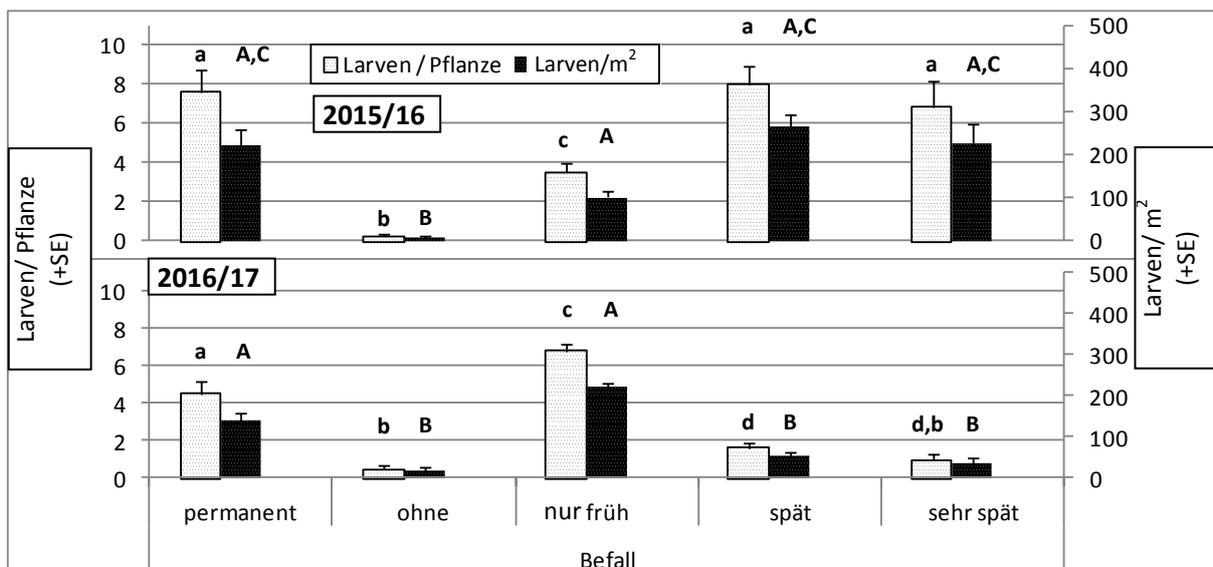


Abb. 34: Anzahl der Larven/Pflanze (\pm SE) (weiß) und Larven/m² (\pm SE) (schwarz) am 3. Boniturtermin (31.03.16; BBCH 51 und 29.03.17; BBCH 51–52) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede der Larven/Pflanze, unterschiedliche große Buchstaben der Larven/m² zwischen den Varianten und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Vergleich der Boniturtermine

Im Befallszeitfensterversuch in Göttingen kam es im Jahr 2015/16, wie auch im Besiedlungsversuch in Braunschweig (Vgl. **Tab. 31**), zu einem starken signifikanten Anstieg in der Larvenzahl zwischen dem Larvenboniturtermin im Herbst (1. Bonitur) und Frühjahr (2. Bonitur und 3. Bonitur) (**Tab. 35**). Im Versuchsjahr 2016/17 blieb der Befall zwischen den Boniturterminen hingegen relativ konstant mit einem leicht abnehmenden Trend von der Herbstbonitur zur Frühjahrsbonitur.

Tab. 35: Vergleich der mittleren Larvenzahl/Pflanze zwischen den Jahren 2015/16 und 2016/17 im Befallszeitfensterversuch in Göttingen an den drei Boniturterminen. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Boniturterminen je Variante und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Jahr	Befall	Mittlere Larvenzahl/Pflanze			Mittelwertsdifferenzen der Boniturtermine (MW – MW)		
		1. Bonitur	2. Bonitur	3. Bonitur	1-2	2-3	1-3
2015/16	permanent	1,9 a	6,4 b	7,6 b	-4,6	-1,2	-5,8
	ohne	0,2 a	1,2 b	0,3 a	-1,0	0,9	-0,1
	nur früh	1,4 a	3,4 b	3,6 b	-2,0	-0,2	-2,2
	spät	2,3 a	6,8 b	8,0 b	-4,6	-1,2	-5,8
	sehr spät	1,2 a	6,8 b	6,9 b	-5,6	-0,1	-5,7
2016/17	permanent	9,0 a	6,2 a,b	4,5 b	2,9	1,6	4,5
	ohne	1,2 a	0,3 a	0,5 a	0,9	-0,2	0,8
	nur früh	7,9 a	9,2 a	6,8 a	-1,3	2,3	1,1
	spät	2,8 a	1,9 a	1,6 a	0,9	0,3	1,2
	sehr spät	0,6 a	0,5 a	1,0 a	0,1	-0,4	-0,4

Vergleich der Jahre

Der Rapserrdflohlarvenbefall im Befallszeitfensterversuch in Göttingen unterschied sich deutlich zwischen den Versuchsjahren 2015/16 und 2016/17 (**Tab. 36**). Im Jahr 2016/17 kam es zu einem sehr frühen und starken Larvenbefall, der sich vor allem am 1. Boniturtermin in der Variante mit permanentem und nur frühem Befall feststellen ließ, wohingegen im Jahr 2015/16 in der Variante mit permanentem Befall 7,2 Larven/Pflanze weniger bonitiert wurden.

Beim 2. Boniturtermin (**Tab. 36**) war die Abundanz der Larven im Versuchsjahr 2015/16, im Vergleich zur 1. Bonitur erhöht und in den Varianten mit permanentem Befall ähnlich wie in 2016/17. An diesem Boniturtermin kontrastieren sich die Varianten mit nur frühem, spätem und sehr spätem Befall voneinander. Der späte und sehr späte Befall verursachte im Jahr 2015/16 mit 6,8 Larven/Pflanze den höchsten Befall, im Unterschied hierzu wurde der höchste Befall 2016/17 vom frühen Käferbefall verursacht (9,2 Larven/Pflanze).

Bei der 3. Larvenbonitur im Jahr 2015/16 wurde in der Variante mit permanentem Befall eine signifikant höhere Larvenzahl pro Pflanze festgestellt als 2016/17 (3,1 Larven/Pflanze). Somit kam es im Jahr 2015/16 vergleichend zu 2016/17 zu einer starken Eiablage bzw. hohem Larvenschlupf im Frühjahr.

Tab. 36: Vergleich der mittleren Larvenzahl/Pflanze im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Jahren, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$))

	Befall	Mittlere Larvenzahl/Pflanze		Mittelwertsdifferenz (MW-MW)
		2015/16	2016/17	2015/16 – 2016/17
1. Bonitur-termin	permanent	1,9 a	9,0 b	-7,2
	ohne	0,2 a	1,2 a	-1,0
	nur früh	1,4 a	7,9 b	-6,5
	spät	2,3 a	2,8 a	-0,6
	sehr spät	1,2 a	0,6 a	0,6
2. Bonitur-termin	permanent	6,4 a	6,2 a	0,3
	ohne	1,2 a	0,3 b	0,9
	nur früh	3,4 a	9,2 b	-5,8
	spät	6,8 a	1,9 b	4,9
	sehr spät	6,8 a	0,5 b	6,3
3. Bonitur-termin	permanent	7,6 a	4,5 b	3,1
	ohne	0,3 a	0,5 a	-0,2
	nur früh	3,6 a	6,8 b	-3,3
	spät	8,0a	1,6 b	6,4
	sehr spät	6,9 a	1,0 b	5,9

4.1.5.2 Einfluss des Besiedelungstermins auf Altersstruktur der Larven

Standort Braunschweig

Die Analyse der Altersstruktur der Larven im Besiedelungsversuch in Braunschweig (**Tab. 37**) zeigt deutlich, dass der Befallszeitpunkt einen prägnanten Einfluss auf die vorwinterliche Entwicklung der Larven hat. Bei der Herbstbonitur wurden bei T1 Besiedelung bereits L2 festgestellt, wohingegen bei den T2 und T3 Besiedelungsterminen in den drei Versuchsjahren vornehmlich L1 (Larven des 1. Stadiums) bonitiert wurden. L3 wurden bei der 1. Bonitur bei allen Besiedelungsterminen kaum seziert.

Am 2. Boniturtermin war der Anteil der L1 im Vergleich zu den L2 und L3 immer noch am größten. Im Jahr 2015/16 zeigte sich beim T1 Besiedelungstermin im Vergleich zu den anderen beiden Jahren mit 19,5 % der höchste Anteil L3. Auch beim T2 und T3 Besiedelungstermin war der L3 Anteil mit 8,8 % bzw. 4,6 % im Vergleich zu den Jahren 2016/17 und 2017/18 erhöht.

Bei der 3. Bonitur im März wurden noch L1 heraus präpariert, jedoch shiftete die Altersstruktur hin zu älteren Stadien. Besonders sticht an diesem Termin das Jahr 2017/18 hervor, bei dem auch im März bei allen drei Besiedelungsterminen noch ca. zwei Drittel der Larven dem ersten Larvenstadium angehörte.

Tab. 37: Einfluss des Besiedelungstermins (T1–T3) auf die Anteile der Larvenstadien (%) im Besiedelungsversuch in Braunschweig an den Boniturterminen in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.

2015/16	Boniturtermin		07.12.15 BBCH 17–19			12.01.16 BBCH 19			24.03.16 BBCH 51		
	Besiedelungstermin		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
2015/16	Anteil Larvenstadien (%)	L1	71,5	90,1	100,0	42,5	70,0	84,2	17,6	22,7	35,0
		L2	25,6	9,0	0,0	38,0	21,5	11,2	32,9	33,6	45,1
		L3	2,8	0,9	0,0	19,5	8,8	4,6	49,5	43,7	19,8
	Anzahl (n)		316	223	23	569	507	348	729	767	585
2016/17	Boniturtermin		28.11.16 BBCH 15–18			12.01.17 BBCH 17–19			17.03.17 BBCH 31–33		
	Anteil Larvenstadien (%)	L1	71,3	95,0	96,7	74,5	88,8	96,2	19,0	18,6	36,9
		L2	24,7	5,0	3,3	18,5	11,2	3,8	59,8	54,3	55,0
		L3	4,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	21,2	27,2	8,1
Anzahl (n)		494	139	30	557	232	53	706	409	111	
2017/18	Boniturtermin		04.12.17 BBCH 16–17			15.01.18 BBCH 19			21.03.18 BBCH 30		
	Anteil Larvenstadien (%)	L1	76,9	86,3	92,1	79,3	84,2	92,6	71,0	77,8	84,2
		L2	16,1	12,3	7,9	13,5	12,9	6,6	18,2	17,2	12,3
		L3	7,1	1,4	0,0	7,2	2,8	0,8	10,8	5,0	3,5
Anzahl (n)		411	284	63	599	533	256	600	545	310	

Standort Göttingen

Analog zum Besiedelungsversuch in Braunschweig (Vgl. **Tab. 37**) wurden auch in Göttingen am 1. Boniturtermin in beiden Versuchsjahren kaum Larven des dritten Stadiums festgestellt (**Tab. 38**).

Die Einwanderung in Göttingen erfolgte im Jahr 2016/17 sehr früh (06.09.16) (Vgl. **Abb. 21**). Somit entsprach die Variante mit nur frühem Befall etwa der Variante mit früher Besiedelung (04.09.16) in Braunschweig. Die beiden Besiedelungs- bzw. Befallstermine unterschieden sich in der Entwicklung der Larven am 1. Boniturtermin jedoch deutlich: In der Variante mit permanentem Befall in Göttingen wurden im Jahr 2016/17 96,2 % L1 festgestellt, im Gegensatz hierzu hatte in Braunschweig ca. ein Viertel der Larven das zweite Stadium erreicht.

Im Jahr 2015/16 wurden in der Variante mit nur frühem Befall am 1. Boniturtermin in Relation zum späten und sehr späten Befall mehr L2 herauspräpariert, jedoch muss beachtet werden, dass sich die Zahl der insgesamt vermessenen Larven zwischen den Varianten zum Teil deutlich unterschied und somit bei geringen Stückzahlen einzelne Larven stärkere Auswirkungen auf den prozentualen Anteil hatten, was auch für das Jahr 2016/17 gilt. Am 3. Boniturtermin traten in der Variante mit nur frühem Befall im Jahr 2016/17 mehr L3 auf, als bei den späteren Befallszeitpunkten. Ein ähnlicher Trend lässt sich für den 3. Boniturtermin erkennen, an dem der Anteil der L2 und L3 vergleichend zu den später besiedelten Varianten leicht erhöht war. Der Anteil der L1 war am 3. Boniturtermin im Jahr 2016/17 im Kontrast zu 2015/16 wesentlich kleiner, was darauf hindeutet, dass der Anteil neonater Larven im Frühjahr wesentlich geringer war.

Tab. 38: Einfluss vom Befallszeitraum auf den Anteil der Larvenstadien L1–L3 (%) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen an den verschiedenen Boniturterminen in den Jahren 2015/16 und 2016/17 (Befall: 1=permanent; 2=nur früh; 3=spät; 4=sehr spät) genaue Termine sind **Tab. 4** zu entnehmen.

2015/16	Boniturtermin		07.12.15 BBCH 16–17				28.01.16 BBCH 17–19				31.03.16 BBCH 51–53			
	Befall		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Anteil Larvenstadien (%)	L1		65,2	34,8	69,3	81,2	54,1	32,9	58,5	49,6	31,6	10,6	36,0	25,2
	L2		34,1	61,8	30,7	18,8	43,0	53,8	39,2	49,2	63,4	57,8	57,0	70,4
	L3		0,7	3,4	0,0	0,0	2,9	13,3	2,3	1,2	4,9	31,7	6,9	4,5
Anzahl (n)			316	135	89	163	401	447	325	479	500	528	218	577
2016/17	Boniturtermin		28.11.16 BBCH 17–18				06.02.17 BBCH 19				29.03.17 BBCH 51–53			
	Anteil Larvenstadien (%)		L1	L2	L3		L1	L2	L3		L1	L2	L3	
Anteil Larvenstadien (%)	L1		96,2	89,4	97,5	80,6	60,0	72,8	95,2	71,4	2,9,0	5,0	21,0	16,0
	L2		3,8	10,4	1,2	19,4	39,2	25,9	4,8	28,6	52,4	71,6	67,9	62,0
	L3		0,0	0,2	1,2	0,0	0,8	1,3	0,0	0,0	44,7	23,4	11,1	22,0
Anzahl (n)			423	473	81	31	355	471	28	28	208	359	81	50

4.1.5.3 Aufenthaltsort der Larvenstadien innerhalb der Pflanze

Ob sich Larven während ihrer Entwicklungsphasen in unterschiedlichen Pflanzenteilen bevorzugt aufhalten und ob es durch Witterungseinflüsse zu einer Veränderung der Aufenthaltsposition kommt, wird im folgenden Abschnitt genauer analysiert.

Die Betrachtung des Aufenthaltsortes der Larven innerhalb des Blattes im Besiedelungsversuch in Braunschweig (**Tab. 39** und **Tab. 40**) zeigt, dass sich die drei Larvenstadien überwiegend im unteren Bereich des Blattstiels aufhielten (Basis und Blattstielmitte). Eine verschiedene Präferenz zwischen den Larvenstadien für eine bestimmte Region innerhalb des Blattes ist nicht zu erkennen. So wurden an den drei Boniturterminen in den drei Versuchsjahren ca. 50 % der Larven in den unteren 2 cm des Blattstiels (Basis) bonitiert. Auch gab es keine deutlichen Unterschiede zwischen den Boniturterminen. Die in **Tab. 40** dargestellte Verteilung der Larven innerhalb der Pflanze in Braunschweig zeigt, dass sich der Großteil der Larven in den ältesten, unteren sechs Blättern aufhielt. Im Vergleich zwischen den Herbst- und Frühjahrsbonituren stieg der Anteil der Larven, welche sich in den jüngeren Blättern aufhielten (>6. Blatt). Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass sich über den Winter jüngere Blätter bildeten und mithin den Larven mehr Blätter zur Besiedelung zur Verfügung standen. Auffällig ist, dass in den neuen Blättern (>6. Blatt) beim 1. und 2. Boniturtermin besonders viele L1 festgestellt wurden. Auch in der Endknospe wurden ebenfalls überwiegend L1 gefunden.

Tab. 39: Anteilige Aufenthaltsorte der drei Larvenstadien (%) innerhalb des Blattes. Gesamtsumme der Larven pro Jahr, gepoolt über Besiedelungstermine und -dichten und Boniturtermine im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. In der Differenzierung zwischen Basis, Mitte und Blatt sind nur die Blätter 1–6 berücksichtigt. (genaue Beschreibung der Einteilung siehe **Abb. 15**).

		Aufenthaltort innerhalb des Blattes					
Larvenstadium (%)		Basis	Mitte	Blatt	>6. Blatt	Endknospe	Anzahl
2015/16	L1	57,7	18,0	5,1	15,7	3,6	1840
	L2	53,2	18,3	5,6	18,7	4,2	1217
	L3	58,0	15,3	3,5	20,7	2,6	980
	Anteil aller L1–L3	56,4	17,5	4,8	17,8	3,5	$\Sigma=4037$
2016/17	L1	60,7	21,7	6,9	8,3	2,5	1436
	L2	59,3	20,9	7,7	9,6	2,5	966
	L3	65,7	14,3	4,0	8,5	7,6	329
	Anteil aller L1–L3	60,8	20,5	6,8	8,8	3,1	$\Sigma=2731$
2017/18	L1	51,2	18,9	10,3	12,9	6,7	2891
	L2	66,1	15,8	4,9	11,5	1,8	514
	L3	74,0	7,1	2,6	12,8	3,6	196
	Anteil aller L1–L3	54,6	17,8	9,1	12,7	5,8	$\Sigma=3601$

Ergebnisse

Tab. 40: Position der drei Larvenstadien in den unteren 6 Blättern und Anteil in % der Gesamtsumme und Position innerhalb der Pflanze an den drei Boniturterminen im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 (genaue Beschreibung der Einteilung siehe **Abb. 15**).

Bonitur	Larvenstadium (%)	Position im Blatt (Blatt 1–6)			Position innerhalb der Pflanze				Anzahl Larven	
		Basis	Mitte	Blatt	1.–3. Blatt	4.–6. Blatt	>6. Blatt	Endknospe		
2015/16	07.12.15 BBCH 17–19	L1	54,9	19,8	3,7	35,9	31,1	12,3	0,7	450
		L2	13,7	5,2	0,8	11,2	5,7	0,9	0,2	101
		L3	1,0	0,8	0,0	0,4	1,2	0,4	0,0	11
		Anteil aller L1–L3	69,6	25,8	4,6	47,5	38,1	13,5	0,9	Σ=562
	12.01.16 BBCH 19	L1	41,9	14,1	5,2	35,9	31,1	12,3	0,7	890
		L2	18,3	5,6	2,5	11,2	5,7	0,9	0,2	364
		L3	9,4	1,8	1,2	0,4	1,2	0,4	0,0	170
	Anteil aller L1–L3	69,6	21,5	8,9	47,5	38,1	13,5	0,9	Σ=1424	
	22.03.16 BBCH 51	L1	19,5	4,4	0,8	35,9	31,1	12,3	0,7	500
L2		24,2	8,8	2,3	11,2	5,7	0,9	0,2	752	
L3		30,4	8,4	1,3	0,4	1,2	0,4	0,0	799	
Anteil aller L1–L3		74,0	21,6	4,4	47,5	38,1	13,5	0,9	Σ=2051	
2016/17	28.11.16 BBCH 15–18	L1	51,6	17,3	7,2	35,9	31,1	12,3	0,7	513
		L2	13,7	5,4	1,6	11,2	5,7	0,9	0,2	130
		L3	2,6	0,7	0,0	0,4	1,2	0,4	0,0	20
		Anteil aller L1–L3	67,9	23,3	8,8	47,5	38,1	13,5	0,9	Σ=663
	12.01.17 BBCH 17–19	L1	52,7	21,3	5,9	35,9	31,1	12,3	0,7	672
		L2	9,8	4,5	1,3	11,2	5,7	0,9	0,2	131
		L3	3,2	1,1	0,3	0,4	1,2	0,4	0,0	39
		Anteil aller L1–L3	65,6	26,9	7,5	47,5	38,1	13,5	0,9	842
	17.03.17 BBCH 31–33	L1	15,3	4,4	1,1	35,9	31,1	12,3	0,7	251
L2		39,8	12,9	5,2	11,2	5,7	0,9	0,2	705	
L3		16,9	3,4	1,1	0,4	1,2	0,4	0,0	270	
Anteil aller L1–L3		72,0	20,7	7,3	47,5	38,1	13,5	0,9	Σ=1226	
2017/18	04.12.17 BBCH 16–17	L1	47,9	20,1	12,6	35,9	31,1	12,3	0,7	619
		L2	10,7	3,0	1,1	11,2	5,7	0,9	0,2	106
		L3	3,5	0,8	0,3	0,4	1,2	0,4	0,0	33
		Anteil aller L1–L3	62,1	23,9	14,0	47,5	38,1	13,5	0,9	Σ=758
	15.01.18 BBCH 19	L1	38,3	24,9	14,0	35,9	31,1	12,3	0,7	1161
		L2	13,2	2,8	1,0	11,2	5,7	0,9	0,2	167
		L3	5,5	0,2	0,1	0,4	1,2	0,4	0,0	60
		Anteil aller L1–L3	57,0	27,9	15,1	47,5	38,1	13,5	0,9	Σ=1388
	21.03.18 BBCH 30	L1	51,1	16,7	7,7	35,9	31,1	12,3	0,7	1111
L2		13,3	3,2	0,8	11,2	5,7	0,9	0,2	241	
L3		6,4	0,6	0,2	0,4	1,2	0,4	0,0	103	
Anteil aller L1–L3		70,8	20,5	8,7	47,5	38,1	13,5	0,9	Σ=1455	

Standort Göttingen

Auch in Göttingen hielten sich die meisten Larven in den unteren 2 cm des Blattstiels auf (**Tab. 41** und **Tab. 42**). Der Anteil der Larven, welche die Stielmitte und das Blatt besiedelten, war vergleichend zu Braunschweig leicht erhöht, jedoch muss berücksichtigt werden, dass der Larvenbefall in Göttingen höher war. Zwischen den Larvenstadien ist auch in Göttingen keine Präferenz einzelner Pflanzenareale ersichtlich.

Tab. 41: Präferierte Aufenthaltsorte der drei Larvenstadien innerhalb des Blattes (%). Summe pro Jahr über Besiedelungstermine und -dichten und Boniturtermine gepoolt im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17. In der Differenzierung zwischen Basis, Mitte und Blatt sind nur die Blätter 1–6 berücksichtigt. (genaue Beschreibung der Einteilung siehe **Abb. 15**).

		Aufenthaltort innerhalb des Blattes						
		Larvenstadium (%)	Basis	Mitte	Blatt	>6. Blatt	Endknospe	Anzahl
2015/16	L1		60,5	14,8	3,9	15,5	5,3	1656
	L2		42,9	24,3	7,2	18,1	7,4	2020
	L3		53,4	21,9	5,5	16,9	2,3	219
	Anteil aller L1–L3		51,0	20,1	5,7	16,9	6,2	∑=3895
		Larvenstadium (%)	Basis	Mitte	Blatt	>6. Blatt	Endknospe	Anzahl
2016/17	L1		37,9	27,5	15,3	11,8	7,6	1638
	L2		58,6	20,1	6,9	9,9	4,5	797
	L3		64,4	15,9	3,8	9,1	6,7	208
	Anteil aller L1–L3		46,2	24,4	11,8	11,0	6,6	∑=2643

Tab. 42: Position der drei Larvenstadien in den unteren 6 Blättern und Anteil in % der Gesamtsumme und Position innerhalb der Pflanze an den drei Boniturterminen im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17. (Genauere Beschreibung der Einteilung siehe **Abb. 15**).

Bonitur	Larvenstadium (%)	Position im Blatt (Blatt 1–6)			Position innerhalb der Pflanze				Anz.	
		Basis	Mitte	Blatt	1.–3. Blatt	4.–6. Blatt	>6. Blatt	Endknospe		
2015/16	07.12.15 BBCH 16–17	L1	49,7	14,4	0,7	31,6	27,5	4,4	0,2	301
		L2	20,6	13,2	0,9	14,6	17,2	2,8	0,8	167
		L3	0,0	0,5	0,0	0,2	0,2	0,4	0,0	4
		Anteil aller L1–L3	70,3	28,1	1,6	46,4	44,9	7,6	1,1	Σ=472
	28.01.16 BBCH 17–19	L1	36,8	11,3	3,7	15,0	26,9	6,0	3,2	844
		L2	20,8	18,2	5,5	14,9	21,1	5,9	3,3	747
		L3	1,9	1,3	0,4	1,3	1,6	0,5	0,2	60
	Anteil aller L1–L3	59,5	30,9	9,7	31,3	49,6	12,5	6,7	Σ=1651	
	31.03.16 BBCH 51–53	L1	24,2	2,6	1,0	10,8	8,4	7,7	1,9	511
L2		40,7	15,6	5,5	22,0	20,9	14,4	5,2	1106	
L3		7,5	2,3	0,6	3,9	3,3	1,5	0,1	155	
Anteil aller L1–L3		72,5	20,5	7,1	36,7	32,6	23,5	7,2	Σ=1772	
2016/17	28.11.16 BBCH 17–18	L1	34,7	35,5	21,5	40,7	34,6	11,5	5,9	934
		L2	2,7	3,9	1,6	4,2	2,5	0,5	0,0	72
		L3	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	2
		Anteil aller L1–L3	37,4	39,5	23,1	45,0	37,1	12,0	5,9	Σ=1008
	06.02.17 BBCH 19	L1	39,2	20,4	9,5	24,9	30,4	7,7	6,9	655
		L2	13,1	12,1	4,8	12,5	11,5	3,3	1,8	273
		L3	0,5	0,4	0,0	0,1	0,6	0,2	0,0	9
	Anteil aller L1–L3	52,8	32,9	14,3	37,5	42,6	11,2	8,8	Σ=937	
	29.03.17 BBCH 51–53	L1	6,5	0,7	0,2	4,2	2,1	0,7	0,0	49
L2		57,8	6,2	1,0	30,2	25,6	6,2	2,7	452	
L3		21,5	4,8	1,3	17,2	6,6	2,4	2,0	197	
Anteil aller L1–L3		85,8	11,7	2,5	51,6	34,4	9,3	4,7	Σ=698	

4.1.5.4 Einfluss der Besiedlungsdichte auf die Verteilung der Larven innerhalb der Pflanze und Anteil der Pflanzen mit >8 Larven

Im Nachfolgenden (**Tab. 43** und **Tab. 44**) sind Larvenbefallsklassen für Braunschweig und Göttingen und die, durch die divergent hohen Larvendichten je Pflanze beeinflussten Aufenthaltsorte der Larven innerhalb der Pflanze an den einzelnen Besiedlungsterminen abgebildet.

Aus **Tab. 43** und **Tab. 44** geht hervor, dass es bei geringem Befall (1–4 Larven/Pflanze) am 1. Boniturtermin überwiegend zu einem Befall der älteren, unteren Blattetagen kam (1.–3. Blatt). Stieg der Befall (4–8 Larven und >8 Larven), so kam es auch beim 1. Boniturtermin zu einer Besiedelung der neuen Blätter. Auch wurde die Endknospe stärker befallen

als bei geringem Befall. Es zeigte sich, dass bei hoher Besiedelungsdichte an beiden Standorten ein Großteil der Larven in den älteren Blattetagen lokalisiert war. Beim 2. und 3. Boniturtermin kam es zu einer stärkeren Verteilung der Larven innerhalb der Pflanze, dennoch befand sich auch an diesen Terminen immer noch ein Großteil der Larven in den ältesten Blättern. Im Starkbefallsjahr 2016/17 kam es in Göttingen schon am 1. Boniturtermin zu einer deutlich erhöhten Besiedelung der jüngeren Blattetagen und der Endknospe im Vergleich zum Vorjahr. Bei der Betrachtung des Anteils der Pflanzen mit Endknospenbefall zeigt sich, dass es mit einem Anstieg der Larvenzahl zu einem massiven Anstieg der Pflanzen mit Endknospenbefall kommt. So wurde bei der Befallsklasse >8 Larven/Pflanze am 3. Boniturtermin in Braunschweig im Jahr 2016/17 bei 62 % der Pflanzen ein Larvenbefall in der Endknospe belegt.

Standort Braunschweig

Tab. 43: Mittlere Verteilung der Larven aller Besiedelungstermine (%) innerhalb der verschiedenen Blattetagen und Endknospe an den drei Boniturterminen bei Pflanzen mit einem Larvenbefall je Pflanze von 1–4, 4–8 und >8 Larven und Anteil der Pflanzen mit Endknospenbefall (%) (Ek.) in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 im Besiedelungsversuch in Braunschweig. (Genaue Beschreibung der Einteilung siehe **Abb. 15**).

			Anteil der Larven/Blattetage (%)						
	Bonitur	Befalls- klasse	1.–3. Blatt	4.–6. Blatt	>6. Blatt	Endknospe	Anz. Larven	Anz. Pflanzen	% Ek. Befall
2015/16	07.12.15	1–4	53,9	35,4	9,3	1,4	345	159	3,1
	BBCH	4–8	43,0	42,2	14,8	0,0	244	40	0,0
	17–19	>8	39,1	41,3	17,4	2,2	46	5	14,3
	12.01.16	1–4	48,3	43,3	4,6	3,9	460	197	9,1
	BBCH	4–8	40,5	47,2	8,2	4,0	671	105	15,2
	19	>8	32,9	43,3	18,6	5,2	501	40	38,5
	24.03.16	1–4	36,2	37,5	21,1	5,2	384	172	10,5
	BBCH	4–8	34,7	35,0	26,0	4,2	688	109	18,3
	51	>8	39,7	31,8	25,2	3,2	1248	96	32,3
2016/17	28.11.16	1–4	71,2	23,6	4,8	0,4	271	129	0,8
	BBCH	4–8	62,0	30,5	7,1	0,4	266	43	2,3
	15–18	>8	59,2	27,2	12,6	1,0	191	7	10,5
	12.01.17	1–4	67,4	25,2	4,6	2,8	282	128	5,5
	BBCH	4–8	67,4	23,3	7,2	2,0	347	54	13,0
	17–19	>8	55,9	26,6	10,6	6,8	263	23	39,1
	17.03.17	1–4	77,6	17,3	3,7	1,4	352	149	2,7
	BBCH	4–8	53,7	28,3	13,2	4,8	438	70	22,9
	31–32	>8	48,1	33,3	13,0	5,6	538	47	62,1
2017/18	04.12.17	1–4	78,1	12,6	6,6	2,6	302	128	4,7
	BBCH	4–8	69,6	12,2	12,6	5,6	270	44	34,1
	16–17	>8	53,0	31,4	7,4	8,1	283	23	52,2
	15.01.18	1–4	66,7	20,2	9,9	3,2	466	177	5,6
	BBCH	4–8	52,4	29,4	13,7	4,5	605	141	17,5
	19	>8	51,9	29,5	11,1	7,5	451	38	42,1
	21.03.18	1–4	57,2	24,8	13,6	4,4	472	132	7,4
	BBCH	4–8	52,6	24,9	16,6	5,9	622	102	21,6
	30	>8	48,2	25,0	17,4	9,5	328	29	48,4

Standort Göttingen

Tab. 44: Mittlere Verteilung der Larven aller Besiedelungstermine (%) innerhalb der verschiedenen Blattetagen und Endknospe (Ek.) an den drei Boniturterminen bei Pflanzen mit einem Larvenbefall je Pflanze von 1–4, 4–8 und >8 Larven und Anteil der Pflanzen mit Endknospenbefall (%) in den Jahren 2015/16, 2016/17 im Befallszeitfensterversuch in Göttingen. (Genauere Beschreibung der Einteilung siehe **Abb. 15**).

	Bonitur	Befalls- klasse	Anteil der Larven/Blatttage (%)				Anz. Larven	Anz. Pflanzen	% Ek. Befall
			1.–3. Blatt	4.–6. Blatt	>6. Blatt	Ek.			
2015/16	07.12.15	1–4	52,4	42,5	3,7	1,4	353	186	4,7
	BBCH	4–8	45,9	43,2	3,4	7,4	148	26	19,2
	16–17	>8	45,2	51,6	3,2	0,0	31	3	25,0
	28.01.16	1–4	36,9	53,5	6,9	2,7	260	98	7,6
	BBCH	4–8	32,8	50,7	10,7	5,8	671	105	26,7
	17–19	>8	25,8	49,3	18,4	6,5	873	70	44,9
	31.03.16	1–4	45,6	33,9	17,0	3,5	283	109	9,2
	BBCH	4–8	42,3	34,1	20,5	3,2	634	99	15,2
	51–53	>8	35,4	29,7	27,6	7,4	1114	85	55,1
2016/17	28.11.16	1–4	54,4	33,9	9,9	1,8	342	154	2,6
	BBCH	4–8	49,7	38,0	7,0	5,3	600	98	22,4
	17–18	>8	39,8	39,0	12,4	8,8	934	65	51,1
	06.02.17	1–4	40,5	41,1	9,7	8,6	370	160	17,5
	BBCH	4–8	34,6	43,9	12,8	8,7	624	98	37,4
	19	>8	38,3	39,9	11,3	10,4	882	70	67,0
	29.03.17	1–4	63,0	27,5	5,7	3,8	530	273	12,1
	BBCH	4–8	49,2	37,2	7,8	5,8	486	74	29,3
	51–53	>8	44,1	38,5	10,1	7,3	358	32	52,0

Anteil/Pflanzen mit >8 Larven/Pflanze an den Standorten Braunschweig und Göttingen

Aus **Abb. 35** geht hervor, dass es einen starken Zusammenhang zwischen der Höhe des Larvenbefalls und dem Anteil der Pflanzen mit >8 Larven/Pflanze in den Netzkäfigversuchen in Braunschweig und Göttingen gab. Der Anteil der Pflanzen mit >8 Larven/Pflanze steigt ab einem durchschnittlichen Befall von 4 Larven/Pflanze deutlich an.

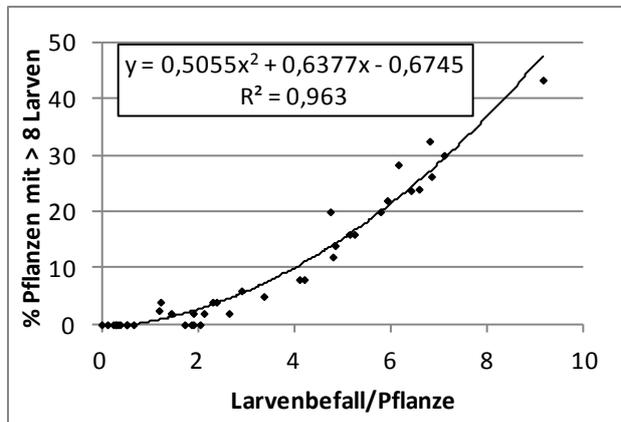


Abb. 35: Beziehung zwischen dem Anteil der Pflanzen mit >8 Larven (%) und den durchschnittlichen Larven/Pflanze am 2. Boniturtermin in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18) und Göttingen (2015/16 und 2016/17).

4.1.6 Erhebungen zum Jungkäferschlupf an den Standorten Braunschweig und Göttingen

4.1.6.1 Zeitlicher Verlauf des Jungkäferschlupfes im Besiedlungsversuch in Braunschweig

Standort Braunschweig

Der Schlupfzeitraum lag in den drei untersuchten Jahren zwischen der 23. und 29. Kalenderwoche mit einem deutlichen Höhepunkt zwischen der 24. und 26. Kalenderwoche (**Abb. 36**). Zwischen den Besiedelungsterminen (T1–T3) gab es keine evidenten Unterschiede im Schlupfzeitraum. Die Kurve des T3 Besiedelungstermins verläuft aufgrund geringerer Schlupfzahlen etwas flacher als die des T1 Besiedelungstermins. Im Jahr 2015/16 ist zu erkennen, dass die Eklektoren zu spät aufgestellt wurden. Der Schlupf der Jungkäfer hatte bereits begonnen, somit ist die gemessene Schlupfsumme wahrscheinlich etwas niedriger als die tatsächliche Zahl geschlüpfter Käfer. Aus Daten weiterer Feldversuche geht jedoch hervor, dass aber die Zahl der nicht erfassten Käfer nicht allzu hoch sein kann.

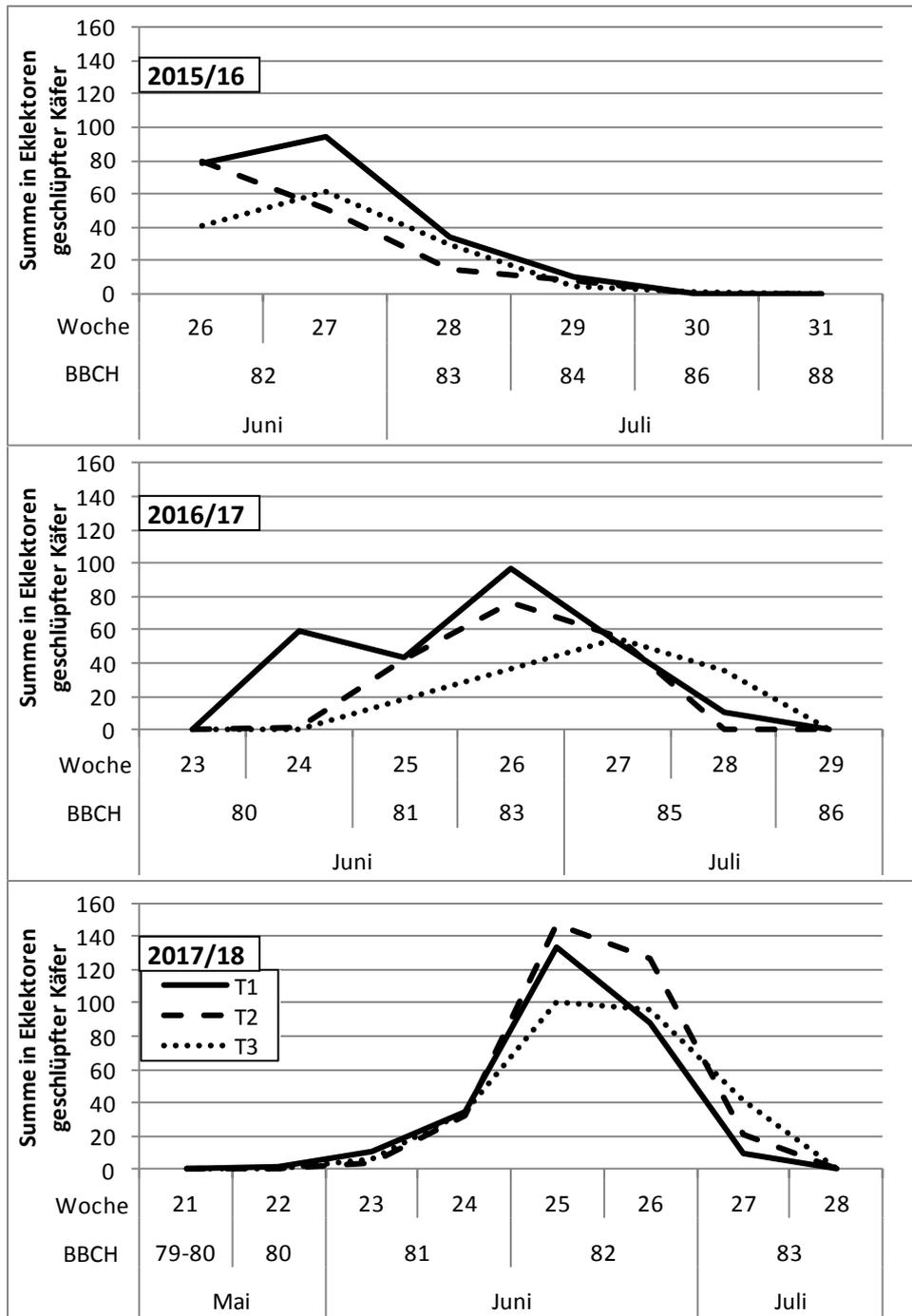


Abb. 36: Zeitlicher Verlauf des Jungkäferschlupfes (Käfer/m²) (15 Eklektoren à 1250 cm²) gepoolt über die Besiedelungsdichten im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.

Standort Göttingen

Der Jungkäferschlupf im Befallszeitfensterversuch in Göttingen fand in einem dem Braunschweiger Schlupf ähnlichem Zeitraum statt (**Abb. 37**).

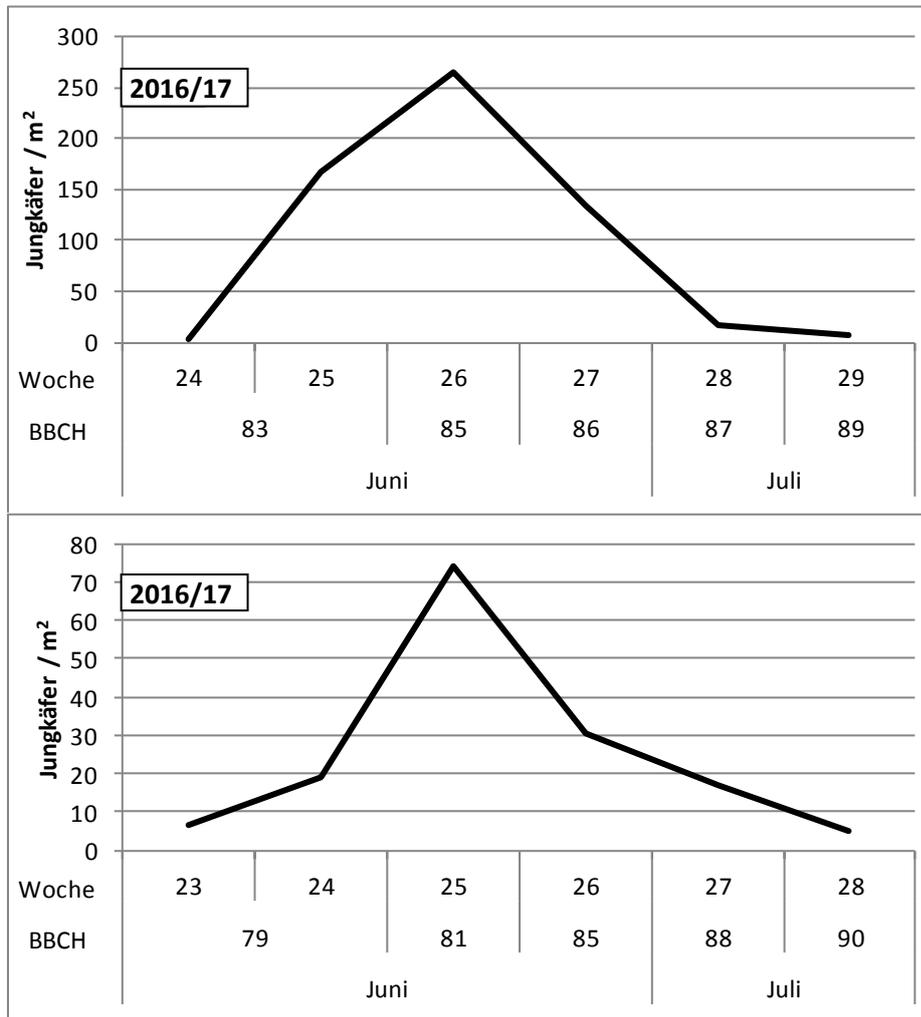


Abb. 37: Zeitlicher Verlauf des Jungkäferschlupfes im Befallszeitfensterversuch in den unabgedeckten Bereichen (Variante: permanenter Befall) in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17.

4.1.6.2 Höhe des Jungkäferschlupfes und Nachkommen je Weibchen in Göttingen und Braunschweig

Standort Braunschweig

Beim Jungkäferschlupf im Besiedelungsversuch in Braunschweig (**Abb. 38**) gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Besiedelungsterminen. Im Versuchsjahr 2016/17 führte die frühe Besiedelung zu mehr Jungkäfern. Der Vergleich der Besiedelungsdichten stellt heraus, dass höhere Käferdichten zu einem höheren Jungkäferschlupf führen. Signifikante Unterschiede wurden zwischen der 20K-, 40K- und 60K-Variante vor allem im Jahr 2016/17 für alle Besiedelungstermine festgestellt.

Ergebnisse

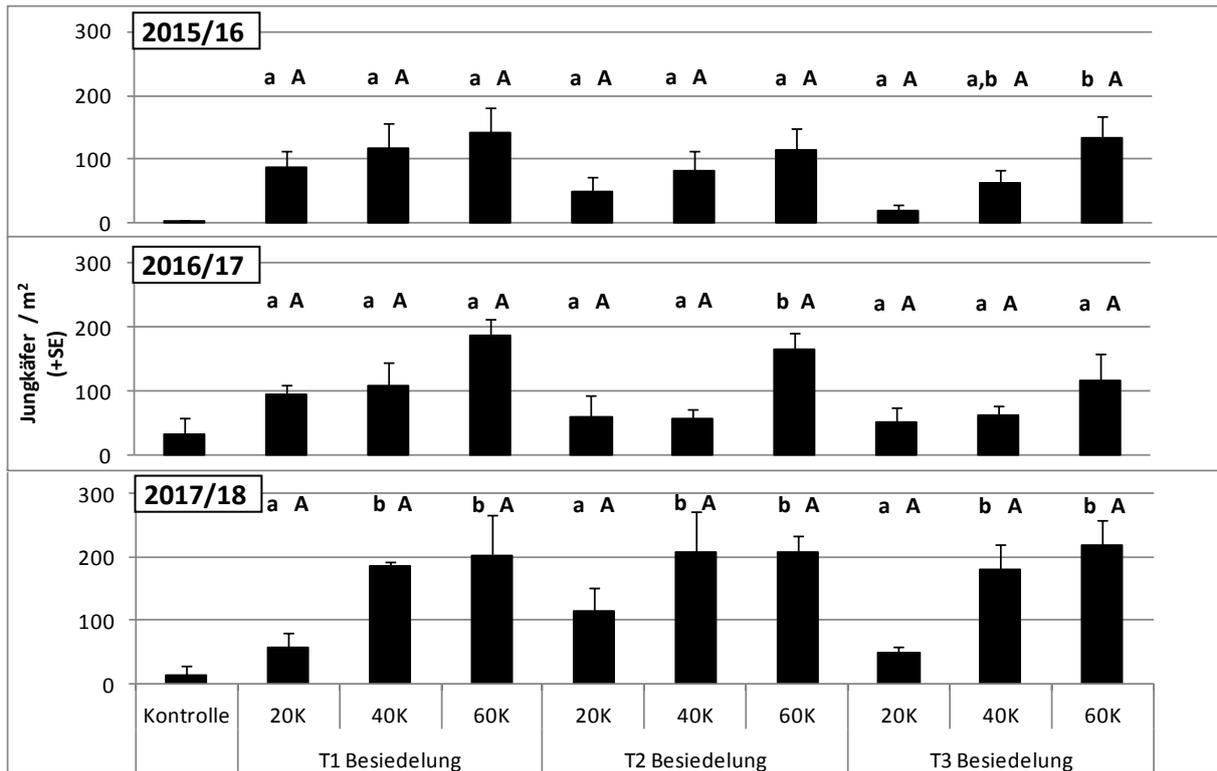


Abb. 38: Summe geschlüpfter Jungkäfer/m² (±SE) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr; ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Die Zahl der Nachkommen pro Weibchen schwankt zwischen den Jahren zwischen 8 (60K T1 Besiedelung 2015/16) und 35 Käfern (40K T1 Besiedelung 2017/18) (**Abb. 39**). Im Mittel über alle Varianten und drei untersuchten Jahre erzeugte ein Weibchen 18,1 Jungkäfer. Beim Vergleich der Jahre gab es leichte Unterschiede in der Zahl der Nachkommen. Im Jahr 2015/16 wurden 13,9, 2016/17 16,4 und 2017/18 23,9 Nachkommen/Weibchen gepoolt über alle Termine und Dichten festgestellt. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten wurden weder beim Vergleich der Besiedelungszeitpunkte noch beim Vergleich der Besiedelungsdichten errechnet.

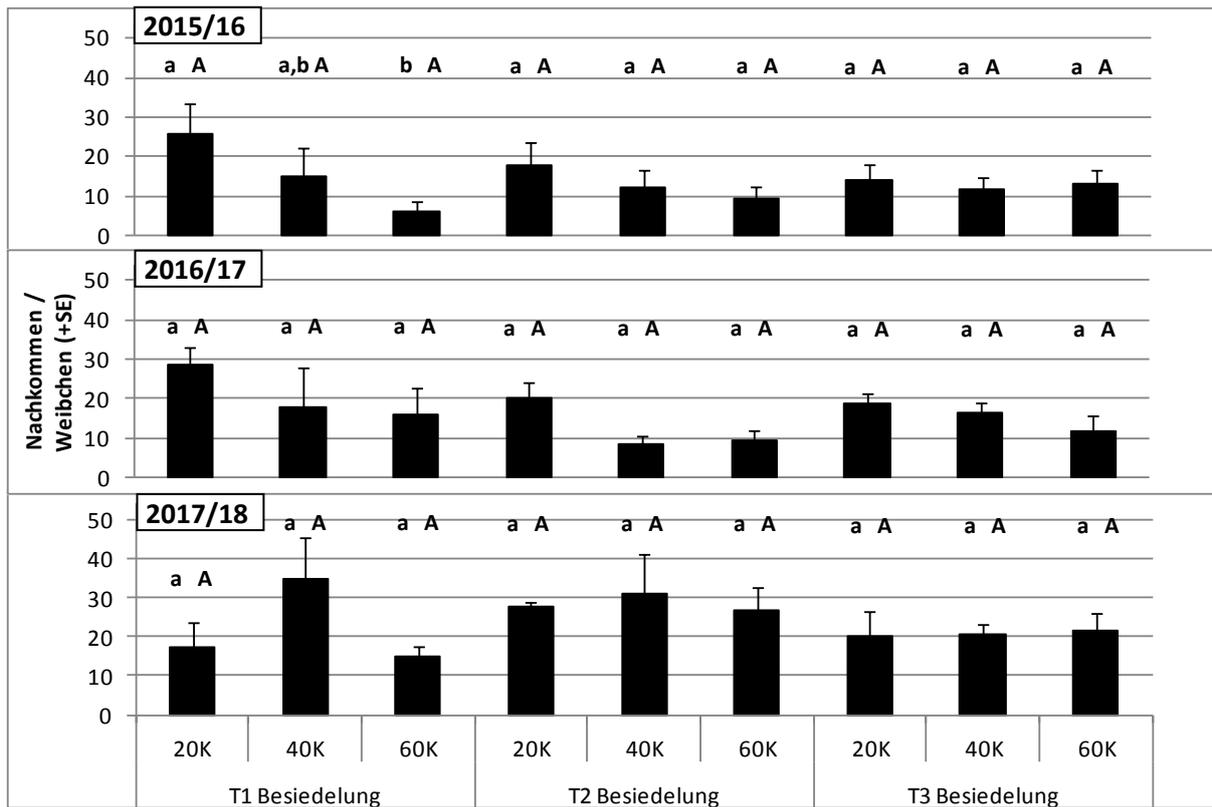


Abb. 39: Summe geschlüpfter Jungkäfer/Weibchen (\pm SE) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr; ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Göttingen

In Göttingen schlüpften im Mittel im Jahr 2015/16 593,3 und 2016/17 152,2 Jungkäfer/m². Aus den Schlupfzahlen im Frühsommer und den maximalen Käferdichten (Eklektorfänge) im Herbst ergeben sich pro Käfer (ohne Berücksichtigung des Geschlechterverhältnisses) eine Nachkommenzahl von 27,2 (2015/16) bzw. 1,9 Nachkommen (2016/17).

4.1.6.3 Beziehung zwischen Larven/m² und dem Jungkäferschlupf im Besiedelungsversuch in Braunschweig

Die Regressionen (**Abb. 40**) zwischen der Zahl der Larven/m² am 3. Boniturtermin und der Zahl der geschlüpften Jungkäfer/m² in Braunschweig zeigen in allen drei Jahren einen positiven linearen Zusammenhang. Im Jahr 2017 gab es mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2=36,3\%$ die stärkste Beziehung im Vergleich zu 2016 $R^2=29,0\%$ und 2018 $R^2=16,8\%$. Jedoch waren auch am 3. Larvenboniturtermin noch nicht alle Eier gelegt beziehungsweise alle Larven geschlüpft.

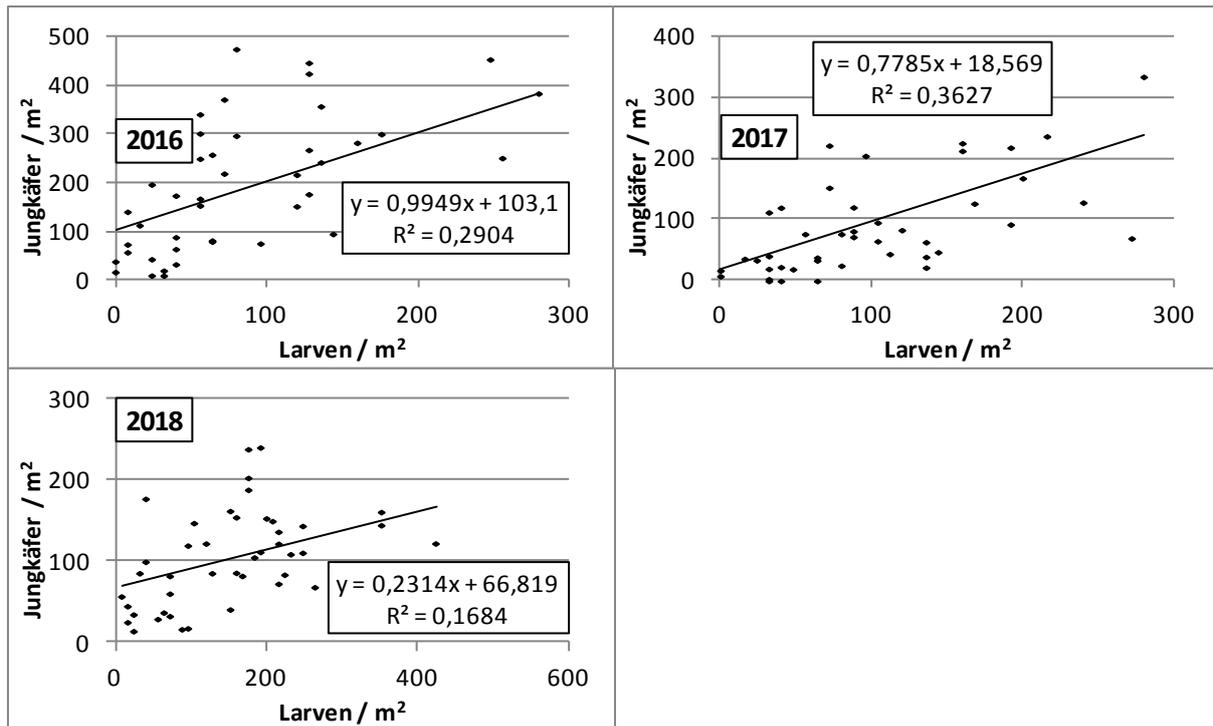


Abb. 40: Beziehung zwischen der Anzahl der Larven/m² am 3. Boniturtermin und der Zahl der geschlüpften Jungkäfer/m² im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.

Um eine Gesamtübersicht über den Zusammenhang zwischen der Summe der geschlüpften Jungkäfer und der Summe der Larven pro Pflanze am 3. Boniturtermin zu geben, ist in **Tab. 45** die Gesamtsumme der bonitierten Larven des 3. Boniturtermins je Parzelle umgerechnet auf 1 m², der Summe der geschlüpften Käfer gegenübergestellt. Im Jahr 2016 war die Summe der geschlüpften Käfer nur etwa halb so groß, wie die der Larven. Konträr hierzu war die Summe der Larven im Jahr 2018 ca. doppelt so hoch. Im Jahr 2017 entsprach die Summe der Larven in etwa der Zahl der geschlüpften Käfer.

Tab. 45: Summe aller bonitierten Larven/m² am 3. Boniturtermin und Gesamtsumme geschlüpfter Käfer/m² gepoolt über alle Besiedelungsdichten und –termine im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.

Jahr	Gesamtsumme aller bonitierten Larven/m ² am 3. Boniturtermin	Gesamtsumme aller Jungkäfer/m ²	Differenz
2016	4048	8667	+4619
2017	4664	4466	-198
2018	7104	4650	-2454

4.1.6.4 Gezielte Untersuchungen zum Einfluss des Verpuppungszeitraums auf den Jungkäferschlupf

Wie in **Abb. 41** und **Tab. 46** dargestellt, hat der Verpuppungszeitraum einen deutlichen Einfluss auf die Mortalität der L3 beziehungsweise Puppen. Im Versuchsjahr 2016/17 schlüpfen aus den in den Monaten November bis Januar ausgesetzten L3 keine Jungkäfer. Auch in den Freilassungsmonaten

Februar und März überlebten weniger als die Hälfte der ausgesetzten L3 den Zeitraum bis zum Schlupf. Von den in den Monaten April und Mai ausgesetzten L3 metamorphierten 80,0 % bzw. 97,5 % zum Jungkäfer. Im Versuchsjahr 2017/18 kam es erst ab der März-Freisetzung zu einem feststellbaren Jungkäferschlupf. Ähnlich wie im Vorjahr 2016/17 war auch im Jahr 2017/18 bei der Freilassung im Mai die Schlupfquote am höchsten. Der Hauptschlupf der Käfer fand in beiden Jahren ab der zweiten Junihälfte bis Ende Juni statt.

Nach DERRON (1979) benötigen die Rapserrdfloh puppen eine Temperatursumme von 250°Cd über einer Schwellentemperatur von 10°C zur Entwicklung. In **Tab. 47** sind die Bodentemperatursummen von Tagen mit >10°C dargestellt. Es ist ersichtlich, dass es in beiden Jahren erst ab März zu einer Überschreitung der Entwicklungsschwellentemperatur kam. Erst ab Mai wird die Schwellentemperatur in beiden Jahren deutlich überschritten.

Tab. 46: Frühester Schlupftermin, Hauptschlupf (Boniturtermin mit höchsten Schlupfzahlen) und Gesamtschlupf der Käfer in % ausgesetzter L3 im Schlupfversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, TukeyHSD ($p \leq 0,05$))

Freisetzungsmonat	2016/17			2017/18		
	Frühester Schlupf	Hauptschlupf	Gesamtschlupf (%) (\pm SE)	Frühester Schlupf	Hauptschlupf	Gesamtschlupf (%) (\pm SE)
November	0	0	0,0 \pm 0,0 a	-	-	-
Dezember	0	0	0,0 \pm 0,0 a	-	-	-
Januar	05.06.	05.06.	2,5 \pm 2,5 a	0	0	0,0 \pm 0,0 a
Februar	22.05.	12.06.	20,0 \pm 5,4 a,b	0	0	0,0 \pm 0,0 a
März	29.05.	26.06.	45 \pm 9,8 b	31.05.	26.06.	55 \pm 3,5 b
April	05.06.	26.06.	80,0 \pm 5,4 c	04.06.	26.06.	57,5 \pm 13 b
Mai	12.06.	19.06.	97,5 \pm 7,5 c	04.06.	18.06.	83,8 \pm 6,6 b

Tab. 47: Temperatursummen >10°C in 5 cm Bodentiefe in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18.

	2016/17	2017/18
November	0	0
Dezember	0	0
Januar	0	0
Februar	0	0
März	5,7	0
April	7,5	81,8
Mai	183,2	256,1
Juni	297,7	384,1
Juli	332,2	458,3

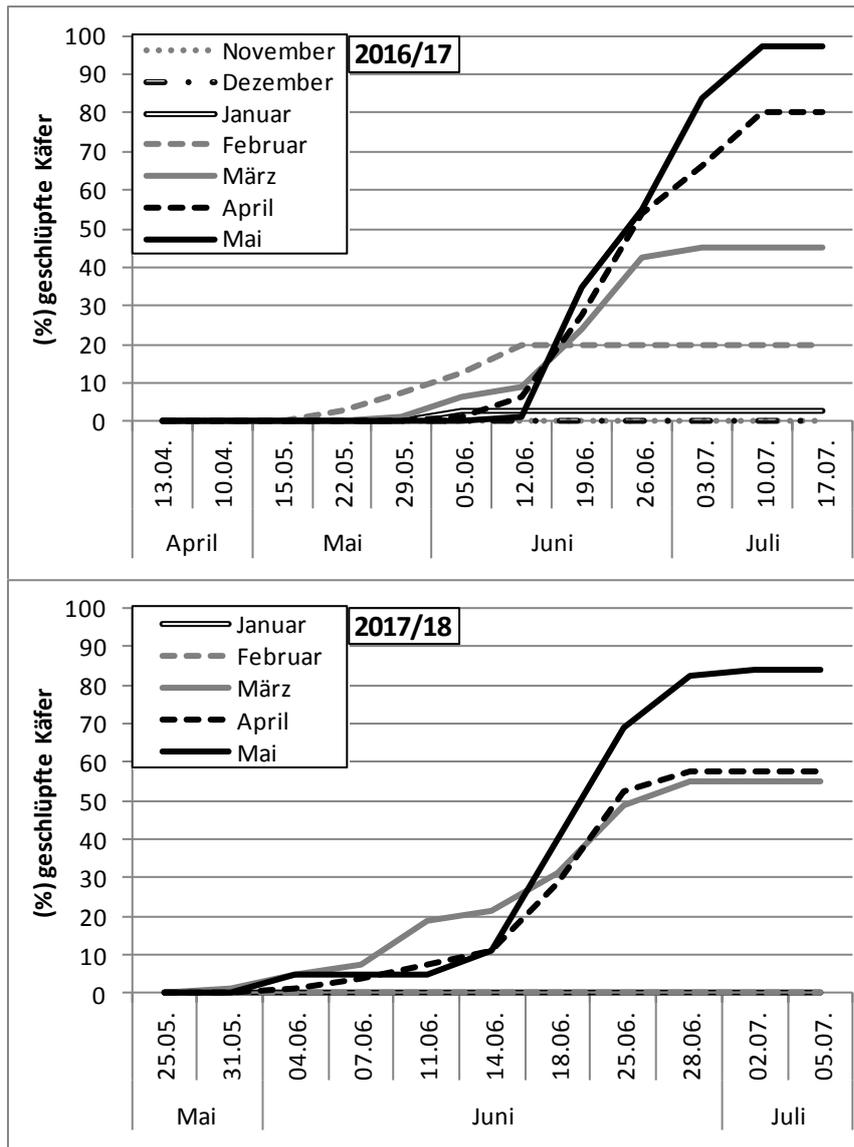


Abb. 41: Zeitliche Verteilung des Jungkäferschlupfes im Sommer nach verschiedenen Freisetzungsterminen von L3 im Schlupfversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 und 2017/18.

4.1.7 Pflanzenverluste an den Standorten Braunschweig und Göttingen

Standort Braunschweig

Im Vergleich der Jahre war die Bestandesdichte im Herbst in Braunschweig relativ ähnlich und lag im Mittel bei 42,4 Pflanzen/m² (Tab. 48). In allen Jahren zeigte sich kein Unterschied der Zahl der Pflanzen im Herbst gegenüber der Kontrolle.

Im Versuchsjahr 2015/16 gab es kaum Veränderungen zwischen der Zahl der Pflanzen im Herbst und Frühjahr. Ein Einfluss des Rapserrdflohs zwischen den Varianten wurde nicht festgestellt.

Signifikante Pflanzenverluste wurden ausschließlich bei der 60K-Variante am T1 Besiedelungstermin 2016/17 und 2017/18 nachgewiesen (27,1 und 15,1 %). Tendenziell zeigten die hohen und frühen Besiedelungsdichten die höchsten Auswinterungsverluste.

Ergebnisse

Tab. 48: Bestandesdichte (Pflanzen/m²) (\pm SE) im Herbst korrigiert um 10 gezogene Pflanzen je Parzelle, Bestandesdichte im Frühjahr und Pflanzenverluste (%) (Pflanzenzahl Herbst – Pflanzenzahl Frühjahr) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsterminen je Boniturtermin und je Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsdichten je Boniturtermin und je Jahr, * zeigt sign. Unterschiede gegenüber der Kontrolle; ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)) ANOVA.

	Besiedelungsdichte	Besiedelungstermin	Pflanzenzahl Herbst (\pm SE)	Pflanzenzahl Frühjahr (\pm SE)	Pflanzenverluste (%)	
2015/16	Kontrolle	Kontrolle	37,2 \pm 0,3	37,2 \pm 0,3	0	
	20K	T1	34,5 \pm 0,3 a A	34,1 \pm 0,4 a A	-1,2 a A	
		T2	33,1 \pm 0,8 a A	33,0 \pm 0,4 a A	-0,3 a A	
		T3	34,5 \pm 0,7 a A	34,5 \pm 0,7 a A	-0,2 a A	
	40K	T1	35,5 \pm 0,9 a A	35,3 \pm 0,9 a A	-0,8 a A	
		T2	34,1 \pm 0,6 a A	34,1 \pm 0,7 a A	0,2 a A	
		T3	34,9 \pm 1,2 a A	34,9 \pm 1,2 a A	-0,2 a A	
	60K	T1	33,8 \pm 0,7 a A	33,4 \pm 0,5 a A	-1,1 a A	
		T2	33,9 \pm 1,1 a A	33,9 \pm 1,2 a A	-0,2 a A	
		T3	32,4 \pm 1,1 a A	32,0 \pm 0,8 a A	-1,1 a A	
	2016/17	Kontrolle	Kontrolle	30,3 \pm 0,6	29,0 \pm 1,0	-4,2
		20K	T1	31,5 \pm 1,2 a A	31,3 \pm 1,1 a A	-0,6 a A
T2			31,8 \pm 1,1 a A	31,7 \pm 1,0 a A	-0,4 a A	
T3			30,7 \pm 1,6 a A	30,8 \pm 1,7 a A	0,4 a A	
40K		T1	32,1 \pm 1,4 a A	30,7 \pm 1,7 a A	-4,4 a A	
		T2	30,1 \pm 1,4 a A	29,5 \pm 1,2 a A	-1,9 a A	
		T3	30,9 \pm 1,4 a A	30,7 \pm 1,7 a A	-0,7 a A	
60K		T1	33,1 \pm 1,6 a A	28,0 \pm 1,6 a A	-15,1 b B	
		T2	29,0 \pm 1,1 a A	27,2 \pm 0,4 a A	-5,5 a A	
		T3	30,3 \pm 0,8 a A	30,3 \pm 0,8 a A	0,0 a A	
2017/18		Kontrolle	Kontrolle	31,2 \pm 1,1	30,7 \pm 1,1	-1,5
		20K	T1	31,3 \pm 1,6 a A	30,7 \pm 1,8 a A	-2,1 a A
	T2		31,1 \pm 0,4 a A	30,9 \pm 0,4 a A	-0,6 a A	
	T3		31,2 \pm 1,8 a A	30,6 \pm 1,5 a A	-1,7 a A	
	40K	T1	32,1 \pm 1,4 a A	29,8 \pm 1,9 a A	-7,2 a A	
		T2	33,6 \pm 0,6 a A	32,1 \pm 1 a A	-4,4 a A	
		T3	30,7 \pm 1,4 a A	30,0 \pm 1,1 a A	-2,2 a A	
	60K	T1	31,7 \pm 1,8 a A	23,0 \pm 1,3 b B*	-27,1 b, B*	
		T2	33,0 \pm 0,7 a A	30,3 \pm 1,4 a A	-8,2 a A	
		T3	32,1 \pm 1,3 a A	31,1 \pm 1,3 a A	-2,8 a A	

Standort Göttingen

Bei den Bestandesdichten in Göttingen im Herbst gab es kaum Unterschiede zwischen den Varianten (**Tab. 49**). Die Varianten ohne Befall bzw. spät abgedeckte, hatten bei der Herbstbonitur eine etwas höhere Pflanzenzahl. Eine ähnliche Tendenz zeigte sich bei der Frühjahrsbonitur. Im Versuchsjahr 2016/17 waren die Pflanzenverluste mit 8,3 % (permanenter Befall) höher als die Verluste in der gleichen Variante im Jahr 2015/16 (3,3 %).

Tab. 49: Bestandesdichte (Pflanzen/m²) (\pm SE) im Herbst, korrigiert um 10 gezogene Pflanzen, und im Frühjahr sowie Pflanzenverluste (%) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Boniturtermin und je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

	Befall	Pflanzenzahl Herbst (\pm SE)	Pflanzenzahl Frühjahr (\pm SE)	Pflanzenverluste (%)
2015/16	permanent	30,5 \pm 1,0 a	29,5 \pm 0,7 a,b	-3,3 a
	ohne	33,5 \pm 0,9 a	33,3 \pm 1,0 a,b	-0,6 a
	nur früh	29,6 \pm 0,8 a	28,6 \pm 0,8 a	-3,4 a
	spät	33,3 \pm 1,0 a	33,4 \pm 0,9 b	0,3 a
	sehr spät	32,6 \pm 1,2 a	32,6 \pm 1,3 a,b	0,0 a
2016/17	permanent	33,8 \pm 2,1 a	31,0 \pm 1,9 a	-8,3 a
	ohne	37,8 \pm 1,9 a,b	37,3 \pm 2,0 b	-1,3 a
	nur früh	34,7 \pm 1,3 a,b	32,5 \pm 1,1 a	-6,3 a
	spät	35,7 \pm 2,6 a,b	33,8 \pm 2,6 a,b	-5,3 a
	sehr spät	40,0 \pm 1,5 b	39,2 \pm 1,2 b	-2,0 a

4.1.8 Einfluss des Rapserrdflorbefalls auf die Pflanzenarchitektur in Braunschweig und Göttingen

4.1.8.1 Einfluss des Rapserrdflorbefalls auf den Wurzelhalsdurchmesser

Standort Braunschweig

In Braunschweig wurden in den Versuchsjahren 2015/16 und 2017/18 keine größeren Differenzen zwischen den Varianten bezüglich des Wurzelhalsdurchmessers festgestellt (**Tab. 50**). Lediglich im Versuchsjahr 2016/17 unterschied sich die Variante mit 60K und T1 Besiedelung am 2. Boniturtermin signifikant von der Kontrolle.

Ergebnisse

Tab. 50: Wurzelhalsdurchmesser (mm) (\pm SE) an den Larvenboniturterminen im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, * sign. Unterschiede gegenüber der Kontrolle, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

		Wurzelhalsdurchmesser (mm) (\pmSE)		
		2015/16		
Besiedelungs-termin	Besiedelungs-dichte	07.12.15 BBCH 17–19	12.01.16 BBCH 19	24.03.16 BBCH 51
Kontrolle	Kontrolle	9,5 \pm 0,3 a A	9,6 \pm 0,6 a A	10,8 \pm 1,5 a A
T1	20K	10,5 \pm 0,5 a A	8,9 \pm 0,4 a A	11,5 \pm 0,6 a A
	40K	9,1 \pm 0,4 a A	9,5 \pm 0,6 a A	9,3 \pm 1,0 a A
	60K	9,7 \pm 0,3 a A	9,7 \pm 0,2 a A	11,6 \pm 0,3 a A
T2	20K	9,5 \pm 0,7 a A	9,9 \pm 0,4 a A	11,6 \pm 0,7 a A
	40K	9,5 \pm 0,6 a A	8,6 \pm 0,5 a A	11,9 \pm 0,7 a A
	60K	10,3 \pm 0,2 a A	9,1 \pm 0,4 a A	10,9 \pm 0,4 a A
T3	20K	9,9 \pm 0,3 a A	9,6 \pm 1 a A	11,3 \pm 0,7 a A
	40K	10,0 \pm 0,5 a A	10,0 \pm 0,5 a A	12,6 \pm 0,8 a A
	60K	10,7 \pm 0,4 a A	8,5 \pm 0,3 a A	12 \pm 0,7 a A
		2016/17		
Besiedelungs-termin	Besiedelungs-dichte	28.11.16 BBCH 15–18	12.01.17 BBCH 17–19	17.03.17 BBCH 31–33
Kontrolle	Kontrolle	7,5 \pm 0,6	8,9 \pm 0,3	9,2 \pm 0,4
T1	20K	8,1 \pm 0,5 a A	8,0 \pm 0,4 a A	9,3 \pm 0,2 a A
	40K	8,3 \pm 0,3 a A	8,4 \pm 0,2 a A	8,5 \pm 0,4 a A
	60K	8,6 \pm 0,7 a A	6,9 \pm 0,2 a* A*	8,5 \pm 0,2 a A
T2	20K	8,1 \pm 0,4 a A	8,1 \pm 0,5 a A	9,4 \pm 0,4 a A
	40K	8,1 \pm 0,3 a A	8,0 \pm 0,7 a A	9,4 \pm 0,5 a A
	60K	7,8 \pm 0,2 a A	8,1 \pm 0,3 a A,B	9,5 \pm 0,2 a A
T3	20K	8,2 \pm 0,5 a A	8,8 \pm 0,1 a A	9,0 \pm 0,3 a A
	40K	8,3 \pm 0,5 a A	8,9 \pm 0,4 a A	9,0 \pm 0,4 a A
	60K	8,4 \pm 0,4 a A	8,9 \pm 0,4 a B	9,7 \pm 0,2 a A
		2017/18		
Besiedelungs-termin	Besiedelungs-dichte	04.12.17 BBCH 16–17	15.01.18 BBCH 19	21.03.18 BBCH 30
Kontrolle	Kontrolle	8,2 \pm 0,3	8,3 \pm 0,2	8,5 \pm 0,1
T1	20K	8,5 \pm 0,1 a A	7,5 \pm 0,4 a A	7,4 \pm 0,3 a A
	40K	7,6 \pm 0,3 a A	7,9 \pm 0,3 a A	8,1 \pm 0,1 a A
	60K	7,8 \pm 0,1 a A	7,8 \pm 0,3 a A	8 \pm 0,3 a A
T2	20K	7,7 \pm 0,3 a A	7,6 \pm 0,1 a A	7,8 \pm 0,2 a A
	40K	7,5 \pm 0,3 a A	7,9 \pm 0,1 a A	7,9 \pm 0,2 a A
	60K	7,5 \pm 0,2 a A	8,2 \pm 0,3 a A	7,9 \pm 0,4 a A
T3	20K	7,9 \pm 0,2 a A	7,9 \pm 0,4 a A	7,8 \pm 0,1 a A
	40K	8,2 \pm 0,3 a A	8,9 \pm 0,5 a A	8,2 \pm 0,1 a A
	60K	8,0 \pm 0,2 a A	8,3 \pm 0,1 a A	7,9 \pm 0,2 a A

Standort Göttingen

Der Wurzelhalsdurchmesser unterschied sich in den Versuchsjahren 2015/16 und 2016/17 nur sehr gering zwischen den Varianten (**Tab. 51**). Nur im Versuchsjahr 2016/17 zeigten sich am 3. Boniturtermin schwach signifikante Unterschiede zwischen den Varianten. Der größte Wurzelhalsdurchmesser wurde in der Variante mit permanentem Befall gemessen, diese unterschied sich jedoch nur von der Variante mit nur frühem Befall.

Tab. 51: Wurzelhalsdurchmesser (mm) (\pm SE) an den Larvenboniturterminen im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Boniturtermin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

		Wurzelhalsdurchmesser (mm) (\pmSE)		
	Befall	07.12.15 BBCH 16–17	28.01.16 BBCH 17–19	31.03.16 BBCH 51–53
2015/16	permanent	7,7 \pm 0,4 a	9,2 \pm 0,5 a	13,0 \pm 0,3 a
	ohne	7,7 \pm 0,3 a	10,4 \pm 0,7 a	12,5 \pm 0,8 a,b
	nur früh	6,5 \pm 0,3 a	8,8 \pm 0,3 a	11,1 \pm 0,4 b
	spät	7,1 \pm 0,5 a	8,8 \pm 0,3 a	12,4 \pm 0,5 a,b
	sehr spät	7,4 \pm 0,4 a	9,3 \pm 0,6 a	11,6 \pm 0,3 a,b
	Befall	28.11.16 BBCH 17–18	06.02.17 BBCH 19	29.03.17 BBCH 51–53
2016/17	permanent	7,8 \pm 0,6 a	8,3 \pm 0,4 a	8,5 \pm 0,6 a
	ohne	8,4 \pm 0,6 a	9,6 \pm 0,3 a	9,4 \pm 0,4 a
	nur früh	7,9 \pm 0,2 a	8,8 \pm 0,3 a	9,1 \pm 0,6 a
	spät	8,1 \pm 0,3 a	9,5 \pm 0,6 a	9,8 \pm 0,7 a
	sehr spät	8,6 \pm 0,3 a	9,2 \pm 0,5 a	9,1 \pm 0,2 a

4.1.8.2 Einfluss des Rapserrflohbefalls auf den Anteil der Pflanzen mit BesenwuchsStandort Braunschweig

Im Jahr 2016/17 wurde bei dem Anteil der Pflanzen mit Besenwuchssymptomen in der Variante mit 60K am T1 Besiedelungstermin ein signifikanter Unterschied zur Variante mit 20K gefunden, ebenfalls zeigte sich ein signifikanter Unterschied bei der 60K-Variante zwischen T1 und T2 Besiedelung (**Abb. 42**). Im Jahr 2017/18 unterschied sich, genau wie im Jahr 2016/17, die Variante mit 60K am 1. Boniturtermin signifikant von der 20K-Variante und der Kontrolle und von der 60K-Variante am T2 Besiedelungstermin.

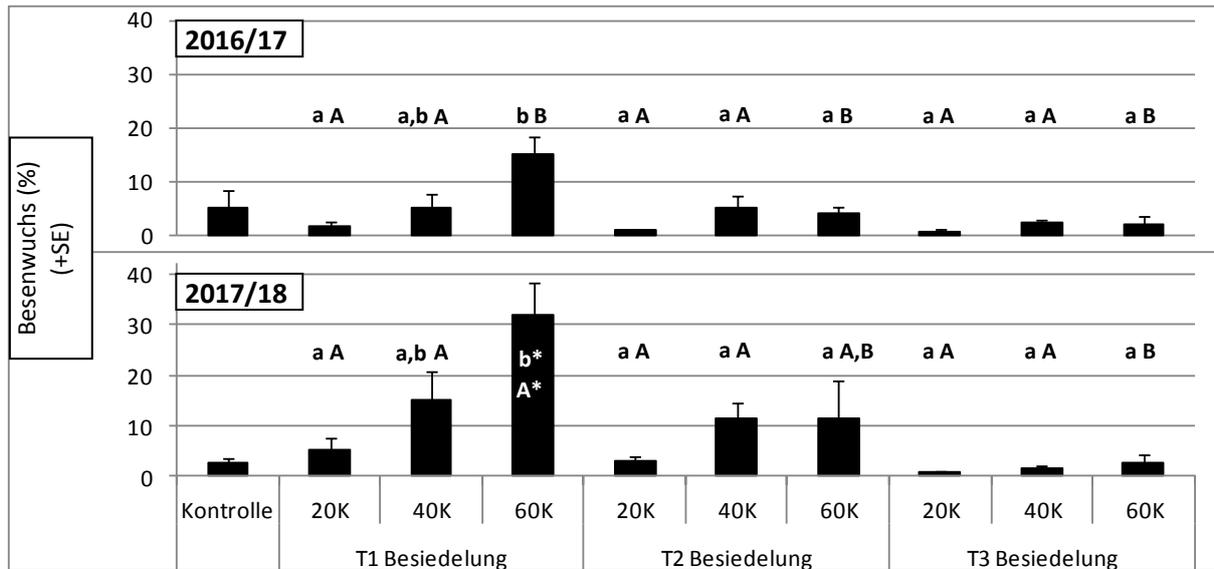


Abb. 42: Anteil der Pflanzen mit Besenwuchs (%) (±SE) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 (24.03.; BBCH 33) und 2017/18 (04.04.; BBCH 33). (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, * zeigt sign. Unterschiede gegenüber der Kontrolle, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Standort Göttingen

Auch in Göttingen kam es im Versuchsjahr 2016/17 zu stärkerem Auftreten von Besenwuchs (**Abb. 43**). Ein signifikant höherer Anteil an Pflanzen mit Besenwuchssymptomen wurde in der Variante mit permanentem und nur frühem Befall bonitiert (30,7 % bzw. 18,1 %). Die Varianten ohne Befall und mit spätem und sehr spätem Befall zeigten kaum Besenwuchssymptome.

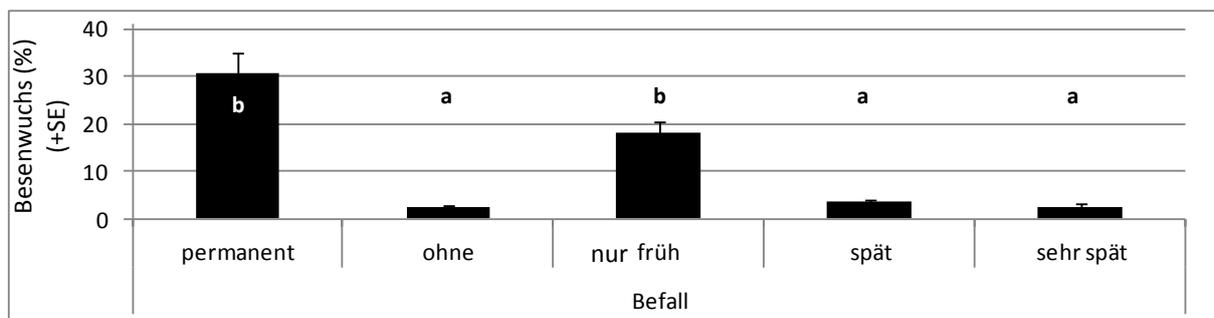


Abb. 43: Anteil der Pflanzen mit Besenwuchs (%) (±SE) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen im Jahr 2016/17 (29.03.; BBCH 51–52). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

4.1.8.3 Einfluss des Rapserrdflohbefalls auf die Bestandeshöhe

Standort Braunschweig

In Braunschweig zeigte sich im Jahr 2016/17 eine statistisch gesicherte Verringerung der Bestandeshöhe durch die Besiedelungsdichten mit 60K bei T1 Besiedelung gegenüber der 20K-Variante, der T3 Besiedelung und der Kontrolle. Auch bei der 40K-Variante wurde eine Reduktion gegenüber der 20K-Variante festgestellt (**Abb. 44**).

Im Versuchsjahr 2017/18 trat ebenfalls eine Verringerung der Bestandeshöhe durch die Besiedelungsdichte 60K bei T1 Besiedelung gegenüber der 20K-Variante, der T3 Besiedelung und der Kontrolle auf. Weiter wurde eine Verminderung der Bestandeshöhe bei der 60K-Variante zu T2 gegenüber T3 nachgewiesen.

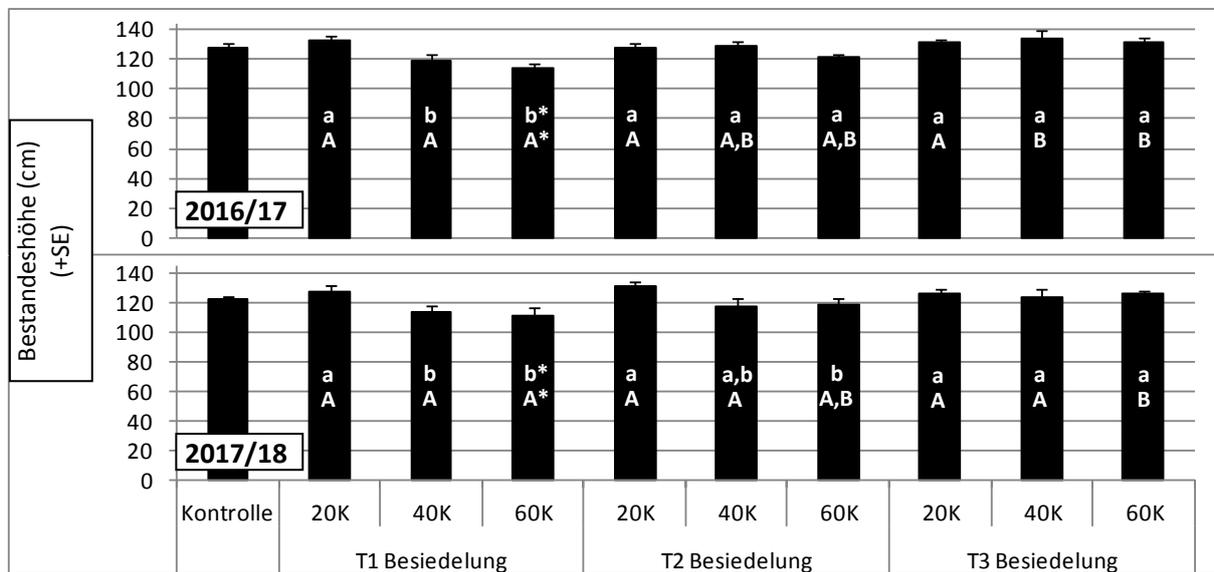


Abb. 44: Bestandeshöhe (cm) (\pm SE) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2016/17 (05.06.; BBCH 81–83) und 2017/18 (25.05.; BBCH 81). (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, * sign. Unterschiede gegenüber der Kontrolle, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Standort Göttingen

Im Befallszeitfensterversuch in Göttingen zeigten sich im Jahr 2016/17 wesentlich deutlichere Wuchshöhendepressionen als in Braunschweig (**Abb. 45**). Zwischen der Variante ohne Befall und der Variante mit sehr spätem Befall wurden keine Unterschiede bonitiert. Die stärkste signifikante Verringerung der Pflanzhöhe wurde mit 33 cm bei der Variante mit permanentem Befall im Vergleich zur Variante ohne Befall gemessen. Auch die Varianten mit nur frühem Befall und spätem Befall unterschieden sich von der Variante ohne Befall (15,5 cm bzw. 17,8 cm). Bei den Befallszeitpunkten nur früh, spät und sehr spät kam es zu gesicherten Differenzen zwischen dem frühen und sehr spätem Befall (15,2 cm).

Ergebnisse

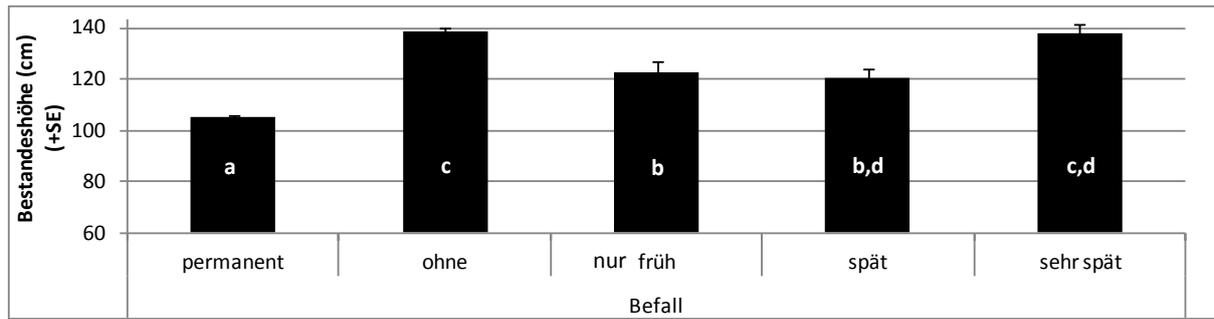


Abb. 45: Bestandeshöhe (cm) (\pm SE) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen im Jahr 2016/17 (01.06. BBCH 81). (Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

4.1.8.4 Beziehung zwischen Besenwuchssymptomen und Bestandeshöhe

Für die Pflanzenparameter Besenwuchs (%) und Bestandeshöhe (cm) wurde in Braunschweig nur im Jahr 2017/18 eine signifikant negativ lineare Beziehung hergestellt ($R^2 = 27,2\%$) (**Tab. 52**). In Göttingen war die Beziehung deutlich stärker ($R^2 = 53,9\%$).

Tab. 52: Beziehung zwischen Besenwuchssymptomen und der Bestandeshöhe im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2016/17) und im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2016/17 und 2017/18).

Korrelierte Merkmale	Jahr	r	p	R^2 (%)
Standort Braunschweig				
Besenwuchs (%) – Bestandeshöhe (cm)	2016/17	-0,338	0,700	11,4
	2017/18	-0,521	0,000	27,2
Standort Göttingen				
Besenwuchs (%) – Bestandeshöhe (cm)	2016/17	-0,734	0,000	53,9

4.1.9 Zusammenhang zwischen Larvenbefallsdichten und Bestandesparametern

Standort Braunschweig

Zwischen der Höhe des Larvenbefalls und dem Endknospenbefall am 1., 2. und 3. Boniturtermin gab es in Braunschweig einen signifikanten linearen Zusammenhang mit Ausnahme des 1. Boniturtermins im Jahr 2015/16 (**Tab. 53**). Generell war die Beziehung zwischen Larvenbefall und Endknospenbefall am 3. Boniturtermin (März–April) (2015/16 $R^2 = 34,8\%$; 2016/17 $R^2 = 70,1\%$; 2017/18 $R^2 = 42,9\%$) stärker als am 1. Boniturtermin (November–Dezember) mit Ausnahme des Jahres 2017/18, in dem die erklärte Varianz mit $R^2 = 50,1\%$ am 1. Boniturtermin höher war als am 2. Boniturtermin ($R^2 = 42,9\%$).

Beim Anteil der Pflanzen mit Besenwuchs wurde in den Jahren 2016/17 und 2017/18 mit $R^2 = 45,9\%$ und $44,1\%$ ein signifikant positiv linearer Zusammenhang zur Larvendichte am 3. Boniturtermin festgestellt. Am 2. Boniturtermin gab es nur im Jahr 2017/18 mit $R^2 = 44,7\%$ einen signifikant positiven Zusammenhang, nicht jedoch im Versuchsjahr 2016/17.

Die Höhe des Larvenbefalls pro Pflanze zeigte sowohl am 2., als auch am 3. Boniturtermin in den Jahren 2016/17 und 2017/18 eine signifikant positive Beziehung zur Auswinterung. Die erklärbare

Varianz schwankte zwischen 28,5 % und 40,0 % zwischen den Jahren und Boniturterminen. Die sehr geringen Bestimmtheitsmaße im Versuchsjahr 2015/16 sind auf die sehr geringe Auswinterung in diesem Jahr zurückzuführen.

Die Beziehung zwischen Endknospenbefall und Besenwuchs war am 3. Boniturtermin deutlich stärker als am 2. Termin. Am 3. Boniturtermin wurde eine positive Beziehung zwischen Endknospenbefall und der Auswinterung hergestellt, die im Jahr 2016/17 mit $R^2 = 45,9\%$ fast doppelt so hoch war wie 2017/18 ($R^2 = 20,5\%$).

Der Zusammenhang zwischen Auswinterung und Besenwuchs war in den Jahren 2016/17 und 2017/18 signifikant linear.

Der Endknospenbefall und die Auswinterung zeigten am 1. und 2. Boniturtermin eine positiv signifikant lineare Beziehung. Das Bestimmtheitsmaß schwankte zwischen 19,1 % und 31,7 %, wobei es tendenziell am 3. Boniturtermin etwas höher war.

Ergebnisse

Tab. 53: Beziehung zwischen Larvenbefall/Pflanze am 1., 2. und 3. Boniturtermin und Endknospenbefall, Besenwuchs und Auswinterung im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18.

Korrelierte Merkmale	n=	Jahr	r	p	R ² (%)
MW Larven/Pflanze 1. Bonitur	50	2016	0,275	0,053	7,6%
– Endknospenbefall 1. Bonitur	50	2017	0,396	0,004	15,7%
	50	2018	0,708	0,000	50,1%
MW Larven/Pflanze 2. Bonitur	50	2016	0,255	0,000	6,5%
– Endknospenbefall 2. Bonitur	50	2017	0,753	0,000	56,5%
	50	2018	0,551	0,000	30,3%
MW Larven/Pflanze 3. Bonitur	50	2016	0,584	0,000	34,8%
– Endknospenbefall 3. Bonitur	50	2017	0,838	0,000	70,1%
	50	2018	0,655	0,000	42,9%
MW Larven/Pflanze 2. Bonitur	50	2017	0,539	0,017	29,2%
– Besenwuchs %	50	2018	0,669	0,000	44,7%
MW Larven/Pflanze 3. Bonitur	50	2017	0,677	0,002	45,9%
– Besenwuchs %	50	2018	0,664	0,000	44,1%
MW Larven/Pflanze 2. Bonitur	50	2016	0,165	0,210	2,7%
– Auswinterung (%)	50	2017	0,622	0,000	38,1%
	50	2018	0,601	0,000	36,2%
MW Larven/Pflanze 3. Bonitur	50	2016	0,282	0,038	7,0%
– Auswinterung (%)	50	2017	0,633	0,000	40,0%
	50	2018	0,534	0,000	28,5%
Endknospenbefall 2. Bonitur	50	2017	0,309	0,215	9,6%
– Besenwuchs (%)	50	2018	0,313	0,223	9,8%
Endknospenbefall 3. Bonitur	50	2017	0,678	0,957	45,9%
– Besenwuchs (%)	50	2018	0,451	0,050	20,5%
Endknospenbefall 2. Bonitur	50	2017	0,519	0,000	26,9%
– Auswinterung (%)	50	2018	0,438	0,000	19,1%
Endknospenbefall 3. Bonitur	50	2017	0,563	0,000	31,7%
– Auswinterung (%)	50	2018	0,495	0,000	24,5%
Auswinterung (%)	50	2017	0,681	0,000	46,3%
– Besenwuchs (%)	50	2018	0,684	0,000	46,7%

Standort Göttingen

Im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (**Tab. 54**) zeigte sich ein dem im Besiedelungsversuch in Braunschweig ähnlicher Trend (Vgl. **Tab. 53**) beim Zusammenhang zwischen Larvenbefall und Bestandesparametern.

In den zwei Versuchsjahren wurde ein signifikant linearer Zusammenhang zwischen der Anzahl der Larven und dem Endknospenbefall errechnet. Die erklärable Varianz schwankte zwischen $R^2 = 30,1\%$

Ergebnisse

und $R^2 = 60,0\%$. Eine Ausnahme bildete, wie in Braunschweig, der 1. Larvenboniturtermin im Versuchsjahr 2015/16, an dem sich kein Zusammenhang zwischen den beiden Parametern zeigte.

Der Besenwuchs war signifikant positiv mit der Anzahl der Larven am 2. und 3. Boniturtermin korreliert. Auch zeigte die Larvendichte am 2. und 3. Boniturtermin im Versuchsjahr 2016/17 eine schwache signifikant positive Beziehung zur Auswinterung.

Zwischen Endknospenbefall und Besenwuchs bzw. Auswinterung wurde im Versuchsjahr 2016/17 eine signifikant positive Beziehung nachgewiesen. Auch zwischen der Auswinterung und Besenwuchs zeigte sich eine schwach positive Korrelation ($R^2 = 23,8\%$).

Tab. 54: Beziehung zwischen Larvenbefall/Pflanze am 1., 2. und 3. Boniturtermin und Endknospenbefall, Besenwuchs und Auswinterung im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17.

Korrelierte Merkmale	n=	Jahr	r	p	R^2 (%)
MW Larven/Pflanze 1. Bonitur	40	2016	0,213	0,000	1,6%
– Endknospenbefall 1. Bonitur	30	2017	0,675	0,001	45,5%
MW Larven/Pflanze 2. Bonitur	40	2016	0,548	0,000	30,1%
– Endknospenbefall 2. Bonitur	30	2017	0,744	0,003	55,4%
MW Larven/Pflanze 3. Bonitur	40	2016	0,775	0,000	60,0%
– Endknospenbefall 3. Bonitur	30	2017	0,642	0,001	41,2%
MW Larven/Pflanze 2. Bonitur	30	2017	0,582	0,069	33,8%
– Besenwuchs (%)					
MW Larven/Pflanze 3. Bonitur	30	2017	0,679	0,016	46,1%
– Besenwuchs (%)					
MW Larven/Pflanze 2. Bonitur	40	2016	0,077	0,957	0,5%
– Auswinterung (%)	30	2017	0,389	0,022	15,1%
MW Larven/Pflanze 3. Bonitur	40	2016	0,076	0,566	0,5%
– Auswinterung (%)	30	2017	0,463	0,006	21,4%
Endknospenbefall 2. Bonitur	30	2017	0,344	0,234	11,8%
– Besenwuchs (%)					
Endknospenbefall 3. Bonitur	30	2017	0,558	0,045	31,2%
– Besenwuchs (%)					
Pflanzen mit Endknospenbefall 2. Bonitur (%)	40	2016	0,299	0,098	9,0%
– Auswinterung (%)	30	2017	0,343	0,050	11,7%
Pflanzen mit Endknospenbefall 3. Bonitur (%)	40	2016	0,134	0,569	1,7%
– Auswinterung (%)	30	2017	0,558	0,357	31,1%
Auswinterung (%)	30	2017	0,489	0,000	23,8%
– Besenwuchs (%)					

4.1.10 Ertragsparameter an den Standorten Braunschweig und Göttingen

Standort Braunschweig

Im Versuchsjahr 2015/16 zeigten sich in Braunschweig kaum Unterschiede in der Ertragshöhe (**Tab. 55**). Die höchsten Ertragsverluste gegenüber der Kontrolle wurden durch die 60K-Variante am T1 und T2 Besiedelungstermin mit 6,4 % und 6,5 % hervorgerufen, diese waren jedoch statistisch nicht gesichert.

Im Versuchsjahr 2016/17 wurde die größte Ertragserniedrigung in Höhe von 25 % in der 60K-Variante bei früher Besiedelung (T1) gegenüber der Kontrolle gemessen und statistisch abgesichert.

Der Trend, dass hohe Käferdichten (60K) bei T1 und T2 Besiedelung die höchsten Ertragserniedrigungen hervorrufen, zeigte sich mit 11,4 % bzw. 11,5 % auch im Jahr 2017/18, der Unterschied war jedoch nicht signifikant.

Die Analyse des TKM (**Tab. 56**) lässt in allen Jahren keinen eindeutigen Trend zwischen den Varianten und Jahren erkennen.

Ergebnisse

Tab. 55: Ertrag (kg/ha) (\pm SE) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, * zeigt sign. Unterschiede gegenüber der Kontrolle, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

	Besiedelungs-termin	Besiedelungs-dichte	Ertrag (kg) (\pm SE)	Unterschied	Differenz zur Kontrolle		
					kg	%	
2015/16	Kontrolle	Kontrolle	3174,0 \pm 327,1				
	T1	20K	3037,3 \pm 158,5	a A	-136,7	-4,3	
		40K	3077,3 \pm 157,1	a A	-96,7	-3,0	
		60K	2970,7 \pm 131,5	a A	-203,3	-6,4	
	T2	20K	3212,7 \pm 121,5	a A	+38,7	+1,2	
		40K	3294,7 \pm 238,2	a A	+120,7	+3,8	
		60K	2968,0 \pm 297,0	a A	-206,0	-6,5	
	T3	20K	3128,7 \pm 90,7	a A	-45,3	-1,4	
		40K	3233,3 \pm 172,6	a A	+59,3	+1,9	
		60K	3116,7 \pm 272,1	a A	-57,3	-1,8	
	2016/17	Kontrolle	Kontrolle	3787,0 \pm 186,8			
		T1	20K	3864,7 \pm 118,6	a A	+77,7	+2,1
40K			3356,4 \pm 105,6	a,b A	-430,6	-11,4	
60K			2825,6 \pm 126,5	b* A*	-961,4	-25,4	
T2		20K	3730,9 \pm 282,9	a A	-56,1	-1,5	
		40K	3833,9 \pm 128,4	a A	+46,9	+1,2	
		60K	3566,5 \pm 207,7	a A,B	-220,5	-5,8	
T3		20K	3657,2 \pm 137,0	a A	-129,8	-3,4	
		40K	3930,9 \pm 129,6	a A	+143,9	+3,8	
		60K	3862,3 \pm 181,9	a B	+75,3	+2,0	
2017/18		Kontrolle	Kontrolle	3298,7 \pm 62,9			
		T1	20K	3272,6 \pm 164,5	a A	-26,1	-0,8
	40K		3059,5 \pm 371,4	a A	-239,2	-7,3	
	60K		2922,4 \pm 234,3	a A	-376,3	-11,4	
	T2	20K	3275,7 \pm 98,3	a A	-23,0	-0,7	
		40K	3246,1 \pm 229,3	a A	-52,6	-1,6	
		60K	2919,3 \pm 274,5	a A	-379,4	-11,5	
	T3	20K	3258,1 \pm 224,5	a A	-40,6	-1,2	
		40K	3425,5 \pm 204,0	a A	+126,8	+3,8	
		60K	3348,3 \pm 274,1	a A	+49,6	+1,5	

Tab. 56: TKM (g) (\pm SE) im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Besiedelungsdichten je Besiedelungstermin und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Besiedelungsterminen je Besiedelungsdichte und Jahr, * zeigt sign. Unterschiede gegenüber der Kontrolle, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

	Besiedelungstermin	Besiedelungsdichte	TKM (g) (\pm SE)	Unterschied	
2015/16	Kontrolle	Kontrolle	3,94 \pm 0,08		
	T1	20K	4,09 \pm 0,11	a A	
		40K	3,87 \pm 0,11	a A	
		60K	3,91 \pm 0,10	a A	
	T2	20K	4,00 \pm 0,10	a A	
		40K	4,01 \pm 0,07	a A	
		60K	4,03 \pm 0,06	a A	
	T3	20K	3,94 \pm 0,06	a A	
		40K	4,08 \pm 0,10	a A	
		60K	4,06 \pm 0,05	a A	
	2016/17	Kontrolle	Kontrolle	4,56 \pm 0,07	
		T1	20K	4,54 \pm 0,06	a A
40K			4,53 \pm 0,06	a A	
60K			4,72 \pm 0,13	a A	
T2		20K	4,61 \pm 0,06	a A	
		40K	4,42 \pm 0,06	a A	
		60K	4,62 \pm 0,08	a A	
T3		20K	4,61 \pm 0,10	a A	
		40K	4,50 \pm 0,07	a A	
		60K	4,52 \pm 0,05	a A	
2017/18		Kontrolle	Kontrolle	4,08 \pm 0,08	
		T1	20K	4,42 \pm 0,10	a A
	40K		4,28 \pm 0,10	a A	
	60K		4,44 \pm 0,09	a A	
	T2	20K	4,43 \pm 0,11	a A	
		40K	4,34 \pm 0,13	a A	
		60K	4,09 \pm 0,31	a A	
	T3	20K	4,16 \pm 0,10	a A	
		40K	4,27 \pm 0,12	a A	
		60K	4,40 \pm 0,13	a A	

Standort Göttingen

Vergleichend zu Braunschweig kam es in Göttingen zu deutlich höheren Ertragsunterschieden (**Tab. 57**). Im Versuchsjahr 2015/16 wurde in der Variante mit permanentem Befall mit -30,0 % die höchste Ertragserniedrigung im Vergleich zur Variante ohne Befall gefunden.

Im Versuchsjahr 2016/17 waren die Differenzen im Ertrag zwischen den Varianten deutlich höher als 2015/16. Bei der Variante mit permanentem Befall wurde eine signifikante Ertragserniedrigung in Höhe von 58,2 % gegenüber der Kontrolle festgestellt. Auch bei nur frühem und spätem Befall zeigte sich eine statistisch gesicherte Ertragsminderung (-39,1 % bzw. -28,9 %). Die Variante mit sehr spätem Befall zeigte keine Unterschiede zur Variante ohne Befall.

Tab. 57: Ertrag (kg/ha) (\pm SE) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

	2015/16				
Befall	permanent	ohne	nur früh	spät	sehr spät
Ertrag (kg) (\pm SE)	2151,5 \pm 308,8	3059,9 \pm 362,6	2841,8 \pm 326,5	2792,6 \pm 400,0	2463,8 \pm 364,4
sign. Unterschied	a	a	a	a	a
Differenz zur Variante ohne Befall (kg)	-918,4	-	-218,1	-267,3	-596,1
Differenz zur Variante ohne Befall (%)	-30,0	-	-7,1	-8,7	-19,5
	2016/17				
Befall	permanent	ohne	nur früh	spät	sehr spät
Ertrag (kg) (\pm SE)	1940,4 \pm 137,0	4647,6 \pm 210,7	2832,4 \pm 188,6	3306,6 \pm 178,0	4686,7 \pm 329,94
sign. Unterschied	a	b	c	c	b
Differenz zur Variante ohne Befall (kg)	-2707,2	-	-1815,2	-1341,0	+39,1
Differenz zur Variante ohne Befall (%)	-58,2	-	-39,1	-28,9	+0,8

Signifikante Unterschiede beim TKM traten nur im Versuchsjahr 2016/17 zwischen der Variante ohne Befall und der Variante mit nur frühem Befall auf (**Tab. 58**). Die Unterschiede zu den anderen Varianten waren jedoch nicht statistisch gesichert.

Tab. 58: TKM (g) (\pm SE) im Befallszeitfensterversuch in Göttingen in den Jahren 2015/16 und 2016/17. (Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Jahr	TKM (g) (\pm SE)				
Befall	permanent	ohne	nur früh	spät	sehr spät
2015/16	4,08 \pm 0,01 a	4,08 \pm 0,01 a	4,07 \pm 0,01 a	4,08 \pm 0,01 a	4,08 \pm 0,01 a
2016/17	4,63 \pm 0,06 a,b	4,47 \pm 0,06 a	4,70 \pm 0,06 b	4,53 \pm 0,08 a,b	4,45 \pm 0,11 a,b

4.2 Ergebnisse des dreijährigen Bekämpfungsversuches

4.2.1 Käferzuflug in den Bekämpfungsversuchen

Bekämpfungsversuch

Im Bekämpfungsversuch variierten Zuflugstärke und Zuflugzeitpunkt deutlich zwischen den Versuchsjahren (**Abb. 46**). Im Jahr 2015 erfolgte die Zuwanderung von *P. chrysocephala* in die Versuchsfläche erst Mitte September. Die Gelbschalenfangzahlen stiegen bis Mitte Oktober an. Im Jahr 2016 begann die Zuwanderung bereits in der ersten Septemberwoche und erreichte ihren Höhepunkt Ende September. Der Zuwanderungsbeginn im Jahr 2017 verhielt sich ähnlich wie im Jahr 2015, nur mit einem deutlich stärkeren Anstieg gegen Ende September. Die höchste Käferdichte im Vergleich der Jahre wurde im Jahr 2017 mit 40 Käfern/m² erreicht. In den Jahren 2015 und 2016

Ergebnisse

wurden mit 18 bzw. 21 Käfern/m² annähernd nur die Hälfte gezählt. Der Bekämpfungsrichtwert nach HOßFELD (1993) wurde in den Versuchsjahren an folgenden Terminen erreicht: 12.10.2015 (BBCH 15–16), 30.09.2016 (BBCH 10–16) und 16.10.2017 (BBCH 17–18). Im Versuchsjahr 2015/16 offenbarten sich deutliche Unterschiede zwischen den beiden Gelbschalentypen, so wurde der Bekämpfungsrichtwert vom runden, eingegrabenen Typ erreicht, wohingegen die nicht eingegrabene Variante den Bekämpfungsrichtwert nicht erreichte.

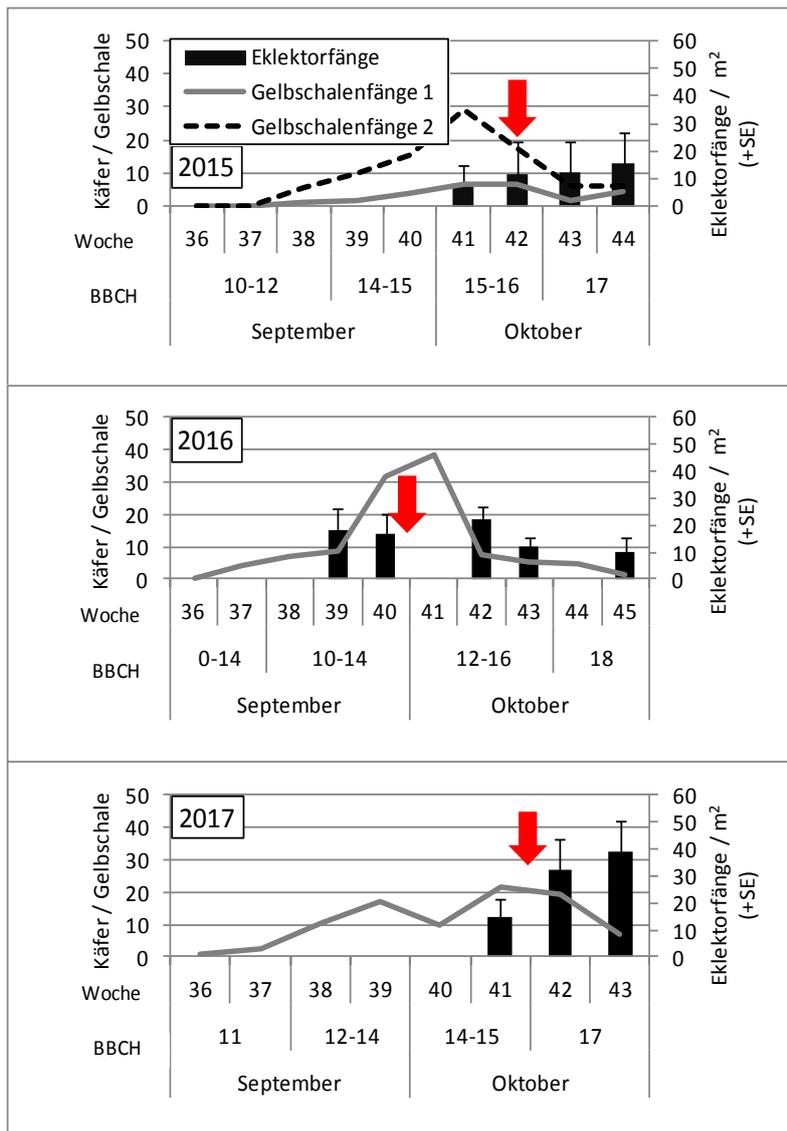


Abb. 46: Käferabundanz/m² in Eklektoren und Aktivität in Gelbschalen (Gelbschalenfänge 1 = runder Typ mit Gitter ebenerdig aufgestellt; Gelbschalenfänge 2 = runder Typ mit Gitter eingegraben) im Herbst im Bekämpfungsversuch in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017); rote Pfeile markieren die Termine der Pyrethroidapplikation; Woche = Kalenderwoche.

Gezielter Pyrethroidapplikationsversuch

Im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch (**Abb. 47**) ähnelte der Zuflug dem der Standorte des Bekämpfungsversuches in den entsprechenden Jahren (**Abb. 46**). Der Bekämpfungsrichtwert wurde an den gleichen Terminen wie im Bekämpfungsversuch erreicht und somit die Karate Zeon- Applikationen an identischen Terminen durchgeführt (30.09.2016 Ahlum (BBCH 18) und 16.10.2017 Lucklum (BBCH 18–19)). Die Käferdichte war im Jahr 2016 in Ahlum mit 28 Käfern/m² etwas höher als im Bekämpfungsversuch Sickle. In Lucklum war im Jahr 2017/18 die Käferdichte mit 40 Käfern/m² etwa so hoch wie in Ahlum im Bekämpfungsversuch. Für den Käferzuflug und die Käferdichte im Pyrethroidbekämpfungsversuch in Ahlum im Jahr 2017/18 kann der in **Abb. 46** dargestellte Zuflug des Bekämpfungsversuches in Ahlum angenommen werden, da sich die Versuche unmittelbar auf einer Fläche nebeneinander befanden.

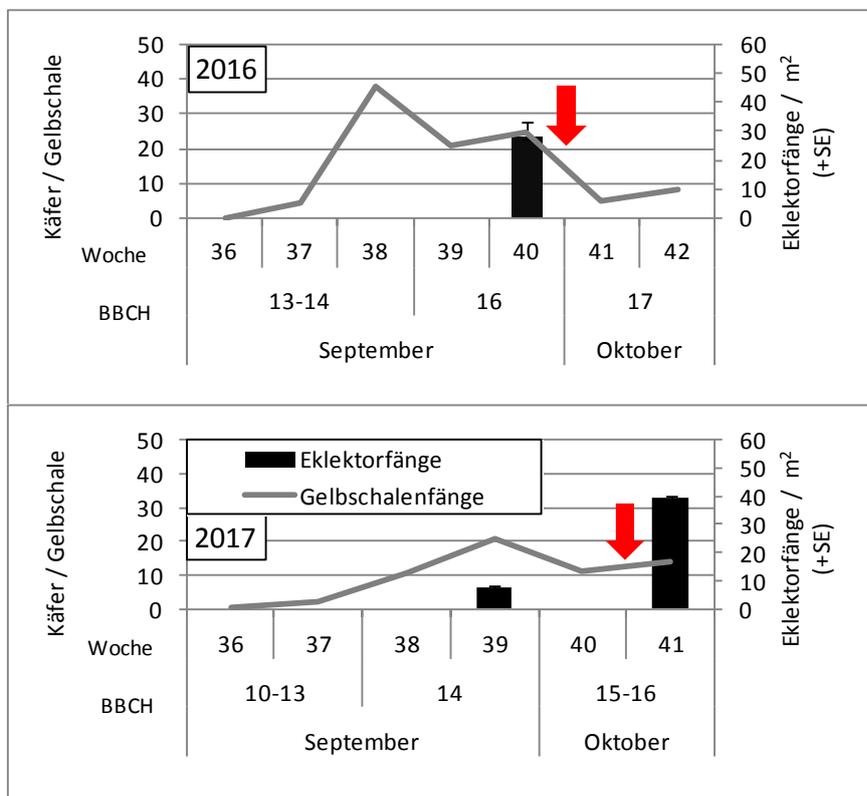


Abb. 47: Käferabundanz/m² in Eklektoren und Aktivität der Tiere in Gelbschalen im Herbst an den Standorten Ahlum (2016) und Lucklum (2017); rote Pfeile markieren die Termine für die Pyrethroidapplikationen; Woche = Kalenderwoche.

4.2.2 Fraßschäden

In den drei Versuchsjahren wurde nur ein sehr geringer Fraßschaden an den Blättern festgestellt (Tab. 59). Es gab in keinem Jahr eine Überschreitung des Fraßschadenbekämpfungsrichtwertes im Herbst. Ein Absterben oder Kümmerwuchs der Pflanzen wurde im Versuch nach dem Auflaufen der Pflanzen nicht beobachtet.

Tab. 59: Fraßschaden (%) (\pm SE) im Bekämpfungsversuch in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Boniturtermin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Gefressene Blattfläche (%)			
Hötzum 2015/16			
Bonitur	BBCH 10–13 10.09.15	BBCH 12–13 17.09.15	BBCH 14 24.09.15
Kontrolle	0,1 \pm 0,03 a	1,3 \pm 0,47 a	0,8 \pm 0,37 a
Karate Zeon	0,0 \pm 0,01 a	0,6 \pm 0,08 a	0,3 \pm 0,07 a
Elado	0,0 \pm 0,00 a	0,4 \pm 0,04 a	0,2 \pm 0,05 a
Fortenza For.	0,0 \pm 0,00 a	0,7 \pm 0,12 a	0,2 \pm 0,10 a
Sickte 2016/17			
Bonitur	BBCH 10–13 12.09.16	BBCH 10–14 19.09.16	BBCH 10–16 26.09.16
Kontrolle	1,4 \pm 0,15 a	0,5 \pm 0,08 a	1,7 \pm 0,28 a
Karate Zeon	1,6 \pm 0,24 a	0,5 \pm 0,14 a	1,8 \pm 0,44 a
Elado	0,4 \pm 0,08 a	0,3 \pm 0,04 a	0,5 \pm 0,15 a
Lumiposa	0,9 \pm 0,20 a	0,5 \pm 0,09 a	1,5 \pm 0,19 a
Integral Pro	0,8 \pm 0,22 a	0,3 \pm 0,10 a	1,1 \pm 0,19 a
Ahlum 2017/18			
Bonitur	BBCH 11 03.09.17	BBCH 17–18 10.09.17	BBCH 18 17.09.17
Kontrolle	0,2 \pm 0,13 a	0,6 \pm 0,17 a	0,3 \pm 0,14 a
Karate Zeon	0,0 \pm 0,03 a	1,0 \pm 0,33 a	0,2 \pm 0,07 a
Elado	0,1 \pm 0,05 a	0,6 \pm 0,07 a	0,3 \pm 0,06 a
Lumiposa	0,1 \pm 0,05 a	0,5 \pm 0,14 a	0,4 \pm 0,19 a
Force	0,1 \pm 0,05 a	1,0 \pm 0,15 a	0,5 \pm 0,09 a

4.2.3 Larvenabundanzen in den Bekämpfungsversuchen

Bekämpfungsversuch

Im Vergleich der Jahre war die Larvenzahl im Bekämpfungsversuch am 1. Boniturtermin im Herbst 2017 mit 5,8 Larven/Pflanze verglichen mit 2015 (2,9 Larven/Pflanze) und 2016 (4 Larven/Pflanze) am höchsten (Tab. 60).

In allen Versuchsjahren führte die Karate Zeon-Applikation zu einer signifikanten Reduktion der Larven pro Pflanze bzw. Larven pro m². Nur 2016/17 wurde durch die Elado-Variante bei den ersten beiden Larvenboniturterminen die Larvenzahl signifikant reduziert.

Ergebnisse

Tab. 60: Larvenbefall/Pflanze (\pm SE) und Larvenbefall/m² (\pm SE) an drei Boniturterminen im Bekämpfungsversuch in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Hötzum 2015/16					
	BBCH 17–19 30.11.15		BBCH 19 15.02.16	BBCH 19 15.03.16	
Bonitur	Larven/Pflanze (\pm SE)	Larven/m ² (\pm SE)	Larven/Pflanze (\pm SE)	Larven/Pflanze (\pm SE)	Larven/m ² (\pm SE)
Kontrolle	2,9 \pm 1,1 a	97,3 \pm 33,0 a	8,7 \pm 0,9 a	6,8 \pm 0,7 a	250,1 \pm 24,6 a
Karate Zeon	1,4 \pm 0,4 a	59,6 \pm 18,0 a	1,9 \pm 0,1 b	1,5 \pm 0,3 b	64,4 \pm 14,0 b
Elado	1,7 \pm 0,3 a	86,1 \pm 14,2 a	7,2 \pm 0,4 a	7,5 \pm 0,7 a	363,3 \pm 20,5 a
Fortenza For.	1,6 \pm 0,3 a	92,8 \pm 25,5 a	8,4 \pm 1,1 a	5,9 \pm 0,7 a	309,3 \pm 36,0 a
Sickte 2016/17					
	BBCH 17–19 07.11.16		BBCH 19 06.02.17	BBCH 30–33 21.03.17	
Bonitur	Larven/Pflanze (\pm SE)	Larven/m ² (\pm SE)	Larven/Pflanze (\pm SE)	Larven/Pflanze (\pm SE)	Larven/m ² (\pm SE)
Kontrolle	4 \pm 0,4 a	168,2 \pm 42,5 a	4,8 \pm 2,1 a	7,5 \pm 0,7 a	305,9 \pm 76,5 a
Karate Zeon	1,6 \pm 0,3 a,b	61,8 \pm 7,6 b	1,8 \pm 0,4 b	2,1 \pm 0,5 b	96,3 \pm 35,7 b
Elado	0,9 \pm 0,3 b	49 \pm 17,9 b	2,2 \pm 0,5 a,b	5,8 \pm 0,5 a	320,7 \pm 15,8 a
Lumiposa	3,9 \pm 0,2 a	192 \pm 18,3 a	4,5 \pm 1,2 a	8,2 \pm 1,8 a	412,1 \pm 102,9 a
Integral Pro	4,7 \pm 0,3 a	208,2 \pm 30,0 a	4,7 \pm 1,2 a	7,8 \pm 1,1 a	369,2 \pm 97,0 a
Ahlum 2017/18					
	BBCH 18 17.11.17		BBCH 19 23.01.18	BBCH 30 15.03.18	
Bonitur	Larven/Pflanze (\pm SE)	Larven/m ² (\pm SE)	Larven/Pflanze (\pm SE)	Larven/Pflanze (\pm SE)	Larven/m ² (\pm SE)
Kontrolle	5,8 \pm 0,5 a	219,5 \pm 14,2 a	7,7 \pm 0,8 a	8,6 \pm 1,4 a	254,6 \pm 43,0 a
Karate Zeon	0,5 \pm 0,1 b	18,5 \pm 3,4 b	1,2 \pm 0,2 b	1,0 \pm 0,1 b	38,2 \pm 4,3 b
Elado	5,6 \pm 0,1 a	244,4 \pm 21,5 a	9,1 \pm 1,5 a	9,0 \pm 1,7 a	343,7 \pm 54,4 a
Lumiposa	4,7 \pm 0,7 a	193,9 \pm 38,2 a	7,6 \pm 1,3 a	7,6 \pm 1,1 a	223,0 \pm 47,9 a
Force	5,7 \pm 1,0 a	231,1 \pm 42,6 a	8,7 \pm 0,4 a	7,7 \pm 0,8 a	239,9 \pm 47,9 a

Gezielter Pyrethroidapplikationsversuch

In Ahlum 2016/17 wurde am 1. Boniturtermin mit 12,1 Larven/Pflanze die höchste Larvenzahl pro Pflanze vergleichend zu Ahlum 2017/18 (5,0 Larven/Pflanze) und Lucklum 2017/18 (4,0 Larven/Pflanze) im Jahr 2017/18 ermittelt (**Tab. 61**). Im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch wurde analog zum Bekämpfungsversuch eine signifikante Verringerung der Larvenzahl pro Pflanze und Larvenzahl pro m² an allen Boniturterminen durch eine Karate Zeon-Spritzung nachgewiesen. Die stärkste Reduktion der Larvenzahl in Höhe von 11,3 Larven/Pflanze im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle wurde im Jahr 2016/17 in Ahlum am 1. Boniturtermin bonitiert.

Tab. 61: Larvenbefall/Pflanze (\pm SE) und Larvenbefall/m² (\pm SE) im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Ahlum 2016/17					
Bonitur	BBCH 17–18; 08.12.16		BBCH 19; 08.01.17	BBCH 31–32; 21.03.17	
Kontrolle	12,1 \pm 1,7 a	341,8 \pm 52,6 a	9,8 \pm 0,8 a	7,1 \pm 0,9 a	169 \pm 18,9 a
Karate Zeon	0,8 \pm 0,4 b	32,2 \pm 14,4 b	1,0 \pm 0,3 b	0,6 \pm 0,2 b	18,5 \pm 5,5 b
Ahlum 2017/18					
Bonitur	BBCH 18–19; 21.11.17		BBCH 19; 19.02.18	BBCH 19; 15.03.18	
Kontrolle	5,0 \pm 0,3 a	242,5 \pm 9,4 a	9,4 \pm 0,9 a	6,1 \pm 1,9 a	220,1 \pm 67,5 a
Karate Zeon	0,4 \pm 0,1 b	19,8 \pm 6,5 b	0,6 \pm 0,2 b	0,7 \pm 0,2 b	33,5 \pm 10,9 b
Lucklum 2017/18					
Bonitur	BBCH 16–17; 17.11.17		BBCH 18; 16.01.18	BBCH 18; 15.03.18	
Kontrolle	4,0 \pm 0,3 a	184,8 \pm 19,2 a	4,9 \pm 1,0 a	3,8 \pm 0,3 a	170,4 \pm 16,8 a
Karate Zeon	0,9 \pm 0,2 b	39,3 \pm 6,8 b	0,6 \pm 0,2 b	0,6 \pm 0,2 b	17,2 \pm 4,9 b

4.2.4 Altersstruktur der Larven im Bekämpfungsversuch

In den drei Versuchsjahren zeigte sich kein klarer Effekt der verschiedenen Varianten auf die Altersstruktur der Larven (**Tab. 62**). Bei der Herbstbonitur wurden überwiegend L1 gefunden. L3 traten im Herbst in allen Versuchsjahren nur zu einem sehr geringen Anteil auf. Zum Frühjahr verschob sich das Verhältnis zu höheren Larvenstadien (L2 und L3). Es gab jedoch immer noch einen hohen Anteil L1. Ähnlich wie im Besiedelungsversuch in Braunschweig (Vgl. Kap. 4.1.5.2) wurde auch im Bekämpfungsversuch im Jahr 2017/18 am 3. Boniturtermin, ein im Vergleich zu den anderen beiden Versuchsjahren, hoher Anteil L1 festgestellt.

Tab. 62: Prozentualer Anteil der Larvenstadien im Bekämpfungsversuch(%) in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18).

	Hötzum 2015/16											
	BBCH 17–19; 30.11.15				BBCH 19; 15.02.16				BBCH 19; 15.03.16			
	L1	L2	L3	n=	L1	L2	L3	n=	L1	L2	L3	n=
Kontrolle	85,3	14,7	0,0	115	62,0	33,9	4,0	320	55,1	34,7	10,2	251
Karate Zeon	90,3	9,7	0,0	59	19,6	66,4	14,0	70	22,4	57,0	20,6	46
Elado	95,5	4,5	0,0	65	64,9	29,0	6,1	281	33,4	33,3	33,3	290
Fortenza For.	92,1	6,3	1,6	60	63,0	30,7	6,3	220	49,5	36,2	14,2	221
	Sickte 2016/17											
	BBCH 17–19; 07.11.16				BBCH 19; 06.02.17				BBCH 30–33; 31.03.17			
	L1	L2	L3	n=	L1	L2	L3	n=	L1	L2	L3	n=
Kontrolle	71,3	26,9	1,9	108	72,4	27,6	0,0	228	33,6	47,4	19,0	243
Karate Zeon	81,4	18,6	0,0	59	94,1	5,9	0,0	72	40,0	57,4	2,6	75
Elado	79,2	20,8	0,0	15	68,5	31,5	0,0	108	75,8	24,2	0,0	248
Lumiposa	77,5	22,5	0,0	115	85,2	14,8	0,0	176	46,8	47,4	5,8	293
Integral Pro	84,6	14,6	0,8	115	79,8	20,2	0,0	460	42,2	43,2	14,6	301
	Ahlum 2017/18											
	BBCH 18; 17.11.17				BBCH 19; 23.01.18				BBCH 30; 15.03.18			
	L1	L2	L3	n=	L1	L2	L3	n=	L1	L2	L3	n=
Kontrolle	93,7	5,9	0,5	205	70,6	27,9	1,5	272	70,3	25,1	4,6	283
Karate Zeon	83,3	16,7	0,0	12	81,4	18,6	0,0	43	71,9	15,6	12,5	32
Elado	82,7	16,8	0,5	185	73,2	25,8	1,0	314	78,4	19,1	2,5	319
Lumiposa	81,6	16,8	1,6	190	70,4	24,5	5,0	318	68,8	29,4	1,8	279
Force	91,2	8,8	0,0	125	76,1	23,2	0,7	280	69,3	23,4	7,3	261

4.2.5 Bestandesdichte (Pflanzen/m²) in den Bekämpfungsversuchen

Bekämpfungsversuch

In den Versuchsjahren 2015/16 und 2016/17 war die Zahl der aufgelaufenen Pflanzen in der Elado- und in der Fortenza Force-Variante bzw. Lumiposa-Variante deutlich höher als in der Kontrollvariante (**Tab. 63**). Im Jahr 2015/16 waren die Differenzen statistisch gesichert. Im Jahr 2016/17 konnten die Unterschiede aufgrund starker Trockenheit und damit verbundenem heterogenem Auflauf nicht statistisch abgesichert werden. Auch im Versuchsjahr 2017/18 wurde in der Elado-Variante ein im Vergleich zur Kontrolle leicht erhöhter Auflauf festgestellt. Tendenziell zeigten alle Beizvarianten in allen Versuchsjahren einen leicht erhöhten Auflauf.

Ergebnisse

Tab. 63: Bestandesdichte (Pflanzen/m²) (\pm SE) im Herbst im Bekämpfungsversuch an den Standorten Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

	Hötzum 2015/16		
	BBCH 10–12; 03.09.	BBCH 10–13; 10.09.	BBCH 12–13; 17.09.
Kontrolle	33,7 \pm 3,9 a	38,6 \pm 3,7 a	38,9 \pm 5,9 a
Karate Zeon	35,1 \pm 1,8 a,b	39,2 \pm 2,6 a,b	43,5 \pm 3,7 a
Elado	49,1 \pm 1,8 a,b	52,4 \pm 1,7 a,b	52,5 \pm 1,9 a
Fortenza For.	50,2 \pm 5,8 b	53,8 \pm 6,6 b	52,9 \pm 7,5 a
	Sickte 2016/17		
	BBCH 0–14; 08.09.	BBCH 10–14; 15.09.	BBCH 10–16; 13.10.
Kontrolle	25,2 \pm 11,2 a	35,1 \pm 6,9 a	40,1 \pm 6,3 a
Karate Zeon	20,6 \pm 13,7 a	35 \pm 10,7 a	41,3 \pm 6,1 a
Elado	37,2 \pm 14,1 a	57 \pm 5,2 a	55,3 \pm 2,9 a
Lumiposa	32,1 \pm 20,6 a	53,7 \pm 13,2 a	49,9 \pm 5,4 a
Integral Pro	15,3 \pm 8,0 a	39,7 \pm 4,2 a	45,4 \pm 6,8 a
	Ahlum 2017/18		
	BBCH 11; 04.09.	BBCH 17–18; 09.10.	
Kontrolle	37,3 \pm 1,6 a	38,3 \pm 2,6 a	
Karate Zeon	38,5 \pm 3,4 a	39,0 \pm 1,6 a	
Elado	45,2 \pm 2,9 a	43,8 \pm 3,5 a	
Lumiposa	41,5 \pm 3,1 a	40,4 \pm 2,1 a	
Force	44,3 \pm 1,2 a	40,4 \pm 1,2 a	

Der Vergleich der Frühjahrs- und Herbstbonitur (**Tab. 64**) zeigt, dass es nur im Versuchsjahr 2017/18 zu einem deutlichen Pflanzenverlust während des Winters kam. Dieser war in der Karate Zeon-Variante mit 4,4 % am geringsten, gefolgt von der Elado-Variante mit 10,0 %. Die Verluste der Kontrolle, Lumiposa- und Force-Variante waren signifikant höher und lagen bei ca. 25 %. In den Versuchsjahren 2015/16 und 2016/17 gab es kaum Auswinterungsverluste.

Ergebnisse

Tab. 64: Bestandesdichten (Pflanzen/m²) (\pm SE) und Pflanzenverluste (%) (Pflanzenzahl Herbst – Frühjahr) im Bekämpfungsversuch in Hötzum (2015/16), Sichte (2016/17) und Ahlum (2017/18) (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen Boniturterminen je Variante und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Hötzum 2015/16					
	Kontrolle	Karate Zeon	Elado	Fortenza	
Pflanzenzahl (\pmSE) BBCH 12–13; 17.09.15	38,9 \pm 5,9 a	43,5 \pm 3,7 a	52,5 \pm 1,9 a	54,9 \pm 2,0 a	
Pflanzenzahl (\pmSE) BBCH 33; 24.03.16	38,2 \pm 5,5 a	43,5 \pm 3,7 a	49,1 \pm 2,4 a	52,6 \pm 6,0 b	
Pflanzenverluste (%)	-1,8	0,0	-7,2	-4,1	
Sichte 2016/17					
	Kontrolle	Karate Zeon	Elado	Lumiposa	Integral Pro
Pflanzenzahl (\pmSE) BBCH 10–16; 13.10.16	40,1 \pm 6,3 a	41,3 \pm 6,1 a	55,3 \pm 2,9 a	49,9 \pm 5,4 a	45,4 \pm 6,8 a
Pflanzenzahl (\pmSE) BBCH 33-35; 27.03.17	38,9 \pm 6,4 a	42,9 \pm 6,0 a	55,7 \pm 2,6 a	48,4 \pm 5,9 a	44,3 \pm 7,4 a
Pflanzenverluste (%)	-3,0	3,9	0,7	-3,0	-2,4
Ahlum 2017/18					
	Kontrolle	Karate Zeon	Elado	Lumiposa	Force
Pflanzenzahl (\pmSE) BBCH 17–18; 09.10.17	38,3 \pm 2,6 a	39 \pm 1,6 a	43,8 \pm 3,5 a	40,4 \pm 2,1 a	40,4 \pm 1,2 a
Pflanzenzahl (\pmSE) BBCH 50; 02.04.18	29,8 \pm 2,4 b	37,3 \pm 0,8 a	39,4 \pm 4,1 a	29,2 \pm 4,7 b	30,6 \pm 4,3 b
Pflanzenverluste (%)	-22,2	-4,4	-10,0	-27,7	-24,3

Gezielter Pyrethroidapplikationsversuch

Im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch war die Bestandesdichte nur im Herbst 2016/17 in der Karate Zeon-Variante im Vergleich zur Kontrolle signifikant erhöht (**Tab. 65**). Im Jahr 2017/18 wurden keine Unterschiede bei der Herbstzählung festgestellt.

Im Jahr 2016/17 gab es ca. 10 % Pflanzenverluste während des Winters, ohne Unterschiede zwischen den Varianten. Bei der Frühjahrsbonitur wurden im Jahr 2017/18 sowohl in Ahlum als auch in Lucklum signifikante Pflanzenverluste in der Kontrolle festgestellt, wohingegen es in der Karate Zeon-Variante kaum Verluste gab.

Tab. 65: Bestandesdichten (Pflanzen/m²) (\pm SE) und Pflanzenverluste (%) (Pflanzenzahl Herbst – Frühjahr) im Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18). (Unterschiedliche kleine Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Boniturterminen je Variante und Jahr, unterschiedliche große Buchstaben zwischen den Varianten je Termin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

	Ahlum 2016/17	
	Kontrolle	Karate Zeon
Pflanzenzahl (\pmSE) BBCH 16; 08.10.16	25,9 \pm 0,5 a A	32,3 \pm 0,9 a B
Pflanzenzahl (\pmSE) BBCH 34; 27.03.17	23 \pm 0,4 a A	29,3 \pm 0,5 a A
Pflanzenverluste (%)	-11,2	-9,3
	Ahlum 2017/18	
Pflanzenzahl (\pmSE) BBCH 17; 10.10.17	48,4 \pm 1,0 a A	48,8 \pm 1,2 a A
Pflanzenzahl (\pmSE) BBCH 51; 02.04.18	37,0 \pm 1,4 b A	46 \pm 0,8 a B
Pflanzenverluste (%)	-23,6	-5,7
	Lucklum 2017/18	
Pflanzenzahl (\pmSE) BBCH 17; 10.10.17	45,4 \pm 0,9 a A	46,0 \pm 1,9 a A
Pflanzenzahl (\pmSE) BBCH 51; 02.04.18	28,2 \pm 2,3 b A	44,6 \pm 1,8 a B
Pflanzenverluste (%)	-37,9	-3,0

4.2.6 Wurzelhalsdurchmesser in den Bekämpfungsversuchen

Bekämpfungsversuch

Im Bekämpfungsversuch wurden keine Unterschiede zwischen den Wurzelhalsdurchmessern der Varianten gemessen (**Tab. 66**).

Tab. 66: Wurzelhalsdurchmesser (mm) (\pm SE) im Bekämpfungsversuch an den Standorten Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Boniturtermin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

Wurzelhalsdurchmesser (mm) (\pm SE)			
Hötzum 2015/16			
	BBCH 17–19 30.11.15	BBCH 19 15.02.16	BBCH 19 15.03.16
Kontrolle	12,5 \pm 0,5 a	16,3 \pm 0,9 a	17,3 \pm 0,5 a
Karate Zeon	10,9 \pm 0,4 a	14,5 \pm 2,4 a	19,1 \pm 0,2 a
Elado	11,5 \pm 0,4 a	14,6 \pm 2,7 a	16,6 \pm 2,8 a
Fortenza For.	11,4 \pm 0,3 a	14,3 \pm 0,4 a	14,2 \pm 2,7 a
Sickte 2016/17			
	BBCH 17–19 07.11.16	BBCH 19 06.02.17	BBCH 30–33 21.03.17
Kontrolle	5,8 \pm 0,5 a	8,3 \pm 0,8 a	10,2 \pm 0,6 a
Karate Zeon	6,5 \pm 0,3 a	9,2 \pm 0,7 a	10,0 \pm 1,1 a
Elado	6,4 \pm 0,5 a	9,4 \pm 0,2 a	9,8 \pm 0,8 a
Lumiposa	6,1 \pm 0,2 a	8,3 \pm 0,4 a	10,2 \pm 0,9 a
Integral Pro	6,0 \pm 0,2 a	7,7 \pm 0,4 a	8,6 \pm 0,3 a
Ahlum 2017/18			
	BBCH 18 17.11.17	BBCH 19 23.01.18	BBCH 30 15.03.18
Kontrolle	12,2 \pm 0,5 a	12,7 \pm 0,6 a	13,2 \pm 0,5 a
Karate Zeon	11,7 \pm 0,4 a	12,2 \pm 0,4 a	12,4 \pm 0,2 a
Elado	11,0 \pm 0,5 a	12,9 \pm 0,7 a	12,5 \pm 0,3 a
Lumiposa	11,4 \pm 0,2 a	12,3 \pm 0,7 a	12,8 \pm 0,4 a
Force	11,9 \pm 0,5 a	13,0 \pm 0,1 a	11,4 \pm 0,4 a

Gezielter Pyrethroidapplikationsversuch

Auch beim gezielten Pyrethroidapplikationsversuch wurden keine Unterschiede beim Wurzelhalsdurchmesser gefunden (**Tab. 67**).

Tab. 67: Wurzelhalsdurchmesser (mm) (\pm SE) im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Boniturtermin und Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

	Wurzelhalsdurchmesser (mm) (\pm SE)		
Ahlum 2016/17	BBCH 17–18; 08.12.16	BBCH 19; 08.01.17	BBCH 31–32; 21.03.17
Kontrolle	10,1 \pm 0,9 a	11,6 \pm 1,3 a	12,5 \pm 0,6 a
Karate Zeon	9,3 \pm 0,7 a	11,3 \pm 0,1 a	12,5 \pm 1 a
Ahlum 2017/18	BBCH 18–19; 21.11.17	BBCH 19; 19.02.18	BBCH 19; 15.03.18
Kontrolle	10,1 \pm 0,5 a	10,9 \pm 0,1 a	12,2 \pm 0,1 a
Karate Zeon	10,2 \pm 0,2 a	11,4 \pm 0,5 a	11,6 \pm 0,5 a
Lucklum 2017/18	BBCH 16–17; 17.11.17	BBCH 18; 16.01.18	BBCH 18; 15.03.18
Kontrolle	7,8 \pm 0,3 a	8,4 \pm 0,3 a	9,9 \pm 0,6 a
Karate Zeon	8 \pm 0,4 a	8 \pm 0,4 a	10,6 \pm 0,4 a

4.2.7 Einfluss auf Bestandeshöhe und ArchitekturBekämpfungsversuch

Die Bestandeshöhe unterschied sich im Jahr 2016/17 signifikant zwischen der Kontrolle und den Varianten Karate Zeon, Elado und Lumiposa (**Tab. 68**). Bei Integral Pro wurde auf Grund hoher Variabilität kein Unterschied gefunden. Auch im Versuchsjahr 2017/18 gab es keine Unterschiede zwischen den Varianten.

Vergleichend zwischen den Jahren war der Anteil der Pflanzen mit Besenwuchs im Jahr 2017/18 deutlich höher als 2016/17 (44,8 % in der Kontrolle). Eine signifikante Reduktion des Besenwuchses gegenüber der Kontrolle wurde 2017/18 durch die Karate Zeon-Variante hervorgerufen.

Tab. 68: Bestandeshöhe (cm) (\pm SE) (13.06.17; BBCH 82 und 18.06.18 BBCH 80–83) und Besenwuchs (%) (\pm SE) (22.03.17; BBCH 30 und 19.04.18; BBCH 31–32) in Sichte (2016/17) und Ahlum (2017/18) (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

	Sichte 2016/17				
	Kontrolle	Karate Zeon	Elado	Lumiposa	Integral Pro
Bestandeshöhe (cm) (\pmSE)	134,9 \pm 0,7 a	142,9 \pm 1,9 b	147,1 \pm 1,9 b	150,1 \pm 1,6 b	143,2 \pm 5,3 a,b
Besenwuchs (%) (\pmSE)	8,7 \pm 11,5 a	8,0 \pm 7,7 a	10,4 \pm 7,1 a	7,3 \pm 10,0 a	5,1 \pm 2,8 a
	Ahlum 2017/18				
	Kontrolle	Karate Zeon	Elado	Lumiposa	Force
Bestandeshöhe (cm) (\pmSE)	145,6 \pm 3,8 a	158,4 \pm 3,0 a	144,4 \pm 4,3 a	146,6 \pm 3,5 a	146,9 \pm 5,3 a
Besenwuchs (%) (\pmSE)	44,4 \pm 8,0 a	5,2 \pm 2,5 b	22,8 \pm 11,9 a,b	36,4 \pm 11,0 a,b	37,1 \pm 8,2 a,b

Gezielter Pyrethroidapplikationsversuch

Analog zum Bekämpfungsversuch gab es auch im Pyrethroidbekämpfungsversuch in Ahlum deutliche Unterschiede beim Anteil der Pflanzen mit Besenwuchs zwischen den Jahren 2016/17 und 2017/18 (15,0 vs. 66,5 % Besenwuchs) (**Tab. 69**). Die gezielte Karate Zeon-Spritzung reduzierte den Anteil der Pflanzen mit Besenwuchs in den drei Versuchen in allen Jahren signifikant.

Tab. 69: Besenwuchs (%) (\pm SE) im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch an den Standorten Ahlum (27.03.17; BBCH 31–32 und 19.04.18; BBCH 60) und Lucklum (19.04.18 BBCH 51–53). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

	Ahlum 2016/17	
	Kontrolle	Karate Zeon
Besenwuchs (%) (\pmSE)	15,0 \pm 2,0 a	2,0 \pm 0,7 b
	Ahlum 2017/18	
Besenwuchs (%) (\pmSE)	66,5 \pm 3,9 a	1,8 \pm 0,9 b
	Lucklum 2017/18	
Besenwuchs (%) (\pmSE)	38,5 \pm 6,9 a	5,7 \pm 1,8 b

4.2.8 Beziehung zwischen Larvenbefall, Bedeckungsgrad und dem Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum

Im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum zeigte die Karate Zeon-Variante in beiden Versuchsjahren sowohl einen signifikanten Einfluss auf den prozentualen Bedeckungsgrad der Pflanzen, als auch auf den NDVI.

Zwischen dem 1. und 2. Boniturtermin im Jahr 2017/18 kam es in der Karate Zeon-Behandlung zu einem Zuwachs im Bedeckungsgrad von +6,8 % (+10,2 %) und beim NDVI +0,072 (+36,8 %). Im Kontrast hierzu war der Bedeckungsgrad in der Kontrolle um -16,2 % (-10,2 %) und der NDVI -0,023 (-15,3 %) geringer (**Tab. 70**).

Tab. 70: Bedeckungsgrad (%) (\pm SE) und NDVI (\pm SE) im gezielten Pyrethroidbekämpfungsversuch in Ahlum in den Jahren 2016/17 und 2017/18. (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

	2016/17		2017/18	
	08.03.17; BBCH 19		13.03.18; BBCH 19	
	Kontrolle	Karate Zeon	Kontrolle	Karate Zeon
Bedeckung (%) (\pmSE)	30,0 \pm 1,8 A	40,7 \pm 0,9 B	57,8 \pm 3,5 A	66,7 \pm 3,9 B
NDVI	-	-	0,150 \pm 0,023 A	0,196 \pm 0,025 B
	n.a.		04.04.18; BBCH 31	
			Kontrolle	Karate Zeon
Bedeckung (%) (\pmSE)			41,6 \pm 3,7 A	73,5 \pm 3,8 B
NDVI			0,137 \pm 0,010 A	0,269 \pm 0,018 B

Wie **Tab. 71** zeigt, gab es eine signifikant lineare Beziehung zwischen der Larvenzahl pro Pflanze am 1. und 2. Boniturtermin und dem Bedeckungsgrad. Im Versuchsjahr 2016/17 war die Beziehung mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 95,5$ % für den 2. Larvenboniturtermin im Vergleich der beiden Jahre am stärksten.

Tab. 71: Beziehung zwischen Larvenbefall und Bedeckungsgrad im Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum in den Jahren 2016/17 und 2017/18.

	Korrelierte Merkmale	n=	r	p	R^2 (%)
2016/17	MW Larven/Pflanze 1. Bonitur – MW Bedeckungsgrad (08.03.17)	8	0,872	0,001	76,0
	MW Larven/Pflanze 2. Bonitur – MW Bedeckungsgrad (08.03.17)	8	0,977	0,000	95,5
2017/18	MW Larven/Pflanze 1. Bonitur – MW Bedeckungsgrad (13.03.18)	8	0,652	0,043	42,5
	MW Larven/Pflanze 2. Bonitur – MW Bedeckungsgrad (13.03.18)	8	0,613	0,060	37,5
	MW Larven/Pflanze 1. Bonitur – MW Bedeckungsgrad (04.04.18)	8	0,949	0,001	90,1
	MW Larven/Pflanze 2. Bonitur – MW Bedeckungsgrad (04.04.18)	8	0,904	0,001	81,8

4.2.9 Zeitlicher Verlauf und Summe des Jungkäferschlupfes

Der Jungkäferschlupf begann in den Bekämpfungsversuchen in den drei untersuchten Jahren zwischen der 23. und 24. Kalenderwoche. Dieser Zeitpunkt entsprach einem BBCH-Stadium von 79–80 (**Abb. 48**, **Abb. 49**). Der Höhepunkt des Schlupfes erfolgte zwischen der 25. und 27. Kalenderwoche (BBCH 82–84) mit leichten Verschiebungen zwischen den Jahren. Mit dem Ende der Samenreife (BBCH 89) endete auch der Jungkäferschlupf. In der Höhe des Jungkäferschlupfes zeigte nur die Karate Zeon-Variante eine deutlich flachere Verlaufskurve als die anderen Varianten.

In allen Versuchsjahren des Bekämpfungsversuchs und des gezielten Pyrethroidapplikationsversuchs wurde nur in der Karate Zeon-Variante der Jungkäferschlupf signifikant reduziert. Die anderen Varianten zeigten keinen Einfluss (**Tab. 72** und **Tab. 73**).

Bekämpfungsversuch

Tab. 72: Jungkäferschlupfsummen/m² (±SE) in den Bekämpfungsversuchen in Hötzum (2015/16), Sickinge (2016/17) und Ahlum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest (p ≤ 0,05)).

	2015/16 Hötzum				
	Kontrolle	Karate Zeon	Elado	Fortenza For	
Jungkäfer/m ² (±SE)	82,0 ± 20,3 a	10,0 ± 1,8 b	65,5 ± 21,2 a	128,0 ± 21,6 a	
	2016/17 Sickinge				
	Kontrolle	Karate Zeon	Elado	Lumiposa	Integral Pro
Jungkäfer/m ² (±SE)	156,5 ± 19,9 a	28,5 ± 11,4 b	270,0 ± 52,8 a	108,0 ± 22,3 a	167,5 ± 17,3 a
	2017/18 Ahlum				
	Kontrolle	Karate Zeon	Elado	Lumiposa	Force
Jungkäfer/m ² (±SE)	306,5 ± 30,9 a	46,0 ± 9,7 b	314,0 ± 69,5 a	287,1 ± 59,5 a	342,5 ± 80,1 a

Gezielter Pyrethroidapplikationsversuch

Tab. 73: Jungkäferschlupfsummen/m² (±SE) in den gezielten Pyrethroidapplikationsversuchen in Ahlum (2016/17) und Lucklum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest (p ≤ 0,05)).

	Käfer/m ²	
Standort (Jahr)	Kontrolle	Karate Zeon
Ahlum 2017 (Pyrethroid)	60,5 ± 5,5 a	17,5 ± 4,9 b
Lucklum 2018 (Pyrethroid)	166,5 ± 25,8 a	16,5 ± 2,2 b

Bekämpfungsversuch

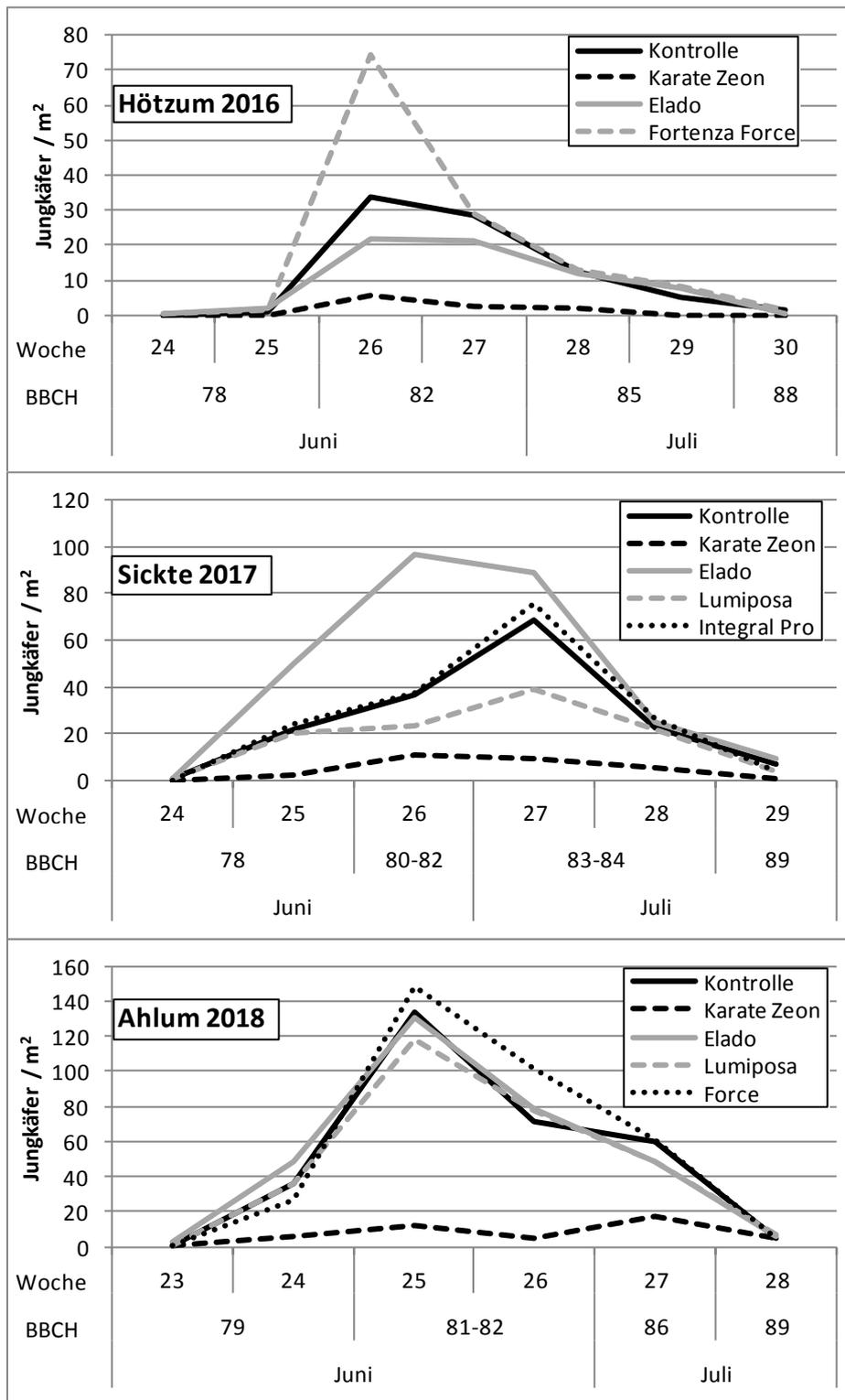


Abb. 48: Zeitlicher Verlauf des Jungkäferschlupfes/m² in den Bekämpfungsversuchen in Hötzum (2016), Sickinge (2017) und Ahlum (2018).

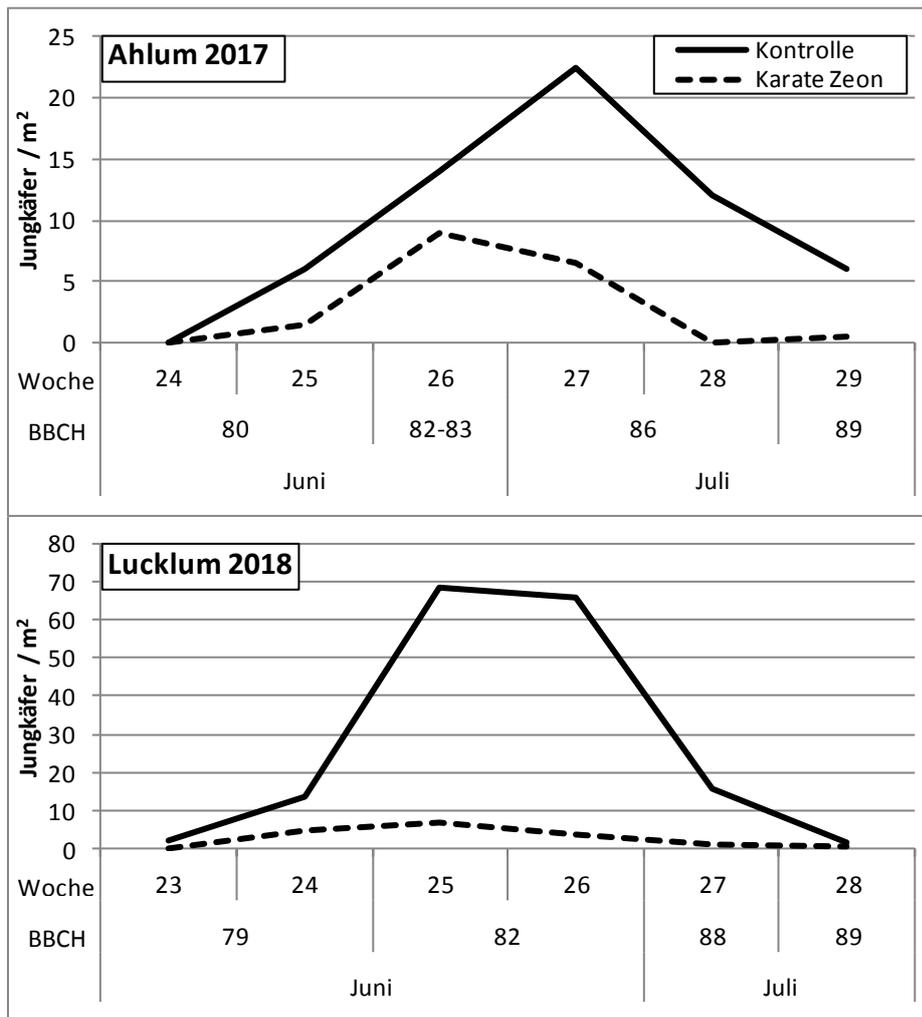
Gezielter Pyrethroidapplikationsversuch

Abb. 49: Zeitlicher Verlauf des Jungkäferschlupfes/m² in den gezielten Pyrethroidapplikationsversuchen in Ahlum (2017) und Lucklum (2018).

4.2.10 ErtragBekämpfungsversuch

Die Analyse der Ertragsergebnisse zeigt, dass im Bekämpfungsversuch nur im Versuchsjahr 2016/17 die Elado-Variante einen signifikanten Mehrertrag gegenüber der Kontrolle hatte (**Tab. 74**). Tendenziell zeigte die Elado-Variante auch 2015/16 und 2017/18 einen leicht erhöhten Ertrag gegenüber der Kontrolle. Bei den anderen Varianten wurden keine signifikanten Unterschiede im Ertrag gemessen.

Beim TKM kam es nur im Jahr 2016/17 in der Elado-Variante zu einer statistisch gesicherten Verringerung gegenüber der Kontrolle (**Tab. 75**).

Ergebnisse

Tab. 74: Ertrag (kg/ha) (\pm SE) in den Bekämpfungsversuchen in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

	Ertrag (kg) (\pm SE)	Differenz zur Kontrolle	
		kg	%
Hötzum 2015/16			
Kontrolle	2501,4 \pm 51,3 a		
Karate Zeon	2611,6 \pm 123,4 a	110,2	4,4
Elado	2633,3 \pm 134,3 a	131,9	5,3
Fortenza For.	2529,3 \pm 87,8 a	27,9	1,1
Sickte 2016/17			
Kontrolle	2420,7 \pm 119,9 a		
Karate Zeon	2343,2 \pm 160,8 a,b	-77,5	-3,2
Elado	2623,7 \pm 90,5 b	203,0	8,4
Lumiposa	2478,6 \pm 230,2 a,b	57,9	2,4
Integral Pro	2188,2 \pm 143,6 a	-232,5	-9,6
Ahlum 2017/18			
Kontrolle	2850,5 \pm 107,7 a		
Karate Zeon	2839 \pm 87,3 a	-11,5	-0,4
Elado	2904,1 \pm 15,7 a	53,6	1,9
Lumiposa	2657,9 \pm 31,9 a	-192,6	-6,8
Force	2641,6 \pm 98,3 a	-208,9	-7,3

Tab. 75: TKM (g) (\pm SE) in den Bekämpfungsversuchen in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

	TKM (g) (\pm SE)				
	Kontrolle	Karate Zeon	Elado	Fortenza Force	
Hötzum 2015/16	4,16 \pm 0,17 a	4,15 \pm 0,06 a	4,11 \pm 0,08 a	4,3 \pm 0,04 a	
Sickte 2016/17	5,11 \pm 0,13 a	5,06 \pm 0,11 a,b	4,99 \pm 0,13 b	Lumiposa	Integral Pro
				5,06 \pm 0,10 a,b	5,23 \pm 0,06 a
Ahlum 2017/18	4,53 \pm 0,18 a	5,07 \pm 0,04 a	4,66 \pm 0,14 a	Lumiposa	Force
				4,80 \pm 0,04 a	4,64 \pm 0,13 a

Gezielter Pyrethroidapplikationsversuch

Im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch zeigte sich in allen Jahren ein Mehrertrag der Karate Zeon-Variante. Dieser war jedoch nur im Versuchsjahr 2015/16 statistisch abgesichert (**Tab. 76**). Im Mittel über die Jahre war der Ertrag durch die Pyrethroidspritzung ca. 3,6 % höher.

Bei der TKM wurde in Ahlum und Lucklum im Jahr 2017/18 eine signifikante Erhöhung durch die Karate Zeon-Spritzung nachgewiesen (**Tab. 77**).

Tab. 76: Ertrag (kg/ha) (\pm SE) im gezielten Pyrethroidapplikationsversuche in Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

	Ertrag (kg) (\pm SE)	Differenz zur Kontrolle	
		kg	%
Ahlum 2016/17 (Pyrethroid)			
Kontrolle	4058,6 \pm 69,3 a		
Karate Zeon	4203,6 \pm 106,6 b	145,0	3,6
Ahlum 2017/18 (Pyrethroid)			
Kontrolle	2687,3 \pm 106,1 a		
Karate Zeon	2822,5 \pm 66,6 a	135,3	5,0
Lucklum 2017/18 (Pyrethroid)			
Kontrolle	3151,3 \pm 106,4 a		
Karate Zeon	3220,0 \pm 120,0 a	68,4	2,1

Tab. 77: TKM (g) (\pm SE) im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch an den Standorten Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18). (Unterschiedliche Buchstaben indizieren sign. Unterschiede zwischen den Varianten je Jahr, ANOVA, multipler Kontrasttest ($p \leq 0,05$)).

	Ahlum 2016/17 (Pyrethroid)	Ahlum 2017/18 (Pyrethroid)	Lucklum 2017/18 (Pyrethroid)
TKM (g)			
Kontrolle	5,36 \pm 0,03 a	4,17 \pm 0,02 a	5,16 \pm 0,15 a
Karate Zeon	5,31 \pm 0,03 a	4,47 \pm 0,02 b	5,47 \pm 0,05 a

4.3 Zusammenhang zwischen Vernarbungen und Rapserrdflohlarvenbefall

4.3.1 Vergleich der Jahre und Boniturtermine

Da für die Bekämpfung und das Schadpotenzial der Rapserrdflohlarven die Boniturtermine vor der Hauptfrostperiode entscheidend sind, wird bei der Darstellung der Ergebnisse der Fokus auf die November–Dezember- und Januar–Februar-Bonitur gelegt.

Bei der Herbstbonitur gab es in jedem der drei Jahre einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Anzahl der Vernarbungen/Pflanze und der Anzahl der Larven/Pflanze. Für die einzelnen Jahre schwankt der Teil der erklärbaren Varianz zwischen $R^2 = 57,0\%$ (2018; $n=860$) und $R^2 = 66,7\%$ im Jahr 2017 ($n=1079$). Werden die drei Jahre im Modell berücksichtigt, können $47,4\%$ der Varianz erklärt werden. Vom Modell wurde folgende Regressionsgleichung errechnet: $y = 0,794x + 0,372$ ($n=2999$). Wie in **Abb. 50** zu erkennen ist, unterschätzt das Modell vor allem bei höheren Larvenzahlen den Befall (Bsp.: 15 geschätzte Larven, aber 20 tatsächlich gezählte Larven).

Am 2. Boniturtermin (Januar–Februar) wurde eine im Vergleich zum 1. Boniturtermin stärkere, signifikant lineare Beziehung zwischen Vernarbungen und Larvenzahl gefunden. Bei der Betrachtung der einzelnen Jahre ist an diesem Termin die Spannweite des Bestimmtheitsmaßes im Vergleich zur November–Dezember-Bonitur höher. Mit $R^2 = 80,5\%$ erklärter Varianz im Jahr 2016 gibt es einen deutlichen Unterschied zu den Jahren 2017 ($R^2 = 58,9\%$) und 2018 ($R^2 = 60,9\%$). Bei der

Januar–Februar-Bonitur stieg das Bestimmtheitsmaß über alle drei Jahre auf $R^2 = 56,6\%$. Das Modell errechnete für den Januar–Februar Boniturtermin die Regressionsgleichung: $y = 0,799x + 0,928$ ($n = 2999$). Im Kontrast zur Modellvorhersage am 1. Termin, wird beim zweiten Termin die Zahl der Larven überschätzt (Bsp. 22 geschätzte Larven, aber nur 15 gezählte Larven) (**Abb. 51**).

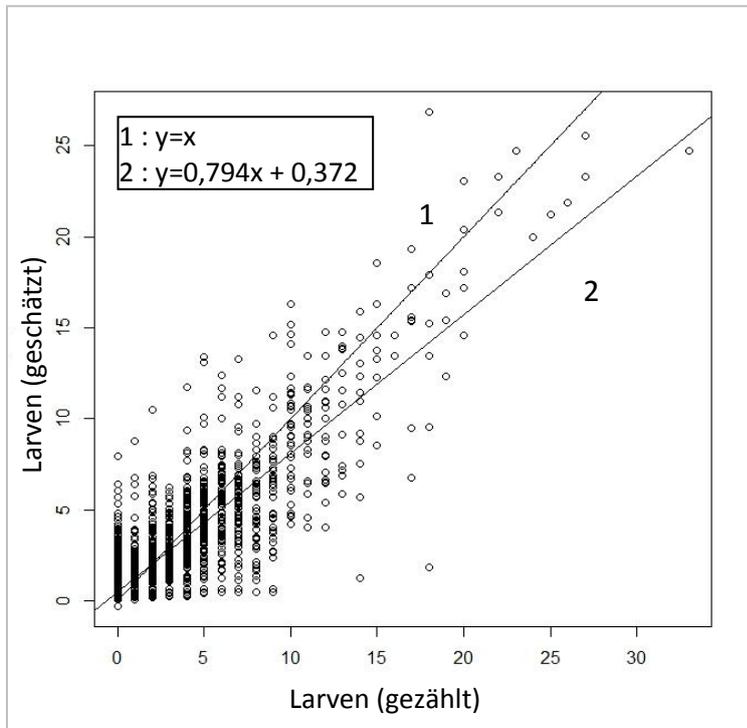


Abb. 50: Vergleich der Anzahl der gezählten Larven am Herbstboniturtermin und die durch das Modell geschätzte Anzahl Larven $E_{(0)}$. Gerade Nr. 1 stellt den optimalen Verlauf bei 100 % Vorhersagegenauigkeit dar. Gerade Nr. 2 zeigt den Verlauf der durch das Modell geschätzten Regressionsgleichung.

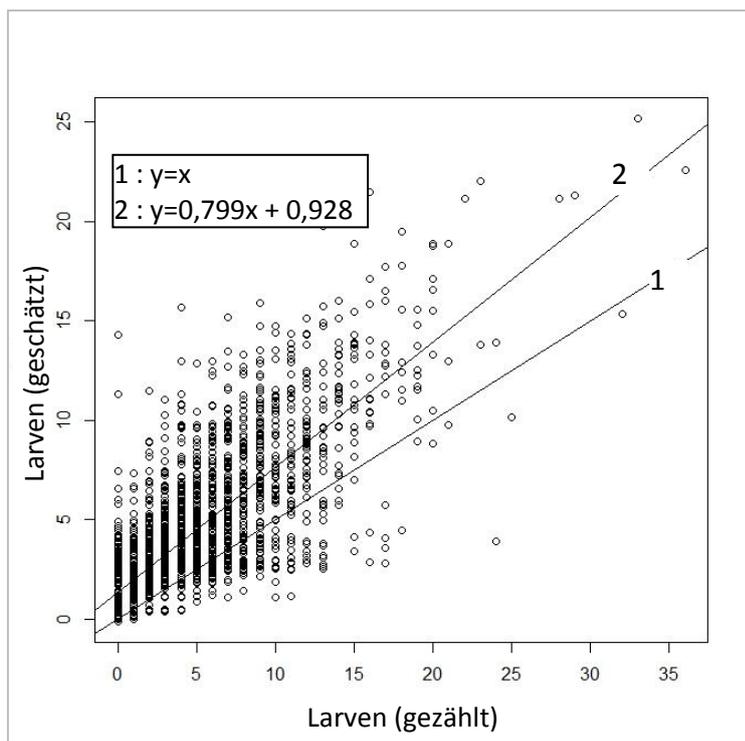


Abb. 51: Vergleich der gezählten Larven am 2. Boniturtermin (Januar–Februar) und die durch das Modell geschätzte Anzahl Larven $E_{(0)}$. Gerade Nr. 1 stellt den optimalen Verlauf bei 100 % Vorhersagegenauigkeit dar. Gerade Nr. 2 zeigt den Verlauf der durch das Modell geschätzten Regressionsgleichung.

4.3.2 Vergleich der manuellen Larvensektion mit dem Vernarbungs-Prognosemodell

Zur Validierung des Vernarbungs-Prognosemodells wurden alle im Rahmen dieser Forschungsarbeit verwendeten Pflanzenproben verwendet ($n=300$ Stichproben \times 10 Pflanzen/Boniturtermin verteilt über die Jahre 2015/16, 2016/17 und 2017/18). Vergleichend zur vom Modell für die Schadschwellenüberschreitung errechneten Larvenzahl, wurde die über manuelle Sektion ermittelte Larvenzahl pro Pflanze herangezogen (**Tab. 78**).

Tab. 78: Prozentualer Anteil der Stichproben von zwei Boniturterminen je Jahr mit >4 Larven/Pflanze (manuelle Sektion), aufgelistet nach Jahren. MW= Mittelwert.

			Stichproben mit MW >4 Larven			
			November–Dezember		Januar–Februar	
Jahr	Orte	Stichproben je Boniturtermin	Anzahl	% aller Stichproben	Anzahl	%
2016	3	106	3	2,8	54	50,9
2017	4	108	30	27,8	30	27,8
2018	4	86	27	31,4	37	43,0

Wird die durch das Modell für die Bonituren im November–Dezember errechnete Regressionsgleichung: $y=0,794x + 0,372$ auf den Bekämpfungsrichtwert von 4–5 Larven/Pflanze angewendet, müssten mindestens 4,6 (gerundet 5) Vernarbungen/Pflanze bonitiert werden, um den Bekämpfungsrichtwert zu erreichen.

Wird der errechnete Bekämpfungsrichtwert von mindestens 5 Vernarbungen/Pflanze auf die untersuchten Pflanzenproben übertragen, wird bei 300 untersuchten Stichproben in den Jahren 2015/16–2017/18 bei der Herbstbonitur in 261 Fällen die richtige Bekämpfungsentscheidung getroffen (Bekämpfungsrichtwert von 4 Larven/Pflanze überschritten Ja/Nein). Von den 39 Fällen, in denen das Modell den Befall falsch bewertete, wurde bei 36 die Bekämpfungsrichtwertüberschreitung nicht erkannt und der Befall unterschätzt und in 3 Fällen wurde eine Überschreitung prognostiziert, obwohl der Larvenbefall unter dem Richtwert lag. Werden nur die Stichproben ohne Bekämpfungsrichtwertüberschreitung (Befall <4 Larven/Pflanze) analysiert, trifft das Modell in 237 von 240 Fällen (98,8 %) die richtige Entscheidung. Bei der Betrachtung der Proben mit einem Befall >4 Larven/Pflanze identifizierte das Modell nur in 40,0 % der Fälle die Schadschwellenüberschreitung.

Bei der Januar–Februar-Bonitur müssten laut der durch das Vernarbungs-Prognosemodell errechneten Regressionsgleichung: $y=0,799x + 0,928$ mindestens 3,8 (gerundet 4) Vernarbungen pro Pflanze bonitiert werden, um den Bekämpfungsrichtwert von mindestens 4 Larven/Pflanze zu erreichen. Bei der Anwendung des errechneten Bekämpfungsrichtwertes wird bei 300 untersuchten Stichproben in den Jahren 2015/16–2017/18 in 225 (75 %) der Stichproben die richtige Entscheidung getroffen. In den 75 Fällen, in denen das Modell eine falsche Prognose getroffen hat, hätte in 38 Fällen bekämpft werden müssen, der Befall wurde jedoch unterschätzt und in 47 Fällen wurde eine Überschreitung vorhergesagt, obwohl der Befall niedriger war. Werden nur die Proben ohne Bekämpfungsrichtwertüberschreitung analysiert, so traf das Modell in 142 (79,3 %) von 179 Fällen die richtige Entscheidung. Bei einem Befall von >4 Larven/Pflanze erkannte das Modell in 83 (68,6 %) von 121 Fällen die Überschreitung.

4.4 Zusammenhang zwischen Gelbschalen, Käferdichte und Larvenbefall

Um den Zusammenhang zwischen Gelbschalenfängen, Eklektorfängen und Larvenbefall zu eruieren, wurden die Daten mit natürlichem Befall aus den Bekämpfungsversuchen und dem Netzkäfigversuch in Göttingen verwendet, wobei beim Versuch in Göttingen die Larvenzahl der nicht abgedeckten Kontrolle Verwendung fand. Für einen besseren Vergleich der Gelbschalenfangsummen der Jahre wurden Fangzeiträume gebildet und die Fänge in allen Jahren vom 1. September bis zum Erreichen einer Temperatursumme von 600°Cd aufsummiert. Die Temperatursumme wurde je nach Jahr zwischen der 1. und 3. Oktoberwoche erreicht. Als Käferdichte wurden jeweils die maximal ermittelten Eklektorfänge pro m² im Herbst verwendet. Der Larvenbefall wird in Larven pro m² ausgedrückt, damit die Standorte mit verschiedenen Pflanzendichten besser miteinander verglichen werden können.

Aus **Tab. 79** geht hervor, dass die Käferdichten im Mittel der Jahre um den Faktor 3 niedriger sind, als die Gelbschalenfangzahlen im 600°Cd Fangzeitraum. Die Beziehung zwischen diesen beiden Boniturgrößen ist mit $R^2 = 84,1 \%$ sehr hoch, aufgrund der geringeren Fallzahl jedoch nicht signifikant (**Tab. 80**). Beim Bezug zwischen Gelbschalenfängen und Larven/m² gab es bei der November–Dezember-Bonitur eine positive lineare Beziehung von $R^2 = 51,3 \%$ (nicht signifikant). Ein Bezug zwischen Gelbschalenfängen und den Larven bei der März–April-Bonitur war nicht vorhanden.

Die Beziehung zwischen Käferdichte und Larven/m² zeigte mit $R^2 = 55,7 \%$ (nicht signifikant) am 1. Boniturtermin und $R^2 = 21,4 \%$ (nicht signifikant) am 2. Boniturtermin einen ähnlichen Trend wie die Beziehung zwischen Gelbschalenfängen und Larven/m². Im Schnitt produzierte ein Käfer (ohne Berücksichtigung des Männchen und Weibchen Verhältnisses) 6,5 Larven bei der November–Dezember-Bonitur und 8,9 Larven bei der Frühjahrsbonitur. Bei der Vermehrungsrate (Nachkommen/Käfer) hebt sich der Standort Göttingen im Versuchsjahr 2015/16 mit 28 Nachkommen/Käfer deutlich von den anderen ab. Im Mittel wurden 8 Nachkommen pro Käfer festgestellt.

Tab. 79: Übersichtsdarstellung: Gelbschalenfänge, maximale Käferdichte/m², Larven/m² und Nachkommen/Käfer in Hötzum 2015/16, Sickte 2016/17; Ahlum 2016/17 und 2017/18 Lucklum 2017/18 und Göttingen (GÖ) 2015/16 und 2016/17.

		Hötzum 15/16	Sickte 16/17	Ahlum 16/17	Ahlum 17/18	Lucklum 17/18	GÖ 15/16	GÖ 16/17	MW (±SE)
	Gelbschalen- fänge	21,6	51,6	92,8	80,8	59,5	96,3	377,0	111,4 ± 45,4
	Max. Käferdichte im Herbst	18	21	28	41	39	21	80,1	35,5 ± 8,2
Larven/ m ²	November– Dezember	97,3	168,2	341,2	219,5	184,8	100,2	380,7	213,0 ± 41,8
	März– April	250,1	305,9	169,0	254,6	170,4	310,0	200,7	237,1 ± 22,4
Larven/ Käfer	November– Dezember	5,4	8,0	12,2	5,4	4,7	4,7	4,8	6,5 ± 1,1
	März– April	13,9	14,6	6,0	6,2	4,4	14,6	2,5	8,9 ± 2,0
	Nachkommen/ Käfer	4,6	7,5	2,2	7,5	4,3	28,0	1,9	8,0 ± 3,4

Tab. 80: Beziehung zwischen Gelbschalenfängen und Käferdichte/m², Larven/m² (1. und 2. Boniturtermin), Käferdichte und Larven/m² (1. und 2. Boniturtermin).

Korrelierte Merkmale	n=	r	p	R ² (%)
Gelbschalenfänge – Käferdichte/m ²	7	0,917	0,146	84,1
Gelbschalenfänge – Larven/m ² (November–Dezember)	7	0,729	0,499	53,1
Gelbschalenfänge – Larven/m ² (März–April)	7	0,283	0,295	7,1
Käferdichte – Larven/m ² (November–Dezember)	7	0,747	0,763	55,7
Käferdichte – Larven/m ² (März–April)	7	0,462	0,085	21,4

4.5 Einfluss des Rapserrfloh auf den Ertrag

Tab. 83 im Anhang gibt eine Gesamtübersicht über die Ertragsergebnisse, die im Rahmen der Freilandversuche dieser Forschungsarbeit erhoben wurden. Die Erträge der Versuche waren zwischen den Jahren sehr heterogen. Die Spannweite des durch den Rapserrflohbefall verursachten Ertragsverlustes reichte von 0,0–58,2 %. Die Pflanzenzahl variierte in allen Versuchsjahren um 30 Pflanzen/m² ohne größere Abweichungen zwischen den Jahren. Ein deutlicher Einfluss der Larvenzahlen auf den Ertrag ist nicht zu erkennen. So führten hohe Larvenzahlen von z.B. 9,5 Larven/Pflanze am Januar-Boniturtermin nicht per se zu den höchsten Ertragsverlusten. Die Käferdichte in Göttingen zeigte hingegen im Starkbefallsjahr 2016/17 mit 80 Käfern/m² und 377 Käfern in der Gelbschale einen etwa vierfach höheren Befall als im Besiedelungsversuch in Braunschweig, was auch zur höchsten Ertragsdepression führte.

Aus der Betrachtung des Zusammenhangs zwischen Larven/Pflanze und Ertrag (**Abb. 52**) bzw. Ertragsunterschiede im Vergleich zur Variante ohne Befall (**Abb. 53**) geht hervor, dass es im Mittel der Jahre zu einem Ertragsverlust von 1,5 % (R²= 15,5 %) pro Larve/Pflanze gab. Als Jahr mit dem stärksten Ertragsverlust wurde 2017 mit 130,3 kg (R²= 23,2 %) pro Larve/Pflanze identifiziert. In den Ertragsverlustrelationen ist das unterschiedliche Ertragsniveau der verschiedenen Standorte nicht mit berücksichtigt. So hat z.B. der Standort Hötzum im Jahr 2015/16 einen um ca. 500 kg geringeren Ertrag als die beiden Referenzstandorte Göttingen und Braunschweig.

Zwischen dem Anteil der Pflanzen mit einem Befall >8 Larven/Pflanze am 2. Boniturtermin und dem Ertragsverlust (%) gab es ähnlich wie beim Larvenbefall eine leicht negative Beziehung. Somit führt stärkerer Larvenbefall tendenziell zu geringeren Erträgen als geringer Larvenbefall (**Abb. 54**).

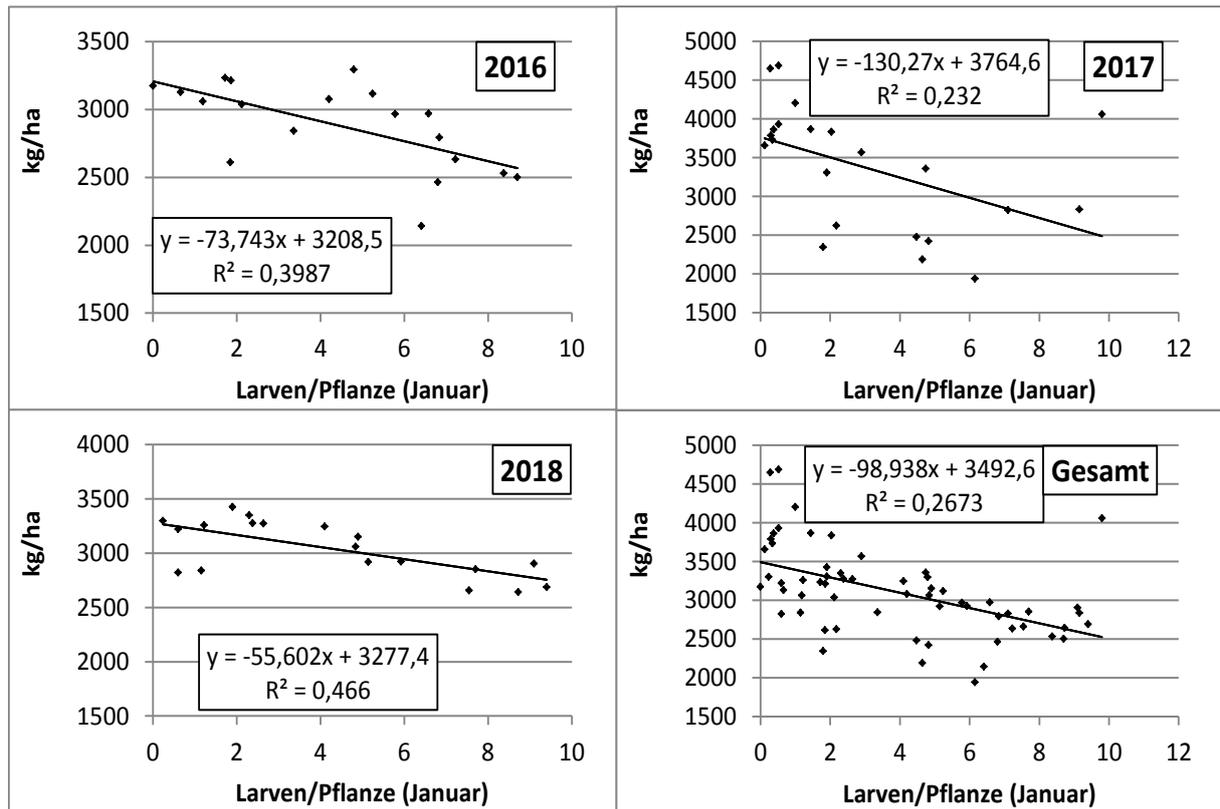


Abb. 52: Beziehung zwischen der Anzahl der Larven/Pflanze am 2. Boniturtermin und dem Ertrag (kg/ha) im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18), im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17), im Bekämpfungsversuch in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18) und im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18).

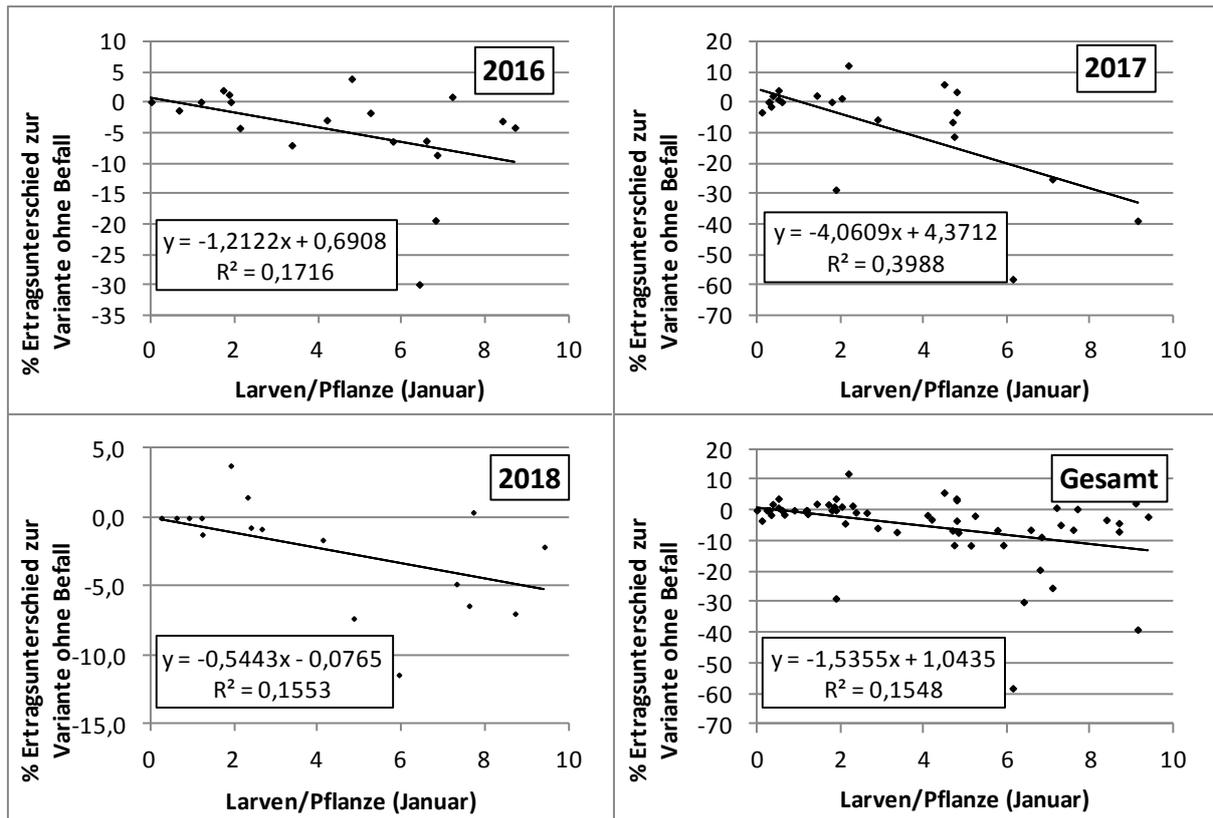


Abb. 53: Beziehung zwischen der Anzahl der Larven/Pflanze am 2. Boniturtermin und dem Ertragsverlust zur Variante ohne Befall (%) (in den Bekämpfungsversuchen wurde die Karate Zeon Variante als unbefallene Kontrolle angenommen) im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18), im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17), im Bekämpfungsversuch in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18) und im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18).

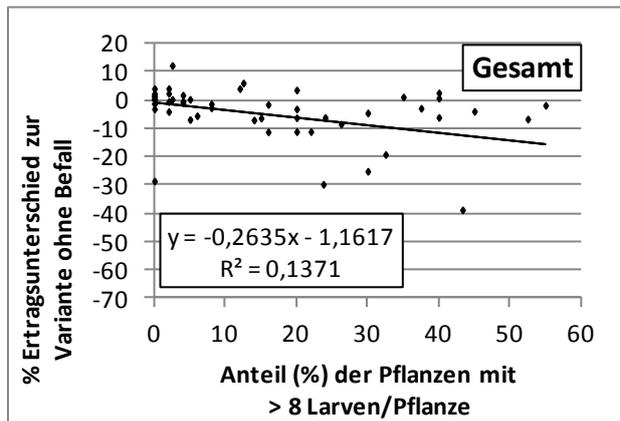


Abb. 54: Beziehung zwischen dem Anteil der Pflanzen mit >8 Larven/Pflanze (%) und dem Ertragsunterschied zur Variante ohne Befall (%) (in den Bekämpfungsversuchen wurde die Karate Zeon-Variante als unbefallene Kontrolle angenommen) am 2. Boniturtermin im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18), im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17), im Bekämpfungsversuch in Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18) und im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum (2017/18).

4.6 Ergebnisse des Rapserrdflomonitorings

Der in **Tab. 81** dargestellte durchschnittliche Larvenbefall/Pflanze zeigt, dass es in der nördlichen Region in den untersuchten Jahren einen tendenziell höheren Befall als in der Mitte und im Süden gab. Der Anstieg der Larvenzahl zwischen Herbst- und Frühjahrsbonitur war, ähnlich wie in den Versuchen in der Braunschweiger Region im Jahr 2015/16 am stärksten, wobei es in der nördlichen Region in allen untersuchten Jahren zu einem starken Anstieg der Larvenzahl zwischen den beiden Boniturterminen kam.

Tab. 81: Larven/Pflanze (\pm SD) in den Jahren 2014/15, 2015/16, 2016/17 und 2017/18 im Herbst bzw. Frühjahr zusammengefaßt für die Regionen Nord, Mitte, Süd und in unbehandelte oder im Herbst mit Pyrethroiden behandelte Flächen. Berücksichtigt wurden nur Standorte, an denen sowohl eine Herbst- als auch Frühjahrslarvenbonitur durchgeführt wurde.

Jahr	Larven/Pflanze (\pm SD)					
	unbehandelt			behandelt		
	n	Herbst	Frühjahr	n	Herbst	Frühjahr
Nord						
2014/15				4	13,8 \pm 12,5	26,5 \pm 34,7
2015/16	6	5,8 \pm 10,4	8,6 \pm 19,1	2	2,4 \pm 3,3	2,6 \pm 3,1
2016/17	2	13,3 \pm 18,8	16,3 \pm 22,3	1	0,4	0,2
2017/18	1	1,7	4,3	0		
Mitte						
2014/15	0			7	4,0 \pm 6,3	2,7 \pm 2,6
2015/16	12	1,4 \pm 1,1	5,8 \pm 3,2	2	0,3 \pm 0,4	0,2 \pm 0,1
2016/17	9	5,6 \pm 4,4	5,6 \pm 4,5	5	0,7 \pm 0,8	0,8 \pm 1,5
2017/18	8	4,3 \pm 3,9	5,0 \pm 4,0	3	0,1 \pm 0,1	0,7 \pm 1,3
Süd						
2014/15				1	1,7	1,9
2015/16	4	0,5 \pm 0,6	1,0 \pm 1,4	1	0,5	0,8
2016/17	5	0,8 \pm 0,7	0,9 \pm 0,5	3	0,3 \pm 0,3	0,9 \pm 0,8
2017/18	4	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1	2	2,8 \pm 2,0	1,4 \pm 1,3

In **Tab. 82** zeigt sich, anders als in den Versuchen in der Braunschweiger und Göttinger Region (vgl. Kap. 4.1.6), kein klarer Trend bei den Jungkäferschlupfzahlen in den Jahren 2015/16 bis 2017/18. Im Mittel der Standorte sind in den unbehandelten Schlägen in den Jahren 2015/16: 129,0, 2016/17: 115,3 und 2017/18: 142,6 Käfer/m² geschlüpft, wohingegen aus den im Herbst behandelten Varianten in den Jahren 2015/16: 106,0, 2016/17: 40,8 und 2017/18: 128,3 Käfer/m² geschlüpft sind. Der Süden zeigt im Vergleich zur Mitte und zum Norden einen geringeren Jungkäferschlupf, was anhand der geringeren Larvenzahlen/Pflanze vorherzusehen war. .

Ergebnisse

Tab. 82: Jungkäfer/m² (\pm SD) in den Jahren 2014/15, 2015/16, 2016/17 und 2017/18 zusammengefasst für die Regionen Nord, Mitte, Süd und in unbehandelte oder im Herbst mit Pyrethroiden behandelte Flächen.

Jahr	Larven/m ² (\pm SD) (n)		
	Unbehandelt	Behandelt	MW (ges.)
	Nord		
2014/15		257,3 \pm 216,2 (7)	257,3
2015/16	88,0 \pm 76,7 (9)	10,0 \pm 14,1 (2)	73,8
2016/17	143,2 \pm 137,9 (5)	9,3 \pm 13,2 (2)	105,5
2017/18	141,4 \pm 65,9 (2)		141,4
	Mitte		
2014/15		41,4 \pm 27,8 (10)	41,4
2015/16	182,5 \pm 176,4 (15)	19,2 \pm 19,7 (4)	148,2
2016/17	137,5 \pm 102,4 (10)	63,5 \pm 109,4 (8)	104,0
2017/18	202,2 \pm 223,8 (9)	74,2 \pm 126,7 (3)	170,2
	Süd		
2014/15		28,5 \pm 53,8 (5)	28,5
2015/16	48,8 \pm 56,4 (8)	4,7 \pm 0,9 (2)	40,0
2016/17	78,5 \pm 32,5 (7)	6,7 \pm 6,1 (3)	57,5
2017/18	59,4 \pm 81,1 (7)	209,4 \pm 177,2 (2)	96,5

5 Diskussion

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit wurden Untersuchungen zur Biologie und zur Prognose des Schadpotenzials des Rapserrfloh durchgeföhrt, um die gezielte Bekämpfung bzw. die Prognose der Bekämpfungswürdigkeit im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes zu verbessern.

Ein besonderer Fokus wurde in den Versuchen auf den Einfluss des Besiedelungszeitpunktes und der Besiedelungsdichte gelegt, denn nach dem Verbot der neonikotinoiden Saatgutbehandlung im Raps können Bestände aufgrund des fehlenden insektiziden Schutzes deutlich früher geschädigt werden. Dies kann auch Auswirkungen auf die Populationsdynamik des Rapserrfloh zur Folge haben. Um den Einfluss des Befallszeitpunktes und der Befallsstärke nachzustellen, wurden an den Standorten Braunschweig und Göttingen Netzkäfigversuche angelegt. Genauere Untersuchungen zur Eiablage und zum Einfluss des Verpuppungszeitpunktes auf die Puppenmortalität sollten, die in den Besiedelungsversuchen gemachten Beobachtungen, weiter untermauern und das Wissen in diesem Bereich erweitern. Die aus den Untersuchungen zur Biologie gewonnenen Erkenntnisse wurden durch verschiedene Bekämpfungsversuche im Freiland überprüft.

In der Diskussion werden zuerst die Untersuchungen zur Biologie von *Psylliodes chrysocephala* und zu dessen Schadwirkung an der Rapspflanze abgehandelt und anschließend die daraus ableitbaren Ansätze für eine gezieltere Bekämpfung des Schädlings.

Bei allen diskutierten Ergebnissen muss bedacht werden, dass die eigenen Erhebungen im Rahmen der Forschungsarbeit unter Norddeutschen Klimabedingungen gemacht wurden (Braunschweiger und Göttinger Region) und mithin nicht per se auf andere Klimazonen übertragbar sind.

5.1 Einfluss von Befallszeitpunkt und -stärke auf die Biologie und die Entwicklung des Rapserrfloh

5.1.1 Eiablage und Lebensdauer der Käfer

Bei der vorwinterlichen Entwicklung des Rapserrfloh spielt der Einwanderungszeitpunkt der Käfer in die jungen Bestände eine entscheidende Rolle, denn von ihm hängt der Beginn der Eiablage und der Schlupfzeitpunkt der Larven ab (MEUCHE, 1940; BERGERMEIER, 1992; JOHNEN und MEIER, 2000; MATHIASSEN et al., 2015b).

MATHIASSEN et al. (2015b) stellte unter Laborbedingungen einen signifikanten Einfluss der Temperatur auf den Beginn der Eiablage nach der Aestivierung fest. Bei 12°C benötigten die Käfer im Durchschnitt eine Temperatursumme von 300°Cd, bis sie mit der Eiablage begannen und bei 16°C von 288°Cd. Im Eiablageversuch in Braunschweig zeigte sich, dass die Käfer unter Freilandbedingungen bei früher Einwanderung (Anfang September) tendenziell eine höhere

Temperatursumme benötigten (2016/17: 396°Cd und 2017/18: 333,3°Cd), als bei später Einwanderung (Ende September) (2016/17: 259°Cd und 2017/18: 55,7°Cd), bis 50 % der Weibchen Eier legten. Im Mittel der Jahre und aller Freilassungstermine benötigen die Käfer 242°Cd, was sich in etwa mit den von MATHIASSEN et al. (2015b) ermittelten Temperatursummen deckt. Da die Nahrungsaufnahme und die damit verbundene Reifung der Ovarien temperaturabhängig ist (SCHULZ, 1983), ist es verwunderlich, dass die Käfer bei früher Besiedelung eine höhere Temperatursumme benötigten als bei später Besiedelung. Ein Einfluss von Trockenheit, der zu einer Degeneration der Ovarien führen kann (BONNEMAISON und JOURDHEUIL, 1954), kann ausgeschlossen werden, da der geschlossene Plastikdeckel der Bellaplastschalen die Verdunstung verhinderte und somit durch das feuchte Filterpapier permanent Feuchtigkeit in den Eiablageschalen vorhanden war. Es könnte sein, dass die genetisch, zeitlich fixierte Diapause (SÄRINGER, 1984) durch die Simulation von Langtagsbedingungen und sommerlichen Temperaturen in den Klimakammern zur künstlichen Verlängerung der Diapause nur bedingt wirksam war. Weiter könnte es sein, dass später freigesetzte Käfer bereits einen Teil ihres Reifungsfraßes vor der Freisetzung gemacht haben und daher eine geringere Temperatursumme bis zum Beginn der Eiablage benötigten. Im Freiland können spät zuwandernde Käfer ebenfalls bereits ihren Reifungsfraß auf Altrapsflächen oder Brassicaceen-Gründüngerflächen durchlaufen haben. So muss bei der gesamten Betrachtung der Freilassungszeitpunkte berücksichtigt werden, dass die künstlich beeinflusste Legebereitschaft der Weibchen wohl nur bedingt unterschiedliche Einwanderungszeitpunkte im Freiland wiedergeben und der biologische Rhythmus der Versuchstiere nicht exakt auf die zu unterschiedlichen Zeitpunkten einwandernden freilebenden Käfer übertragen werden kann.

In den Eiablageversuchen begann die Eiablage in den beiden untersuchten Jahren frühestens Ende September und erreichte den Höhepunkt im Oktober. Auch beim Freilassungstermin Anfang Oktober wurden die meisten Eier, wenn auch deutlich weniger als bei Freilassung Anfang September, vor dem Jahreswechsel im Oktober gelegt. Dieses deckt sich mit Beobachtungen von JOHNEN und MEIER (2000), SCHULZ (1983) und BUHL (1959). Zwischen den einzelnen Weibchen zeigten sich zum Teil starke Unterschiede in der Fekundität. So legten einige Weibchen gar keine Eier oder begannen erst im Frühjahr mit der Eiablage und andere Weibchen legten permanent Eier. Andere Autoren stellten ebenfalls eine stark unterschiedliche Fekundität der Weibchen fest (BONNEMAISON und JOURDHEUIL, 1954; SCHULZ, 1985).

Während der Monate Dezember, Januar und Februar kam die Eiablage im Versuch fast gänzlich zum Stillstand. Dieses ist durch die Temperaturschwelle für die regelmäßige Eiablage von 4°C begründet (KAUFMANN, 1941c; SCHULZ, 1983). Bei Temperaturen unter 4°C legen die Tiere nur noch vereinzelt und sehr unregelmäßig Eier (MATHIASSEN et al., 2015b). Ab März steigerte sich die Legeleistung wieder,

wenn auch nicht im gleichen Ausmaß wie im Herbst und hielt bis zum Tod der Käfer zwischen Mai und Juni an.

Hinsichtlich der Schädigung der Pflanze sind vor allem die vor den Frösten gelegten Eier und die daraus schlüpfenden Larven bedeutsam (JOHNEN und MEIER, 2000). Im Eiablageversuch wurden von den frühen Besiedelungsvarianten vor dem Winter deutlich mehr Eier pro Weibchen gelegt, als bei späterer Freilassung (Freilassung Anfang September: 61 Eier/Weibchen (2016/17) bzw. 90 (2017/18); Freilassung Mitte September: 39 (2016/17) bzw. 81 (2017/18)), Freilassung Anfang Oktober: 17 (2016/17) bzw. 49 (2017/18)). SCHULZ (1983) wies eine durchschnittliche vorwinterliche Legeleistung von 101 Eiern/Weibchen (1981/82) (Freilassung Ende August) bzw. 35 Eiern/Weibchen (1982/83) (Mitte September) nach. DERRON und GOY (1991) berichten von einer vorwinterlichen Legeleistung von 100 Eiern/Weibchen. Aus den Ergebnissen kann gefolgert werden, dass der Besiedelungszeitpunkt einen entscheidenden Einfluss auf die Höhe der vorwinterlichen Eiablage hat, da die Haupteiablage im Oktober stattfindet und die Käfer bei früher Zuwanderung deutlich mehr Zeit zur Eiablage haben, als bei einem späteren Zuflug. Auch entscheidend sind die Temperaturen im Oktober, die ebenfalls über die Höhe der Eiablage bestimmen (JOHNEN, 2009).

Für die Populationsentwicklung ist die Gesamtsumme der gelegten Eier entscheidend, d.h. es spielt auch die Zahl der gelegten Eier im Frühjahr eine Rolle. Hier zeigte sich in den Versuchen, dass die Ende September/Anfang Oktober freigelassenen Weibchen besonders im Jahr 2017/18 nach dem Jahreswechsel mehr Eier legten (45 Eier/Weibchen), als die Anfang bzw. Mitte September freigelassenen Weibchen (28 bzw. 26 Eier/Weibchen). Im Jahr 2016/17 war die Zahl der gelegten Eier im Frühjahr zwischen den Varianten relativ ähnlich (ca. 30 Eier/Weibchen). SCHULZ (1983) kommt in seinen Versuchen mit 36 (1981/82) und 43 Eiern/Weibchen je Jahr (nach eigenen Berechnungen inklusiv toter Weibchen) zu einem ähnlichen Ergebnis bei der Frühjahrseiablage. Das Phänomen, dass Käfer, die im Herbst wenig Eier gelegt haben, ihre Legeleistung im Frühjahr deutlich steigern, wurde auch von SCHULZ (1983) bei einzelnen Individuen beobachtet.

Der Besiedelungstermin zeigte in beiden Versuchsjahren einen verschieden starken Einfluss auf die Gesamtsumme der gelegten Eier. Im Versuchsjahr 2016/17 waren die Unterschiede mit 97 Eiern/Weibchen bei Besiedelung Anfang September und 44 Eiern/Weibchen Ende September/Anfang Oktober deutlich größer als im Jahr 2017/18 (118 bzw. 93 Eier/Weibchen). Dieses kann auf den deutlich wärmeren September 2016 im Vergleich zu 2017 zurückgeführt werden. Die Temperatursummindifferenzen im Versuchsjahr 2016/17 waren zwischen den Varianten deutlich größer als 2017/18. Nach Untersuchungen von SCHULZ (1985) legt ein Weibchen im Durchschnitt 280 Eier und maximal 470. MATHIASSEN et al. (2015b) ermittelten bei 16°C in Klimakammern eine maximale Legeleistung von 696 Eiern bei einem Weibchen. Im Eiablageversuch wurden maximal

270 Eier bei einem Weibchen festgestellt. Die unterschiedlichen Ergebnisse der Autoren lassen darauf schließen, dass abiotische Faktoren wie Temperatur und wohl auch Temperaturfluktuationen, die Dauer des Winters und die Hälterungsbedingungen einen Einfluss auf die Legeleistung haben und diese somit zwischen den Jahren stark variieren kann.

Im Eiablageversuch wurde neben der Eiablage auch die Mortalität der Weibchen erfasst. Hier zeigte sich, dass die Käfer sehr lange im Bestand überdauern können. Im Jahr 2016/17 lebten von den Ende September/Anfang Oktober freigesetzten Käfern im April noch etwa doppelt so viele Weibchen wie von den Anfang September ausgesetzten. Es kann vermutet werden, dass die später freigesetzten Weibchen aufgrund der geringeren Eiablage noch mehr Fett- und Energiereserven hatten und deshalb noch vitaler und widerstandsfähiger waren. Die Unterschiede in der Mortalität der Tiere zwischen den Varianten waren im Jahr 2017/18 nicht so stark wie im Jahr 2016/17. Dieses könnte auf die unterschiedlich strengen Winter zurückzuführen sein. Im kalten Winter 2017/18 setzte die Mortalität der Käfer deutlich früher ein. So waren im März in den drei Varianten bereits 70 % der Käfer tot. Der spät einsetzende Winter 2017/18 führte wohl zu einer höheren Mortalität, da die Käfer zu diesem Zeitpunkt vermutlich deutlich geschwächer waren als die Tiere im Vorjahr bei einem früher einsetzenden Winter. In beiden Jahren war das Wasser in den Versuchsschalen, gefroren und somit deutlich unter 0°C. SCHULZ (1983) stellte eine vermehrte Mortalität der Käfer ab -13°C fest. Im Eiablageversuch war die tiefste gemessene Temperatur -10,8°C im Februar 2017/18. MATHIASSEN et al. (2015b) stellten eine mittlere Lebensdauer von 239 Tagen bei 5°C fest, bis 50 % der Käfer gestorben waren und eine abnehmende Lebensdauer bei wärmeren Temperaturen. Dieses deckt sich in etwa mit der Lebensdauer der Käfer aus dem Eiablageversuch. Die Temperatur hat also einen unmittelbaren Einfluss auf die Lebensdauer.

5.1.2 Larvenabundanz im zeitlichen Verlauf

Die eigenen Versuche zeigen, dass mit früher Käfereinwanderung auch ein höheres Larvenaufkommen vor dem Winter einhergeht. Wie zu erwarten, riefen höhere Käferdichten mehr Larven hervor als geringe. Ähnliche Beobachtungen wurden von JOHNEN und MEIER (2000) und HOßFELD (1993) gemacht.

Für das Schadpotenzial des Rapserrdflohs ist die Zahl der Larven pro Pflanze vor dem Wintereinbruch entscheidend, da sie die Pflanzen schwächen und hierdurch die Auswinterung dieser begünstigen (SCHULZ, 1983; JOHNEN, 2004). Für die Höhe der Larvenzahl pro Pflanze ist die Höhe und der Zeitpunkt der Eiablage entscheidend, sowie die Käferabundanz im Bestand und die Pflanzendichte. Für die Eiablage im Netzkäfigversuch in Braunschweig können die Ergebnisse des Eiablageversuchs angenommen werden, da die Käfer aus identischen Hälterungen und Chargen stammten und an den gleichen Terminen freigelassen wurden. Jedoch können die Klimaverhältnisse in den

Eiablagebehältnissen nur bedingt auf die der Netzkäfigversuche übertragen werden, da im Freiland andere Boden- und Feuchteverhältnisse vorherrschen. Trotzdem stimmen die Daten aus dem Besiedelungs- und Eiablageversuch in etwa mit den Beobachtungen anderer Autoren überein (SCHULZ, 1983; JOHNEN und MEIER, 2000; MATHIASSEN et al., 2015b; HENNIES, 2016).

Für die Höhe des Larvenbefalls im Herbst ist die Temperatur in den Monaten September bis November und die damit verbundene Höhe der Eiablage und der Zeitpunkt des Larvenschlupfes entscheidend (JOHNEN und MEIER, 2000). Die in der Vergangenheit von verschiedenen Autoren ermittelten Temperatursummen für die Embryonalentwicklung sind relativ ähnlich; so benötigen die Embryonen bis zum Schlupf nach JOHNEN und MEIER (2000) 200°Cd über einer Schwellentemperatur von 4°C , 185°Cd über $5,1^{\circ}\text{C}$ nach MATHIASSEN et al. (2015b) und 240°Cd über $3,2^{\circ}\text{C}$ nach ALFORD (1979), wobei es beim Eischlupf zeitliche Unterschiede zwischen den Eiern eines Geleges geben kann (Früh- und Spätschlüpfer) (GODAN, 1951b). Nach BONNEMAISON (1965) liegt der embryonale Entwicklungsschwellenwert knapp über 0°C . Es kann daher davon ausgegangen werden, dass es auch bei kühlen Temperaturen zu einer, wenn auch sehr langsamen Entwicklung der Embryonen in den Eiern während des Winters kommt und somit wohl auch zu einem gewissen Schlupf.

Nach SCHULZ (1983) gibt es eine Eimortalität von ca. 50 %. Einen ähnlich hohen Wert ermittelt auch MATHIASSEN et al. (2015b). Nach dem Schlupf müssen sich die Larven eine Pflanze suchen, um sich dort einzubohren. Bei Besiedelungsversuchen von SCHULZ (1983) kam es zwischen dem Aufsetzen von Larven auf Rapspflanzen bis zum Einbohren zu einer Mortalität von ca. 40 %. HENNIES (2016) stellte in Versuchen ca. 30 % Larvenverluste vom Aufsetzen auf die Pflanze bis zur Larvenbonitur fest. Folglich wird es auch unter natürlichen Bedingungen ein gewisser Anteil der Larven nicht schaffen, sich erfolgreich in die Pflanze einzubohren. Es gibt zahlreiche Prädatoren, welche die Eier und die geschlüpften Rapsdflöhl Larven als Nahrungsquelle nutzen (WARNER et al., 2003) und so Verluste verursachen können.

Im Eiablageversuch in Braunschweig wurde bei einer Besiedelung Anfang September in den Monaten September und Oktober eine Legeleistung in den Jahren 2016/17 und 2017/18 in Höhe von 54,4 und 70,4 Eiern/Weibchen ermittelt. Bei der Larvenbonitur im November wurden in diesen Jahren 24,4 und 18,4 Larven/Weibchen festgestellt, was 44,8 bzw. 26,1 % der gelegten Eier entspricht. Somit gab es eine Mortalität vom Ei bis zur ersten Larvenbonitur von über 50 %, die sich in etwa mit den oben berichteten Werten (Schlupfquote, Einbohrverluste) deckt. Diese Werte sind jedoch nur eine grobe Einschätzung, da nicht genau festgestellt wurde, ob alle gelegten Eier bereits Ende November geschlüpft waren.

SCHULZ (1983) stellte in Netzkäfigversuchen in den Jahren 1980/81 und 1981/82 bei einer Besiedelung mit drei unterschiedlichen Käferdichten (1, 2 und 3 Käferpaare auf 28 Pflanzen) und einer Freilassung Anfang September, bei einer Larvenbonitur Mitte März im Mittel der beiden Versuchsjahre 47, 36 und 33 Larven/Weibchen fest. Diese Zahlen decken sich in etwa mit den eigenen Beobachtungen aus den Netzkäfigversuchen, in denen im Mittel 25,1 Larven/Weibchen im Frühjahr bei einer Besiedelung auch Anfang September bonitiert wurden. Ein Einfluss der Besiedelungsdichte auf die Zahl der Larven/Weibchen wurde nicht festgestellt.

Die Anwendung der Temperatursumme von 200°Cd über 4°C nach JOHNEN und MEIER (2000) zeigt, dass in Braunschweig (1. Oktober Beginn der Eiablage) die für den Schlupf der Larven benötigten Temperatursummen in den drei Versuchsjahren erst relativ spät erreicht wurden (09.11.15, 20.11.16, 23.10.17). Wird als Legetermin der 30. Oktober angenommen (die meisten Eier wurden im Eiablageversuch von Anfang bis Ende Oktober gelegt), so reicht der Schlupf zum Teil bis ins Frühjahr hinein (16.12.15, 24.03.17, 03.04.18). Dieses bedeutet, dass vor allem die im Oktober gelegten Eier die Larvenzahl im Herbst und Januar beeinflussen, nicht jedoch später gelegte Eier. Im Besiedelungsversuch in Braunschweig wurden bei der Larvenbonitur im Dezember in allen Jahren signifikante Unterschiede zwischen den Besiedelungszeitpunkten festgestellt. Im Zeitfensterversuch in Göttingen zeigte sich besonders im Jahr 2016/17 ein signifikanter Unterschied der Variante mit nur frühem Befall zu den spät aufgedeckten Varianten. Dieser ist genau wie in Braunschweig darauf zurückzuführen, dass die Mitte bis Ende Oktober gelegten Eier erst sehr spät zum Schlupf kamen. Diese signifikanten Unterschiede an beiden Standorten wurden eindeutig durch die verschiedenen Freilassungstermine bzw. Aufdeckzeitpunkte der Netzkäfige und die damit verbundenen Unterschiede in der Temperatursumme verursacht. Ein weiteres Indiz für den nur sehr geringen Larvenschlupf während des Winters, ist der geringe Anstieg der Larvenzahl in den Jahren 2016/17 und 2017/18 zwischen Januar- und März-Boniturtermin. So scheinen die Eier im Boden während des Winters ohne Larvenschlupf bis zum Frühjahr zu überdauern.

Dass aber nicht nur die Monate September und Oktober einen Einfluss auf die Populationsdynamik haben, zeigte sich in den drei Versuchsjahren aufgrund der sehr unterschiedlichen Witterung in den Monaten November bis April:

Im Jahr 2015/16 waren im Vergleich zu den anderen Jahren der September und Oktober eher kühl. Zwischen Herbst und Frühjahr wurde sowohl in Braunschweig als auch in Göttingen ein signifikanter Anstieg der Larvenzahl festgestellt, woraus geschlossen werden kann, dass die Temperatursumme in den Monaten bis zur Larvenbonitur nicht gereicht hatte, sodass der Schlupf erst später erfolgte. Im Vergleich der drei untersuchten Jahre war der Winter 2015/16 mit 4 Bodenfrosttagen sehr mild. Die Käfer legten wahrscheinlich ohne Unterbrechung Eier, die sich allerdings nur sehr langsam, aber

kontinuierlich entwickelten. Ein signifikanter Anstieg der Larvenzahl wurde in den anderen Versuchsjahren nicht festgestellt. Dieses ist kongruent zu den im Bekämpfungsversuch in Hötzum gemachten Beobachtungen, in dem die Larvenzahlen/Pflanze von der November-Bonitur bis zur Februar-Bonitur von 2,9 auf 8,7 Larven/Pflanze um den Faktor 3 anstiegen. Unter englischen Klimabedingungen wurde von COLLINS (2017) im Winter 2016/17 ebenfalls ein deutlicher Anstieg der Larvenzahl im Frühjahr nachgewiesen. Mithin wirkt ein milder Winter positiv auf die Vermehrung des Rapsderfloh. Dies wird auch bei der regionalen Zusammenfassung der Erhebungen in den Ländern deutlich. Im Monitoring zeigte sich, dass es vor allem im Norden tendenziell zu einer höheren Larvenabundanz am Boniturtermin im Frühjahr kam, was wohl auf eine kontinuierliche Eiablage während des maritimen Winters in den nördlichen Regionen zurückzuführen ist.

Besonders im Jahr 2016/17 war der September sehr warm und der darauffolgende Herbst und Winter eher kalt. In diesem Jahr zeigten sich bei der Larvenbonitur deshalb besonders große signifikante Unterschiede zwischen den Freilassungsterminen. Beim Larvenboniturtermin Ende November in Braunschweig war die zum Schlupf der Larven nötige Temperatursumme bei später Besiedelung Ende September/Anfang Oktober bzw. spätem Aufdecken noch nicht erreicht, d.h. es wurden nur vereinzelt Larven gefunden. Dieses wurde durch ein Aufsummieren der Temperatursumme über 4°C von Beginn der Eiablage im Eiablageversuch bis zum 1. Larvenboniturtermin mit 48°Cd und 99°Cd bis zur März-Bonitur in Braunschweig gezeigt. Folglich kam es erst zum Larvenschlupf, als sich der Boden in den Monaten April und Mai erwärmte. Im Bekämpfungsversuch in Sickte und im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum, begann die Käferzuwanderung Mitte September und resultierte bei einer Käferdichte von 21 bzw. 28 Käfern/m² in einer Larvendichte von 5 bzw. 4 Larven/Pflanze Anfang November. Die Larven stammten vermutlich nur von früh, nicht jedoch von erst Anfang Oktober zugewanderten Käfern.

Im Versuchsjahr 2017/18 war die Witterung der Monate September und Oktober durchschnittlich im Vergleich zu den anderen beiden Versuchsjahren. Bei den Besiedelungsterminen Mitte und Ende September/Anfang Oktober wurde in Braunschweig am 1. Boniturtermin kaum Larvenbefall festgestellt. Im Vergleich zu den anderen Jahren kam es in diesem Versuchsjahr zu einem leichten Rückgang der Larvenzahlen zwischen dem Januar- und März-Boniturtermin. Dieses kann auf die kalten Temperaturen im Februar und März zurückgeführt werden (GODAN, 1951b; MATHIASSEN et al., 2015a). Trotz einer Hauptzuwanderung erst Ende September bis Anfang Oktober in Ahlum und im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Lucklum, wurde bei der Herbstbonitur der Larvenbekämpfungsrichtwert auf beiden Schlägen überschritten. Der hohe Larvenbefall in Ahlum (5,8 Larven/Pflanze) und Lucklum (4,0 Larven/Pflanze) ist wohl auf die doppelt so hohe Käferdichte (41 bzw. 39 Käfer/m²) vergleichend zur 60 Käfer-Variante (20 Käfer/m²) im Besiedelungsversuch bei

Besiedelung Ende September/Anfang Oktober (2,5 Larven/Pflanze) zurückzuführen und zeigt, dass nicht nur der Zuwanderungszeitpunkt sondern auch die Zuwanderungsstärke entscheidend ist.

Bei der Korrelation, der durch die Freilassungstermine beeinflussten Temperatursumme bis zu dem 1. und 3. Larvenboniturtermin mit der Zahl der Larven/Weibchen, zeigt sich eine hohe erklärbare Varianz durch die Temperatursumme in Höhe von $R^2=67\%$. Die Temperatur stellt also einen der Haupteinflussfaktoren auf die Eiablage und den Schlupfzeitpunkt der Larven dar.

5.1.3 Altersstruktur der Larven

GODAN (1951b) ermittelte bei 5°C für die einzelnen Larvenstadien eine Entwicklungsdauer von 47 (L1 (Larve des 1. Entwicklungsstadiums)), 55 (L2) und 60 Tagen (L3), was einer Temperatursumme von 235, 275 und 300°Cd entspricht. Aufgrund der relativ langen Entwicklungsdauer kann gefolgert werden, dass die Larven einen für einen Winterschädling recht hohen Temperaturanspruch haben. KAUFMANN (1941c) konnte dieses durch Versuche bestätigen.

Die von GODAN (1951b) unter kühlen Bedingungen festgestellte, eher lange Entwicklungsdauer kann die langsame Entwicklung der Larven vor dem Winter in den Besiedelungsversuchen in Braunschweig, den Zeitfensterversuchen in Göttingen und den Bekämpfungsversuchen erklären. Bei den Bonituren vor dem Jahreswechsel wurden fast ausschließlich Larven des ersten Stadiums gefunden (Vgl. Kap. 4.1.5.2 und 4.2.4). Auch bei den Frühjahrsbonituren gehörte noch ein großer Teil der Larven dem ersten Stadium an. Weitere Gründe für den hohen Anteil an L1 im Frühjahr sind wahrscheinlich spät schlüpfende Larven aus überliegenden Eiern und eine bis ins Frühjahr andauernde Eiablage. Auch DOSSE (1942) stellte ein erneutes Ansteigen der Larvenzahl im Frühjahr fest und führte dieses ebenfalls auf überliegende Eier zurück. Vermutlich ist der Anstieg der Larvenzahl im Frühjahr durch das Überschreiten der im vorangegangenen Kapitel 5.1.2 berichteten Schwellentemperatur von 3–4°C für den Larvenschlupf im Boden im Frühjahr zu erklären.

Wie zu erwarten, zeigte sich ein deutlicher Einfluss der Besiedelungszeitpunkte auf die Entwicklung der Larven. So wurden in Braunschweig in den drei Versuchsjahren bei der Herbstbonitur und früher Käferbesiedelung mehr L1 gefunden (16–26 %), als bei Besiedelung Ende September/Anfang Oktober (0–8 %). Die noch höheren Septembertemperaturen ermöglichten sowohl Eiablage, Eientwicklung und frühen Larvenschlupf.

Vergleichend zwischen den Jahren zeigte sich in Braunschweig im Jahr 2015/16 ein höherer Anteil an L3 bei der Januar- und März-Bonitur als in den Versuchsjahren 2016/17 und 2017/18. Der Grund hierfür ist wahrscheinlich der sehr milde Winter, in dem sich die Larven langsam aber fast ohne Unterbrechung durch Frostereignisse weiterentwickelten. In älteren Quellen wird häufig von einem hohen Anteil an L3 vor dem Wintereinbruch berichtet (MEUCHE, 1940; KAUFMANN, 1941a), was

vermutlich auf die deutlich frühere Aussaat des Rapses in der Vergangenheit und die dadurch mögliche, zeitlich nach vorne verlagerte Entwicklung des Rapserrfloh zurückzuführen ist.

Im Jahr 2017/18 war der Anteil an L1 am 3. Boniturtermin deutlich höher als in den anderen Jahren. Vermutlich wurde die Entwicklung der Larven durch die Kälteperiode zwischen Januar- und März-Bonitur fast gänzlich gestoppt, da es in der Altersstruktur der Larven zwischen beiden Terminen kaum Veränderungen gab.

5.1.4 Einfluss starker Fröste auf die Larvenabundanz

In älteren Studien wird häufig von einem Zusammenbruch der Rapserrflohpopulation aufgrund von starken Frösten berichtet (KAUFMANN, 1941c; MEUCHE, 1944; GODAN, 1947a). Nach SCHULZ (1983) kommt es bei den Käfern bei Kahlfrösten ab -13°C zu stärkeren Verlusten. Bei den Rapserrfloheiern kommt es erst ab Minustemperaturen von unter -10°C zu einer starken Mortalität (GODAN, 1951b). Akklimatisierte Larven können unter Laborbedingungen bei -10°C bis zu 70 Stunden überleben (MATHIASSEN et al., 2015a). Der Winter 1946/47, der zu einem Zusammenbruch der Rapserrflohpopulation führte, hatte im maritimen Klima 74 und im kontinentalen Klima 59 Eistage (GODAN, 1947b) und war somit bedeutend kälter, als die in Braunschweig und Göttingen in den Versuchsjahren vorherrschenden Winter. GODAN (1951b) stellt die These auf, dass der Zusammenbruch der Rapserrflohpopulation hauptsächlich darauf zurückzuführen ist, dass Pflanzen auswintern und die in ihnen lebenden Larven ebenfalls sterben, da sie ihren Lebensraum verlieren und keine Nahrungsgrundlage mehr haben.

GODAN (1951b) vermutet, dass die im Boden liegenden Eier des Rapserrfloh in strengen Wintern als Sicherung der Population dienen, falls Larven und Käfer erfrieren. Bei Temperaturen von -5°C bis -10°C kann noch ein gewisser Teil der Eier im Boden überleben (GODAN, 1951b). In den eigenen Versuchen kam es nicht zu solch starken Bodenfrösten. Der zum Teil hohe und späte Schlupf der Larven lässt jedoch vermuten, dass die Eier die strengen Monate im Winter ohne hohe Verluste überdauerten. Ein weiterer Vorteil der langen Überdauerung der Eier im Winter könnte der für die Larven günstigere Schlupf im Frühjahr sein, wenn die Witterung bessere Möglichkeiten für die Entwicklung innerhalb der Pflanze bietet. Im Besiedelungsversuch in Braunschweig wurden in den drei Versuchsjahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 10, 14 und 12 Eistage festgestellt und im Zeitfensterversuch in Göttingen 9 im Versuchsjahr 2015/16 und 17 im Versuchsjahr 2016/17. An beiden Standorten wurden kaum erfrorene Larven beobachtet, jedoch kam es im Jahr 2016/17 nach dem Winter nur zu einem sehr geringen Anstieg der Larvenzahlen bzw. zu einem leichten Rückgang im Versuchsjahr 2017/18. Im Freiland waren die Larven in den Pflanzen häufig durch eine Schneedecke geschützt, die Schutz vor den tiefsten Temperaturen bot. Die Kältetoleranz der Larven unter Freilandbedingungen scheint somit sehr hoch zu sein. Eigene Untersuchungen (Daten

unveröffentlicht) zeigten, dass Rapsdflöhlarven in kaputtgefrorenen Rapsstielen trotz fünftägiger Frosteinwirkung (-5°C) zu 100 % überlebten. Ein Zusammenbrechen der Rapsdflöhpopulation zeigt sich somit nur bei sehr strengen Wintern.

5.1.5 Aufenthaltsort der Larven innerhalb der Pflanze

Das Schädspotenzial der Larven ist durch ihren Minierfraß begründet (GODAN, 1951a; ALFORD, 1979). Die Bestimmung des Aufenthaltsortes der Larven innerhalb der Pflanze gibt Auskunft, an welchen Stellen innerhalb der Pflanze der schädigende Fraß vornehmlich stattfindet.

In den Netzkäfigversuchen in Braunschweig und Göttingen zeigte sich, dass sich die Larven präferiert im unteren Teil des Blattstiels aufhielten. Der größte Teil der Larven hielt sich in den ältesten und damit größten Blattstielen auf. Diese Feststellungen passen zu denen von GODAN (1951a), die zeigte, dass sich Larven oft an Stellen in den Blattstiel einbohren, an denen sie eine Abstützung für ihren Körper finden, um besser in das Gewebe eindringen zu können. Diese sind überwiegend Stellen im unteren Bereich des Blattstiels. Die Larven bohren sich bevorzugt von der Oberseite des Blattstängels her ein, da hier weniger Gefäßbündel liegen und sie deshalb leichter in das Gewebe eindringen können (GODAN, 1951a). Eigene Beobachtungen bestätigten es. Die Bevorzugung der älteren Blätter gegenüber neu gebildeten könnte auch mit der Größe und der damit verbundenen höheren Biomasse dieser Blätter zu tun haben. Die Larven finden in den älteren, größeren Stielen deutlich mehr Pflanzengewebe und auch besseren Schutz vor Prädatoren. Gleiches gilt vermutlich für die Bevorzugung des unteren, dickeren Teils des Blattstiels. Aus Freilandversuchen gibt es Beobachtungen, dass Pflanzen mit höherer Biomasse häufig einen höheren Larvenbefall aufweisen, da sie mehr Lebensraum bieten (SCHULZ, 1983; NUSS, 2004). Ein weiterer Aspekt für die höhere Besiedlungsdichte der älteren Blätter ist, dass sie den Larven aufgrund ihrer früheren Bildung zum Einbohren länger zur Verfügung stehen als neu gebildete Blätter.

Ein Wechseln der Larven zwischen Blättern, wie von GODAN (1950) beschrieben, wurde in den eigenen Versuchen kaum festgestellt. Für die Larve ist ein Ausbohren immer mit dem Risiko verbunden, gefressen zu werden, respektive keine geeignete neue Einbohrstelle zu finden. Es ist daher unwahrscheinlich, dass sich die Larve, bei ausreichend Ernährungsration, ausbohrt. Somit macht es für die Larve nur Sinn, das Blatt zu wechseln, wenn es seneszent wird (z.B. während des Winters) oder wenn es, wie von GODAN (1951a) bei hoher Besiedlungsdichte beobachtet, zu einer Verjauchung der Fraßgänge und einem damit verbundenen Sauerstoffmangel im Blatt kommt. Die These, dass Larven nur selten das Blatt wechseln, wird dadurch bestätigt, dass in den neueren, oberen Blättern überwiegend L1 zu finden sind, wohingegen in den älteren Etagen ein etwa gleiches Verhältnis zwischen den Larven vorlag. Hieraus kann geschlossen werden, dass die Larven, welche sich zuerst in die Blattstiele der älteren, unteren Blätter eingebohrt haben, ihre gesamte

Entwicklung in diesen durchlaufen, ohne das Blatt zu wechseln. Die Minierlänge der Larven liegt bei ca. 2 cm während der Dauer eines Larvenstadiums (GODAN, 1951a). Ein ausgewachsenes Blatt bietet somit auch mehreren Larven genug Lebensraum bis zur Vollendung ihrer Entwicklung.

In einer Studie von GODAN (1951a), die sich unter anderem mit der Minierrichtung der Larvenstadien innerhalb des Blattstiels befasst, wurde festgestellt, dass L1 und L2 vornehmlich stielaufwärts minieren und das L3 Stadium überwiegend stielabwärts miniert. GODAN (1951a) vermutet, dass sich die L3 vorwiegend im unteren Bereich des Stiels aufhält, da sie dort den kürzesten Weg zur Erdoberfläche und zur Verpuppung hat. In den eigenen Untersuchungen war der Anteil der L3, die sich in der Stängelbasis aufhielten, nur geringfügig höher als die der L1. Wie im vorangegangenen Text bereits beschrieben, kann die Bevorzugung dieses Stängelabschnittes mit dem Durchmesser der Stängelbasis zu tun haben, da die Larve hier mehr Schutz und Nährgewebe vorfindet und bereits vorhandene Gänge hat. Eigene Beobachtungen zeigten, dass die Gänge relativ sauber sind und sich die Larven im Gang bei Gefahr, z.B. beim Zerschneiden des Stängels, zurückziehen können.

Ein Einwandern der Larven in die Endknospe zum Schutz vor tiefen Temperaturen während der Winterzeit, wie bei GODAN (1950) und BUHL (1959) beschrieben, wurde in den Versuchsjahren in Braunschweig und Göttingen tendenziell auch beobachtet. Hier zeigte sich das Einwandern in die Endknospe jedoch teils schon vor Einbruch des Winters. Es ist daher unwahrscheinlich, dass die Larven erst veranlasst durch kühle Temperaturen den Schutz der Endknospe suchen. Die Besiedelung der Endknospe geht wohl eher mit einem Anstieg des Larvenbefalls zum Winter und der damit verbundenen höheren Larvendichte pro Pflanze einher. In den Netzkäfigversuchen in Braunschweig zeigte sich bei der Einteilung in Larvenbefalls-Schadklassen, dass mit steigendem Larvenbefall pro Pflanze auch der Befall der Endknospe ansteigt. Bei den Pflanzen mit >8 Larven stieg der Endknospenbefall im Vergleich zur Schadklasse >4 Larven bei der Januar-Bonitur in Braunschweig deutlich an (38,5 % vs. 9,1 % 2015/16, 39,5% vs. 5,5 % 2016/17 und 42,1 % vs. 5,6 % 2017/18). Der Anstieg des Endknospenbefalls bei höherer Larvendichte deckt sich mit Beobachtungen von SCHULZ (1983). Ein weiterer wichtiger Faktor für den Befall der Endknospe während des Winters ist sicherlich der Blattfall während des Winters, wodurch es zu einem Konzentrationseffekt der Larven auf dem übrigbleibenden Pflanzengewebe kommt. Hoher Larvenbefall zog, wie unter Punkt 5.2.3 diskutiert, einen starken Einfluss auf den Blattverlust nach sich, wodurch ein exponentieller Anstieg des Endknospenbefalls während des Winters begünstigt wird. GODAN (1951a) fand, dass Larven bei sehr starkem Befall (über 50 Larven/Pflanze) auch im Wurzelhals minieren. Diese Beobachtung wurde in den eigenen Versuchen nur sehr selten gefunden. Wenn sich Larven in der Endknospe aufhielten, waren sie überwiegend in den Herzblättern oder im meristematischen Gewebe der Endknospe lokalisiert, nicht jedoch in oder unterhalb des Wurzelhalses.

5.1.6 Verpuppung und Jungkäferschlupf

DERRON (1979) berichtet, dass Puppen im Boden 250°Cd über einer Schwellentemperatur von 10°C zur vollständigen Entwicklung benötigen. Ein Überschreiten der für die Entwicklung notwendigen Schwellentemperatur von 10°C Bodentemperatur nach der Winterperiode wurde in Braunschweig für den 03.04.16, 01.04.17 und 09.04.18 berechnet. Es kann angenommen werden, dass die Entwicklung der Puppen im Boden erst ab Anfang April stattfindet und die vor Anfang April abgewanderten Larven bis zu diesem Zeitpunkt Puppenruhe im Boden halten. Die Bodentemperatursummen über 10°C in Braunschweig zeigen, dass die 250°Cd in einem relativ engen Zeitfenster erreicht wurden: 02.06.16, 05.06.17 und 27.05.18. Dieses wird der Grund für die relativ ähnlichen Käferschlupfzeitfenster der drei Jahre sein. Die Überwachung des Jungkäferschlupfes in der Braunschweiger Region zeigte, dass der Hauptschlupf unter Freilandbedingungen zwischen der 24. und 26. Kalenderwoche stattfand. Vermutlich ist dieser Termin unter anderen Klimaverhältnissen früher oder später.

Im Verpuppungsversuch gab es trotz des gleichen Freilassungstermins der L3 und identischem Entwicklungsstand beim Aussetzen in die Verpuppungstöpfe innerhalb des Jungkäferschlupfes eine gewisse Spannbreite. Auch beim Larvenschlupf gibt es eine relativ große Spannbreite ungeachtet des Eilegetermins (SCHULZ, 1983). Was dafür sorgt, dass nicht alle auf einmal schlüpfen, was ein evolutionärer Vorteil ist.

Früh im Verpuppungsversuch ausgesetzte Larven (November–März) wiesen eine wesentlich höhere Mortalität (bis 100 %) auf als spät freigesetzte Larven (März–Juni). Dieses könnte durch eine geringe Kältetoleranz der L3 oder Präpuppen bzw. Puppen im Boden bedingt sein. In beiden Versuchsjahren stieg die Käferschlupfquote deutlich bei Freisetzungsterminen nach Frostperioden an. Besonders im Versuchsjahr 2017/18, in dem es im Februar und März zu einer längeren Bodenfrostperiode kam, schlüpfen aus den im Januar und Februar freigesetzten Larven keine Jungkäfer. Ob die freigesetzten Larven sich im Boden auch unter kühlen Bedingungen zur Präpuppe bzw. zur Puppe entwickeln, bedarf weiterer Forschung. Daher konnte nicht abschließend geklärt werden, ob die Mortalität bei Larven, Präpuppen oder Puppen auftritt. Nach KAUFMANN (1941c) macht das Präpuppenstadium ein Fünftel des gesamten Larvenstadiums aus. Die Phase von der L3-Abwanderung bis zur Verpuppung könnte daher sehr empfindlich gegenüber Frost sein. Auch KAUFMANN (1941a) berichtet, dass im Herbst abgewanderte Larven bei starkem Frost im Boden erfrieren. Es kann aber angenommen werden, dass der Großteil der L3 unter Freilandbedingungen erst nach Frostperioden abwandert, d.h. ab Ende März. Dieses wird durch den zu Beginn des Kapitels diskutierten hohen Temperaturanspruch vom gelegten Ei bis zum Jungkäferschlupf untermauert und dem geringen Anteil an L3 bei den Januar-Bonitur. Einen weiteren wichtigen Einfluss auf die Käferschlupfquote scheint die Liegezeit der

Puppen im Boden zu spielen. Je später im Frühjahr die Larven freigesetzt wurden, desto höher war die Schlupfquote. So lag die Schlupfquote bei den im März freigesetzten Larven (kein Frosteinfluss mehr nach der Freisetzung) in den drei Jahren bei ca. 50 %, wohingegen bei Freisetzung im Mai eine Schlupfquote von etwa 90 % vorlag. Ein Einfluss von epigäischen Prädatoren (DAINESE et al., 2017) kann im Verpuppungsversuch ausgeschlossen werden, da die Schlupfbehälter permanent mit Gaze abgedeckt waren. Eine negative Beeinflussung des Jungkäferschlupfes durch Staunässe oder zur Verschlämmung neigendem Boden, wie von SCHULZ (1983) festgestellt, lag nicht vor, da der Versuchsschlag während der Versuchsperiode annähernd konstant mit Wasser versorgt war und es sich um einen durchlässigen sandigen Boden handelte. Somit scheinen neben dem Einfluss natürlicher Gegenspieler, Bodentemperatur und Liegedauer die entscheidenden Faktoren für die Mortalität der Puppen zu sein.

5.1.7 Vermehrungsrate

Eine Prognose der Nachkommenzahl pro Weibchen ist beim Rapserrdfloh sehr schwer, da die Tiere vom Einwandern in die jungen Rapsbestände ab September bis zum Jungkäferschlupf ab Juni Eier legen können und über lange Zeit vielen biotischen und abiotischen Faktoren ausgesetzt sind, die sich auf die Zahl der Nachkommen auswirken können.

Die Zahl der Jungkäfer/Weibchen schwankte in Braunschweig zwischen 8 und 35. Im Mittel über alle Besiedelungsdichten und -termine lag sie bei 16 Jungkäfern/Weibchen. Vermutlich wäre die Zahl der Nachkommen noch geringfügig höher gewesen, da Pflanzen unter den Schlupfhauben abgeschnitten wurden, um die Schlupfhauben zu platzieren, bevor alle Larven abgewandert waren. In Göttingen schwankte die Nachkommenzahl sehr stark. Im Jahr 2015/16 waren es 54 und 2016/17 nur 4 Jungkäfer/Weibchen. In den Bekämpfungsversuchen wurden 8 Jungkäfer/Käfer im Mittel der Jahre gezählt, bei einem angenommenen Geschlechterverhältnis von 1 : 1 mit den oben berichteten 16 Nachkommen im Besiedlungsversuch in Braunschweig decken würde. Aufgrund der hohen Variabilität ist es schwer, einen konkreten Faktor für unterschiedliche Vermehrungsraten des Rapserrdflohs zu nennen. Schlagspezifische Faktoren, wie Parasitierungsrate (in den eigenen Versuchen nicht erhoben), Witterung und Bodenart erschweren die Erklärung der Vermehrungsrate weiter (SCHULZ, 1983; ULBER und WEDEMEYER, 2004).

Der Besiedelungszeitpunkt und die Besiedelungsdichte hatten in keinem der Jahre einen signifikanten Einfluss auf die Nachkommenzahl/Weibchen, wohl aber auf die Zahl der Nachkommen je m². Tendenziell wurde bei Anfang September freigesetzten Käfern ein leicht erhöhter Jungkäferschlupf im Vergleich zu den späteren Besiedelungsterminen gefunden. Wird dieses im Kontext mit den Ergebnissen des Eiablageversuches betrachtet (Kap. 5.1.1), kann gefolgert werden, dass die Weibchen der späten Besiedelungstermine, die im Herbst weniger Eier legten, im Frühjahr

aber eine umso stärkere Eiablage bzw. später gelegte Eier eine höhere Überlebensrate hatten. Mit vielen Jungkäfern ist daher bei vielen Altkäfern und einem milden Winter mit geringer Käfer- und Larvenmortalität zu rechnen.

5.2 Einfluss des Rapserraflohs auf die Pflanze

5.2.1 Käferfraß

Nach der Einwanderung in die Bestände beginnen die Käfer zunächst Schaden durch Reifungsfraß zu verursachen (KAUFMANN, 1941a; SCHULZ und DAEBELER, 1984). Sowohl in den Besiedelungsversuchen in Göttingen und Braunschweig als auch in den Bekämpfungsversuchen im Freiland wurden keine nennenswerten Fraßschäden an den Blättern bonitiert. Der Bekämpfungsrichtwert von 10 % gefressener Blattfläche (HOFELD, 1987) wurde in keinem der Jahre erreicht. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch MATHIASSEN et al. (2014), die in Netzkäfigversuchen bei einer Besiedelung von 16 Käfern auf 24 Pflanzen im BBCH 12 ebenfalls nur einen sehr geringen Käferfraß bonitierten. Dass Blattfraß schädigen kann, zeigte sich in einem Entblätterungsversuch von SCHULZ und DAEBELER (1984), in dem aus einem Verlust von 25–50 % der Blattfläche im 2–4 Blattstadium ein Ertragsrückgang von bis zu 20 % und einer um 5 % verminderten Schotenbildung resultierte, wobei sich sehr früher, sehr später und mehrfacher Blattschnitt verlustfördernd auswirkte. Diese Beobachtungen decken sich mit denen von NOWATZKI und WEISS (1997), die den Fraßschaden von *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae) (Kohlerdfloh) in Sommerraps untersuchten und ebenfalls ab einer gefressenen Blattfläche von 25 % einen Einfluss auf die Vitalität der Pflanze verzeichneten. Auch Versuche von ELLIS (2015) zeigen, dass es im 2 Blattstadium ab 25 % Blattflächenverlust zu Ertragseinbußen kommen kann. SCHULZ (1983) ermittelte unter herbstlichen Witterungsverhältnissen, dass die tägliche Fraßleistung eines Käfers selten 4 mm² überstieg, wobei der Fraß der Käfer temperaturabhängig war (SCHULZ und DAEBELER, 1984). In Braunschweig wurde nur ein sehr geringer Fraßschaden bonitiert. Auch in Göttingen kam es, im Starkbefallsjahr 2016/17 mit über 80 Käfer/m², nur zu sehr geringen Pflanzenverlusten.

Aus den Beobachtungen lässt sich folgern, dass der Käferfraß nur unter sehr ungünstigen Bedingungen, wie zum Beispiel bei sehr schlechtem Feldaufgang, Trockenheit oder extrem früher und starker Einwanderung der Käfer, zu wirtschaftlichen Einbußen führen kann.

Es muss berücksichtigt werden, dass sehr früher Befall und der damit verbundene Fraßschaden in der Vergangenheit durch die neonikotinoide Beizung gemindert wurde (siehe Bekämpfungsversuch). Bei einem von BUHL (1959) durchgeführten Vergleich der Einwanderungszeiträume der Käfer zwischen den Jahren 1939/40 und 1958/59 zeigte sich, dass die Zuwanderung durch frühe Aussaat (1939/40 bereits ab 20. Juli) und einem damit verbundenem frühem Futterangebot schon im August erfolgte,

wohingegen durch spätere Aussaat (10.–20. August 1958/59) die Zuwanderung erst Anfang September erfolgte. Eigene Beobachtungen zeigten, dass die Zuwanderung unter heutigen Aussaatempfehlungen (Aussaat ab dem 20. August) frühestens Ende der ersten Septemberwoche begann und den Höhepunkt meistens Mitte bis Ende September erreichte. Ähnliche Beobachtungen wurden auch von NUSS (2004), JOHNEN und MEIER (2000), HOßFELD (1993), BÜCHS (1992) und JOHNEN (2009) gemacht. Hier kann vermutet werden, dass es durch das Fehlen des insektiziden Beizschutzes nach dem Auflaufen in Zukunft zu einem Shifting innerhalb der Käferpopulation kommen kann und Käfer wieder früher in die Bestände einwandern, da die bis zum Verbot der Beizungen bekämpften Genotypen, die früher einwandern, tendenziell mehr Eier legen und dadurch mehr Nachkommen haben (Vgl. **Abb. 38**). Hierdurch würde sich der gesamte herbstliche Entwicklungszyklus nach vorne verlagern. Ein weiterer Faktor, der die frühe Einwanderung und somit frühere und stärkere Befallsentwicklung im Herbst nach sich zieht, sind die im Trend der letzten Jahre angestiegenen Temperaturen im Herbst (VOLK et al., 2010).

5.2.2 Einfluss des Larvenbefalls auf die Bestandesdichte (Pflanzen/m²) und -architektur

In den Besiedelungsversuchen in Braunschweig und Göttingen wurden deutliche Unterschiede im Anteil der ausgewinterten Pflanzen zwischen den Versuchsjahren festgestellt.

In Braunschweig zeigte sich in den Netzkäfigversuchen, dass es nur in der 60 Käfer-Variante und Besiedelung Anfang September (T1) in den Jahren 2016/17 und 2017/18 zu signifikanten Pflanzenverlusten von -15,1 % bzw. -27,1 % bei 7,1 bzw. 5,9 Larven/Pflanze bei der Januar-Larvenbonitur kam (Pflanzenverluste ohne Käferbesatz: -3,2 % bzw. -1,1 %). Im Jahr 2015/16 wurde keine Reduktion der Pflanzen während der Wintermonate beobachtet.

In Göttingen kam es trotz fast identischen Larvenbefalls in den Jahren 2015/16 und 2016/17 (6,4 bzw. 6,2 Larven/Pflanze) nur 2016/17 zu nennenswerten Auswinterungsverlusten in Höhe von 6,3 % (Variante ohne Befall 1,3 %). In Göttingen ist der Einfluss der Abdeckung jedoch unklar, da der Raps unter den Netzkäfigen vor krassen Witterungsereignissen und herbivoren Fressfeinden besser geschützt war, als der ohne Abdeckung, was einen Effekt auf die Vitalität und Auswinterung der Pflanzen haben könnte.

In Versuchen von Nuss (2004) wurden durch eine Rapserdfluh-Larvenbekämpfungen am 09.11.00 und 13.12.01 mit Karate Zeon bei einem Befall von 17 bzw. 12 Rapserdfluhlarven je Pflanze (30 Pflanzen/m²) keine Effekte auf die Pflanzendichte festgestellt, jedoch berichtet die Autorin, dass der Winter in beiden Versuchsjahren sehr mild war.

Der Vergleich der eigenen Ergebnisse mit denen von Nuss (2004) lässt vermuten, dass Rapserdfluhlarvenbefall nur im Zusammenhang mit strengen Wintern zu Auswinterungsverlusten

führt. So wurde im Versuchsjahr 2015/16 mit einem milden Winter und nur 4 Tagen mit Bodenfrost ähnlich wie Nuss (2004) keine Auswinterung festgestellt, wohingegen es in den Jahren 2016/17 mit 36 Tagen respektive 2017/18 mit 25 Tagen Bodenfrost deutlich kälter war. Im Vergleich der Jahre 2016/17 und 2017/18 waren im Jahr 2016/17 die Monate Januar und Februar mit 19 bzw. 11 Frosttagen am kältesten, indessen gab es im Jahr 2017/18 mit 23 bzw. 12 Frosttagen im Februar und März einen späten Winter. Der späte Winter könnte die Pflanzen, die in ihrer Entwicklung schon weiter vorangeschritten waren als im Jahr 2016/17, stärker beeinträchtigt haben, sodass es zu höheren Auswinterungsverlusten im Vergleich zu den anderen Jahren kam.

Die Auswinterungsverluste waren im Besiedelungsversuch in Braunschweig in den Varianten mit frühem Rapserrflohbefall (Anfang September) deutlich höher als in den Varianten mit spätem (Ende September). Eine frühe Einwanderung führt zu einem früheren und zahlreicheren Larvenschlupf vor dem Winterbeginn. Es fressen somit mehr Larven über einen längeren Zeitraum, sodass die Pflanzen stärker geschädigt werden. Tendenziell gab es in Braunschweig bei früher Besiedelung bei den Bonituren vor der Frostperiode mehr Larven des 2. und 3. Stadiums, als bei den späteren Freisetzungsterminen. Die L2 und L3 Stadien haben im Gegensatz zu den L1 deutlich kräftigere Mandibeln und können deshalb auch die Leitbündel schädigen und in Bereiche mit härterem Gewebe vordringen (GODAN, 1951a). Die frühe Besiedelung führt demzufolge zu mehr weiterentwickelten Larven, die die Pflanze vor dem Winter stärker schwächen können und somit ein höheres Schadpotenzial verursachen. Nuss (2004) wies in Versuchen nach, dass es bei hoher Bestandesdichte (90 Pflanzen/m²) zu einer höheren Auswinterung kommt, als bei geringer Bestandesdichte (30 Pflanzen) und führte es auf die geringere Entwicklung der Einzelpflanze bei hoher Bestandesdichte und Rapserrflohlarvenbefall zurück. Daher ist wohl auch die vorwinterliche Entwicklung für die Pflanzenverluste während des Winters ein entscheidender Faktor.

In der Literatur wird als Hauptgrund für die Auswinterung die Zerstörung des Vegetationskegels durch das Minieren der Larven und das damit verbundene Verfaulen der Pflanze angegeben (GODAN, 1951a; SCHULZ, 1983). In Versuchen von GODAN (1951a) zeigte sich, dass bereits 2–3 Larven im Herz der Raps-pflanze die Pflanze zum Absterben bringen können. In den Versuchen ist als „Herz der Pflanze“, der direkt unter der Endknospe befindliche Teil der Raps-pflanze definiert. Die Pflanze stirbt ab, wenn ein Großteil der Leitbündel durch Larven zerstört wurde (GODAN, 1951a). In den Versuchen in Göttingen und Braunschweig gab es einen schwach positiven Zusammenhang zwischen Auswinterung und Endknospenbefall (Braunschweig 2016/17: R²= 26,7 %; 2017/18: R²= 19,2 %, Göttingen 2016/17: R²=11,7 %), allerdings war die Auswinterung im Jahr 2016/17 in Göttingen nur sehr gering. Die Höhe des Larvenbefalls vor Einbruch der Frostperiode (Januar-Bonitur) zeigte auch eine schwach positive Beziehung zur Zahl der ausgewinterten Pflanzen (Braunschweig 2016/17:

$R^2 = 38,1 \%$; 2017/18: $R^2 = 36,2 \%$, Göttingen 2016/17: $R^2 = 11,7 \%$). Bei der Interpretation des Bestimmtheitsmaßes wird deutlich, dass die Auswinterung wohl von vielen weiteren Faktoren abhängt, die die Vitalität der Pflanze beeinflussen.

Das Absterben des Vegetationspunktes muss aber nicht per se zu einem Absterben der Pflanze führen. Raps ist in der Lage das Fehlen des Haupttriebes durch die Aktivierung der in den Blattachsen befindlichen Seitenknospen auszugleichen (SCHULZ und DAEBELER, 1984), was zu einer Veränderung der Pflanzenarchitektur führt und Rapserrdfloh typische Besenwuchssymptome hervorrufen kann (Vgl. **Abb. 14**). Zwischen der Höhe der Auswinterung und den Besenwuchssymptomen gab es eine positiv signifikante Beziehung (Braunschweig 2016/17: $R^2 = 46,3 \%$; 2017/18: $R^2 = 46,7 \%$ und Göttingen 2016/17: $R^2 = 23,8 \%$), die Auswinterung und der Besenwuchs gehen daher wohl auf die gleiche Ursache zurück. Im Versuchsjahr 2015/16, in dem es keine merkliche Auswinterung in den Versuchen gab, wurde auch kein Besenwuchs festgestellt, wohingegen in den Jahren mit Auswinterung (2016/17 und 2017/18) ein hoher Anteil an Pflanzen mit Besenwuchs bonitiert wurde. Im Besiedelungsversuch in Braunschweig und in den Bekämpfungsversuchen bzw. gezielten Pyrethroidapplikationsversuchen wurden 2017/18 deutlich mehr Pflanzen mit Besenwuchs festgestellt als 2016/17. Dieses ist vermutlich auf die im vorangegangenen Text bereits diskutierten verschiedenen strengen Winter zurückzuführen. Ob es zu einer Auswinterung der Pflanze oder zu Besenwuchssymptomen kommt, hängt vermutlich von der Größe und Vitalität der Pflanze ab. So wintern schwache Pflanzen eher aus und starke, vitale Pflanzen aktivieren ihre Seitenknospen und können somit überleben. Es wird durch Versuche von Nuss (2004) untermauert, in denen gezeigt wurde, dass der Anteil der Pflanzen mit Besenwuchssymptomen bei einer Saatstärke von 30 Körner/m² höher (18,9 %) war, als bei einer Saatstärke von 90 Körnern/m² (12 %), wohingegen es sich bei der Auswinterung genau andersherum verhielt (30 Körner/m²-Variante 0 % und 90 Körner/m²-Variante 12,4 %), obschon der Larvenbefall bei geringer Saatstärke höher war. Ein weiterer bonitierter Parameter, der höchstwahrscheinlich im Zusammenhang mit dem Besenwuchs steht, ist die Bestandeshöhe. Durch das Fehlen eines Haupttriebes wächst die Rapspflanze in die Breite und weist eine völlig andere Architektur auf, als eine Pflanze mit apikaler Dominanz des Haupttriebes (Vgl. **Abb. 14**). Welches durch die signifikant positive Beziehung zwischen dem Anteil der Pflanzen mit Besenwuchs und der Wuchshöhe belegt wird (Braunschweig 2016/17: $R^2 = 11,2 \%$ (nicht signifikant); 2017/18: $R^2 = 27,2 \%$; und Göttingen 2016/17: $R^2 = 53,9 \%$).

Besonders stark war die Wuchshöhendepression in Göttingen im Jahr 2016/17 mit 33 cm in der Variante mit permanentem Käferbefall im Vergleich zur Variante ohne Käferbefall. Ein Einfluss der Netzkäfigabdeckung, durch die die Witterungseinflüsse gemildert wurden, kann jedoch nicht

ausgeschlossen werden. Im Besiedelungsversuch in Braunschweig zeigte sich die Wuchshöhendepression vornehmlich in den Varianten mit Besiedelung Anfang September (T1) und hohem Befall (40 Käfer und 60 Käfer). Gleiches gilt für Pflanzen mit Besenwuchssymptomen.

5.2.3 Einfluss des Larvenbefalls auf Bedeckungsgrad und NDVI

Um eine neue Methode zur Quantifizierung von Rapserrdlohlarvenschäden zu eruieren, wurden im gezielten Pyrethroidbekämpfungsversuch in Ahlum in den Jahren 2016/17 und 2017/18 der Bedeckungsgrad und der NDVI im Frühjahr mittels Luftbildern durch Spektalkamera gemessen. Der Larvenbefall in der unbehandelten Variante und der Bedeckungsgrad Anfang März 2017 war um -10,7 % (9,8 Larven/Pflanze im Januar) und 2018 um -8,9 % (9,4 Larven/Pflanze im Januar) signifikant reduziert. Eine der Erklärungen für den geringeren Bedeckungsgrad ist der höhere Anteil an ausgewinterten Pflanzen. Weiter wurde beobachtet, dass es in der unbehandelten Variante nach Frosteinfluss zu Blattverlusten in den unteren, älteren Blattetagen kam. Dieser Schaden geht auf die Fraßschäden der Larven des Rapserrdlohs in Kombination mit Frost zurück. Das Leitbündelsystem im Rapsblatt besteht aus fünf großen und sechs kleinen Leitbündelsträngen. 25 % dieser Leitbündelstränge reichen aus, um das Rapsblatt zu ernähren, ohne die Lebensdauer zu verkürzen (GODAN, 1950). Die verbleibenden Stränge kompensieren den Verlust durch einen größeren Querschnitt (GODAN, 1950). GODAN (1950) beobachtete, dass es durch Rapserrdlohlarvenbefall unter Laborbedingungen kaum zu Blattverlusten kam. In der Winterzeit kann es auch zu einem Eindringen von Wasser in die Larvengänge kommen, welches bei Frosteinfluss zu einem Aufplatzen des Rapsstiels führt, was wiederum das Absterben des Blattes verursachen kann. Die in den eigenen Versuchen beobachteten Blattverluste gehen vermutlich auf ein Zusammenspiel von Rapserrdlohlarvenfraß und Frosteinwirkung zurück.

Der NDVI gibt indirekt den Grad der Aktivität des Chlorophylls im photosynthetisch aktiven Gewebe wieder und damit die Photosyntheseleistung des Rapsbestandes (BOSCH, 2009). Der im Versuch gemessene NDVI bezieht sich nur auf photosynthetisch aktives Gewebe, nicht jedoch auf den Erdboden oder abgestorbene Pflanzenteile und kann somit den „Gesundheitszustand“ der Pflanze abbilden. Die im Versuch festgestellte signifikante Verringerung des NDVI kann durch die im Text bereits beschriebene Zerstörung der Gefäßbündel begründet sein. Die Rapsblätter können durch die durchtrennten Gefäßstränge nicht mehr ausreichend mit Nährstoffen und Wasser versorgt werden und die Chlorophylldichte ist reduziert.

Im Jahr 2017/18 wurde vom 1. Flugtermin zur Bestimmung des NDVI (13.03.18) zum 2. Flugtermin (04.04.18) in den Varianten mit hohem Larvenbefall eine Reduktion von 16,2 % beim Bedeckungsgrad und von 15,3 % beim NDVI festgestellt, wohingegen in der Variante ohne Larvenbefall eine Erhöhung von 10,2 % beim Bedeckungsgrad und 36,8 % beim NDVI vorlag. Die

Messungen wurden in dem Zeitraum durchgeführt, in dem sich der Raps normalerweise zu strecken beginnt und daher einen sehr hohen Zuwachs hat. Hieran zeigt sich, dass die „Fitness“, d.h. die Fähigkeit des Rapses sich im Frühjahr zu erholen, durch Rapserrdflohbefall beeinträchtigt ist. Ob dieses jedoch einen negativen Einfluss auf den Ertrag hat, ist vom weiteren Witterungsverlauf abhängig.

5.2.4 Ertrag

Wie im vorangegangenen Text diskutiert, verursacht der Rapserrdfloh durch Käferfraß und das Minieren der Larven eine Schwächung der Rapspflanze. Der Rapserrdflohschaden kann somit als indirekter Schaden bezeichnet werden, da er sich selten direkt auf den Ertrag auswirkt und im Kontext mit anderen abiotischen und biotischen Faktoren gesehen werden muss.

In der Literatur schwanken die Angaben über die durch den Rapserrdfloh verursachten Ertragsverluste stark: BONNEMAISON und JOURDHEUIL (1954) berichten von einem Ertragsrückgang von 25–30 % bei starkem Befall (genauer Befall unbekannt). HAYN (1956) quantifizierte bei einem Befall von 43,3 % der Pflanzen im November in Versuchen einen Mehrertrag von 2,3 t durch Bekämpfungsmaßnahmen (Befallsstärke unbekannt). SCHOTT (1959) stellte einen Ertragsrückgang von 48 % bei mehr als 6 Larven/Pflanze im Herbst fest. NILSSON (1990) ermittelte einen durchschnittlichen Ertragsrückgang von -35, -23 und -114 kg pro Larve pro Pflanze im Herbst pro Jahr in dreijährigen Versuchen. PURVINS (1986) bezifferte den Ertragsverlust mit -3,4 dt bei mehr als 5 Larven/Pflanze. LANE et al. (1995) stellten Mehrerträge von 2 dt bei einem Befall von mehr als 5 Larven/Pflanze durch eine Pyrethroidapplikation im Frühjahr (Februar/März) fest. Nuss (2004) zeigte einen maximalen Ertragsrückgang von durchschnittlich 5 % bei mehr als 11 Larven/Pflanze im Herbst, der stark zwischen Bestandesdichten und Jahren variierte.

Die sehr hohe Spannweite zwischen den ermittelten Ertragsverlusten der einzelnen Autoren lässt erahnen, dass es sehr schwierig ist, eine konkrete Zahl für das Schadpotenzial des Rapserrdflohs auszumachen.

Die im Rahmen der Forschungsarbeit erhobenen Ertragsergebnisse zeigen ebenfalls keinen eindeutigen Trend. Im Mittel der drei Versuchsjahre wurde ein Ertragsverlust von 1,5 % ($R^2=15,5\%$) pro Larve je Pflanze ermittelt. In den einzelnen Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 wurden Ertragsverluste von 73,5 ($R^2=39,9\%$); 130,7 ($R^2=23,2\%$) und 55,6 ($R^2=46,6\%$) kg pro Larve je Pflanze berechnet. An dem geringen Anteil der erklärbaren Varianz in den Regressionen zeigt sich, dass diese Korrelationen nicht sehr valide sind. Verwunderlich ist, dass es im Jahr 2015/16, in dem es tendenziell die geringste Auswinterung gab, trotzdem zu einer negativen Beziehung zwischen Ertrag und Larvenzahl kam. Für alle Jahre kann angenommen werden, dass es bei Befallswerten von

1–4 Larven/Pflanze sicherlich zu keinen Ertragseinbußen kommt, da ein geringer Larvenbefall durch die Pflanze ertragen wird (GODAN, 1950; SCHULZ, 1983). Mit steigendem Larvenbefall steigt jedoch auch der Anteil der Pflanzen mit starkem Befall. So wurde im Rahmen der Forschungsarbeit gezeigt, dass der Anteil der Pflanzen mit einem Befall, von mehr als 8 Larven/Pflanze bei einem durchschnittlichen Larvenbefall von 6 Larven/Pflanze bei ca. 20 % liegt und mit einem hohen Anteil an Pflanzen mit Endknospenbefall einhergeht. Hierdurch kann es bei ungünstigen Witterungsbedingungen zu einer erhöhten Auswinterung kommen.

Dass es auch bei hohen Larvenzahlen nicht automatisch einen Einfluss des Rapserrdflohs auf den Ertrag gegeben muss, zeigte sich in den Bekämpfungsversuchen und gezielten Pyrethroidapplikationsversuchen, in denen es in den drei untersuchten Jahren nur zu sehr geringen Ertragsunterschieden kam, obwohl der Larvenbefall zum Teil den Bekämpfungsrichtwert um das Doppelte übertraf. Ähnliche Beobachtungen wurden von WHITE (2015) und NUSS (2004) gemacht.

Bei der Analyse des durch *P. chrysocephala* verursachten Schadens ist eine genaue Betrachtung der beeinflussten Ertragsparameter nötig. Der Rapserrtrag setzt sich aus der Anzahl der Pflanzen/m² x Anzahl der Schoten/Pflanze x Anzahl der Körner/Schote x TKM zusammen (DIEPENBROCK, 2000). Nach DIEPENBROCK (2000) hat die Bestandesdichte den größten Einfluss auf den Ertrag und die einzelnen Ertragskomponenten. Wie im vorangegangenen Kapitel 5.2.2 bereits diskutiert, hatte der Rapserrdfloh in den Jahren mit strengeren Wintern (2016/17 und 2017/18) einen zum Teil signifikanten Einfluss auf die Zahl der Pflanzen/m². Ob sich die Reduktion der Bestandesdichte auf den Ertrag negativ auswirkt, hängt jedoch stark von der Vitalität der einzelnen Pflanzen ab, da Raps durch die Bildung von Seitentrieben in der Lage ist, eine Reduktion der Bestandesdichte zu kompensieren (SCHULZ und DAEBELER, 1984). Neue Hybridzüchtungen, die in den eigenen Versuchen eingesetzt wurden, haben im Vergleich zu älteren Liniensorten eine deutlich höhere Ertragsstabilität durch ein höheres Kompensationsvermögen (LÉON, 1991). GROSSE et al. (1992) stellten nach der Blüte eine um 11 % höhere Biomasse im Herbst und eine um 25 % höhere Biomasse bei HybridSorten im Vergleich zu den Elternlinien fest. NUSS (2004) zeigte in dreijährigen Versuchen, dass unterschiedliche Saatstärken in Höhe von 30, 60 und 90 Körnern/m² im Frühjahr zu deutlich verschiedenen Bestandesdichten führten (1. Versuchsjahr 37,4; 65,9 und 82,1 Pflanzen/m², im 2. Jahr 30,0; 54,1 und 76,4 Pflanzen/m² und im 3. Versuchsjahr 23,8 und 50,1 Pflanzen/m² (im 3. Jahr nur 30 und 60 Körner/m²)). Es folgten jedoch keine signifikanten Unterschiede im Ertrag. Demzufolge können auch dünne Bestandesdichten das maximale Ertragspotenzial ausschöpfen. Winterraps kann je nach Bestandesdichte und Stickstoffdüngung ca. 10.000–18.500 Blüten/m² hervorbringen, von denen sich ca. 3.300–10.700 zu Schoten entwickeln. Somit gibt es einen hohen Anteil an Blüten, die überflüssig produziert werden (LUNN et al., 2001). Bei geringen Bestandesdichten bildet die einzelne Pflanze

tendenziell mehr Blüten und einen höheren Schotenansatz als bei höheren Dichten (LAMB, 1989; LUNN et al., 2001). Die genannten Ergebnisse unterstreichen die hohe Kompensationsfähigkeit des Rapses. Insofern ist es nicht verwunderlich, dass es in den eigenen Versuchen nicht per se zu einem Ertragsrückgang durch geringere Pflanzendichten kam. In schwachen Beständen jedoch könnte es zu Ertragseffekten kommen.

Durch die diskutierte Kompensationsfähigkeit ist es ebenfalls schwer zu beurteilen, ob der zum Teil sehr hohe Anteil Besenwuchs (gezielter Pyrethroidbekämpfungsversuch in Ahlum 2017/18 ca. 60 % der Pflanzen ohne Haupttrieb) einen Einfluss auf den Ertrag hat. KAUFMANN (1942) untersuchte das Schadpotenzial von Rapsglanzkäfern und entfernte hierzu den Haupttrieb der sich im Schossen befindlichen Pflanzen und stellte fest, dass es den Ertrag erhöhte. Hier kann gefolgert werden, dass der Raps mit Besenwuchssymptomen unter günstigen Wuchsbedingungen das gleiche Ertragspotenzial hervor bringt wie normal entwickelter Raps.

Der im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch gezeigte, signifikant negative Einfluss des Rapserrdflohlarvenbefalls auf den Bedeckungsgrad und den NDVI, kann unter ungünstigen Bedingungen im Frühjahr, wie z.B. bei sehr kühlen Wachstumsbedingungen, gewiss auch einen Einfluss auf den Ertrag haben, da die Pflanzen mit weniger Blattmasse bzw. einer durch den verringerten NDVI gezeigten geringeren Photosyntheseleistung im Frühjahr zum Vegetationsstart einen Nachteil gegenüber Pflanzen mit mehr Blattmasse und höherer Photosyntheseleistung haben.

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Beurteilung des Einflusses des Rapserrdflohbefalls auf den Ertrag, ist der Einfluss der Witterung. In den Versuchen zeigten sich vor allem im Versuchsjahr 2017/18 durch ungewöhnlich hohe Temperaturen im April (Höchsttemperatur bis 29°C) und damit einhergehenden trockenen Bedingungen (Mai bis Juni 16,8 mm Regen), ungünstige Wachstumsbedingungen für den Winteraps. Vermutlich wären ohne dieses Extremwetterereignis die Ertragsunterschiede zwischen den Varianten in allen Versuchen deutlich größer gewesen. Durch die zum Teil geringeren Bestandesdichten in den befallenen Varianten stand der einzelnen Pflanze mehr Wasser zur Verfügung als in Varianten mit höherer Bestandesdichte, was in diesen wohl zu einer stärkeren Verminderung des maximalen Ertragspotenzials geführt und so die Ertragsunterschiede bedingt durch Rapserrdflohlarven verkleinert hat.

Dass der Rapserrdflohlarvenbefall auch bei milder Witterung einen Einfluss auf den Ertrag haben kann, wird durch die Ertragsverluste im Versuchsjahr 2015/16 gezeigt. Eventuell kam es bei milder Witterung zu einem stärkeren Auftreten von *Phoma lingam*. Die Fraßgänge der Rapserrdflohlarven stellen eine Eintrittspforte für pilzliche Erreger wie *P. lingam* dar, die zusätzlich Einfluss auf den Ertrag haben können (NEWMAN, 1984; SCHULZ, 1992a). Nach SCHULZ und DAEBELER (1984) kann

Rapserrdflohfall einen bis zu 2,5-fach höheren *P. lingam* Befall verursachen, was in ihren Versuchen zu etwa 15 % Ertragsverlusten führte. Nach HÄNI (2012) können Ertragsverluste von 10–20 % durch den Pilz hervorgerufen werden. Ob der Befall mit *P. lingam* im Versuchsjahr 2015/16 höher war als in den anderen Versuchsjahren, wurde jedoch nicht bonitiert.

5.3 Bekämpfung des Rapserrdflohs

Die im Rahmen des dreijährigen Bekämpfungsversuches getesteten Varianten zeigten unterschiedliche Bekämpfungserfolge gegen den Rapserrdfloh. Die Larvenzahlen pro Pflanze und pro m² wurden in allen Jahren durch eine gezielte Karate Zeon-Spritzung nach dem Erreichen des Bekämpfungsrichtwertes nach HOßFELD (1993) von 50 Käfern in drei Wochen signifikant reduziert. Die Spritzung wurde in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 je Anfang bis Mitte Oktober durchgeführt. Bei der Betrachtung des Bekämpfungsversuches im Kontext mit dem Eiablageversuch zeigt sich, dass die Käfer jeweils vor dem Beginn der Haupteiablage im Oktober bekämpft wurden und es somit kaum eine Eiablage gab.

Nach JOHNEN (1997) wird bei Pyrethroiden zwischen Sofort- und Dauerwirkung unterschieden, d.h. neben den sich im Bestand aufhaltenden Käfern können durch die langanhaltende Wirkung auch noch später zufliegende Käfer erfasst werden. Durch die Überwachung der Käferzuwanderung in den Bekämpfungsversuchen mittels Eklektoren wurde gezeigt, dass die Käferdichten im Bestand bis Mitte Oktober anstiegen und es folglich bis dahin zum Zuflug neuer Käfer kam. Eine bis Ende Oktober andauernde Zuwanderung wurde auch von BÜCHS (1992) festgestellt. Frühe Spritzungen erfassen diese spät zuwandernden Käfer nicht mehr, da die Wirkung von Pyrethroiden unter warmen Bedingungen nur wenige Tage anhält, wohingegen sie bei kühlen Temperaturen länger andauert (JOHNEN, 2009). Das Potenzial an Käfern, die in den Übersommerungslagern überdauern und in die Bestände einwandern können, ist in jedem Jahr begrenzt. Somit wurden durch eine spätere Spritzung wohl ein höherer Anteil, wenn nicht sogar alle zugewanderten Käfer, erfasst. Ein weiterer Vorteil einer späten Pyrethroid-Spritzung ist die längere Wirkdauer bei den kühleren Temperaturen im Oktober im Vergleich zum September. Es kann vermutet werden, dass die Käfer bei sehr späten Spritzungen Anfang November bereits einen Großteil der Eier gelegt haben, die vor den Wintermonaten Januar und Februar zum Schlupf kommen. Nach JOHNEN (2009) sind frühe Larvenstadien noch bekämpfbar, da sie beim Aus- und wieder Einbohren in die Pflanze mit dem Wirkstoff in Kontakt kommen und abgetötet werden. Wie in Kapitel 5.1.5 diskutiert, hat die Larve aber wohl nur unter ungünstigen Lebensbedingungen im Blattstiel das Bedürfnis sich auszubohren und einen neuen Stängel zu besiedeln. Daher ist es fraglich, ob bei einer späten Käferbekämpfung ähnlich gute Bekämpfungserfolge gegen Larven erzielt werden können, wie bei einer rechtzeitigen Käferbekämpfung.

Dieses wird durch Versuche von LANE et al. (1995) unterstützt (siehe auch LANE und COOPER (1989)), in denen gezeigt wurde, dass der Anteil L1 im Vergleich zu den L2 und L3 durch eine Pyrethroid-Applikation im Frühjahr zwischen Februar und März stärker reduziert wird. In dieser Studie wurde der Befall durch die Frühjahrs-Applikation um ca. 50 % gegenüber der Kontrolle gesenkt, was im Verhältnis zu den eigenen Herbstbekämpfungen ein deutlich geringerer Bekämpfungserfolg ist. Die Käferbekämpfung ist somit der Larvenbekämpfung zu bevorzugen, gleiches wird auch von JOHNEN (2009) empfohlen. Auch im Sinne des Resistenzmanagements ist die Käferbekämpfung einer späteren Larvenbehandlung vorzuziehen, da der durch die Spritzung hervorgerufene Selektionsdruck bei der Käferbekämpfung auf eine geringere Zahl an Individuen einwirkt und zwischen den Individuen nur bedingt Genaustausch (Kopulation) stattgefunden hat. Wird eine Bekämpfung gegen Larven durchgeführt, ist die Anzahl der Individuen und der damit verbundene Genpool deutlich größer und somit auch die Wahrscheinlichkeit, dass Resistenzen selektiert werden.

Die sehr langsame Entwicklung der Larven des Rapserrdflohs und der zum Teil sehr späte Schlupf im Frühjahr sind im Hinblick auf die Resistenzsituation als kritisch zu betrachten, da die Rüssler- und Rapsglanzkäferbekämpfungen im Frühjahr zu einer gewissen Käfer- und Larvenmortalität bei den sich sehr lange in den Pflanzen aufhaltenden Imagines und Larven des Rapserrdflohs führt (vgl. 5.1.3) und somit weiteren Selektionsdruck auf den Rapserrdflohbestand ausübt.

Dass die Käferbekämpfung in allen Versuchsjahren sehr gut terminiert war, lässt sich in den Bekämpfungsversuchen in Hötzum, Sickte und Ahlum in den Jahren 2015/16, 2016/17 und 2017/18 auch an den deutlich niedrigeren Jungkäferschlupfzahlen erkennen, die im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle um den Faktor acht, fünf und sechs signifikant verringert waren. Die Methodik der Jungkäferschlupferfassung und die damit verbundene indirekte Erhebung der Effektivität von Insektiziden könnte in Zukunft auch für die Testung der Wirksamkeit bzw. die Auswirkungen auf die Populationsdynamik neuer Insektizide nützlich sein.

Ähnlich wie in anderen europäischen Nachbarländern, ist auch in Deutschland Knock-down-Resistenz (KDR) weit verbreitet (ZIMMER et al., 2014). In einem deutschlandweiten Resistenzmonitoring wurde ein durchschnittlicher Resistenzfaktor bei *P. chrysocephala* von 20,6 im Jahr 2016 festgestellt (HEIMBACH und BRANDES, 2016). In der Braunschweiger Region gesammelte Käferproben zeigten in den letzten Jahren eine moderate Resistenz gegenüber Pyrethroiden (mündliche Mitteilungen HEIMBACH und BRANDES 2018). Trotz der vorhandenen Resistenz zeigten die Pyrethroid-Applikationen noch eine sehr effiziente Wirkung gegen den Rapserrdfloh. Dieses könnte ein Erklärungsansatz für die höheren Ertragsverluste durch Rapserrdflohschäden in Ländern wie England nach dem Verbot der neonicotinoiden Saatgutbehandlung sein (NOLEPPA, 2017; SCOTT und BILSBORROW, 2018). In diesen wirken die Pyrethroide auf Grund von aufkommenden metabolischen Resistenzen wesentlich

schlechter (WHITE, 2015; HØJLAND und KRISTENSEN, 2018). Durch das Verbot der neonikotinoiden Beizung und ein hohes Rapserrdflohaufkommen stieg der Behandlungsindex von Insektiziden in Deutschland im Raps von 2013 auf 2014 um den Faktor 5 an (HEIMBACH, 2015). Da es derzeit in Deutschland (Stand 2018) außer Pyrethroiden keine weiteren zugelassenen Wirkstoffe gegen den Rapserrdfloh gibt (ANONYMUS, 2018), ist das Risiko hoch, dass das Resistenzniveau in den nächsten Jahren weiter ansteigen wird. Daher ist die genaue Terminierung der Pyrethroidspritzung und der damit verbundene optimierte Bekämpfungserfolg ein wichtiger Baustein im Resistenzmanagement.

Von den insektiziden Saatgutbehandlungen zeigte nur Elado im Jahr 2016/17 bei den Larvenboniturterminen im November und Februar einen signifikanten Einfluss sowohl auf die Zahl der Larven/Pflanze als auch auf die der Larven/m². Dieses ist vermutlich auf die sehr frühe Käferzuwanderung im Versuchsjahr 2016/17 im Vergleich zu den anderen Jahren zurückzuführen. NUSS (2004) wies in Saatstärkenversuchen nach, dass es einen positiven Zusammenhang zwischen Pflanzendichte und Käferbefall gibt. Somit wurden die Elado-Parzellen mit einer höheren Pflanzendichte eventuell stärker von Käfern befallen als die Varianten mit weniger Pflanzen, was eventuell zu einer Verzerrung der Ergebnisse der Larvenbonituren geführt haben kann. JOHNEN (2009) zeigte in Versuchen, dass die Käferdichte durch eine Saatgutbehandlung mit Elado nicht reduziert wird, sondern nur die Larvendichte und folgerte daraus, dass vermutlich die Nahrungsaufnahme der Käfer durch Elado reduziert wird und diese Auswirkungen auf den Beginn der Eiablage hat. Das deckt sich mit eigenen Beobachtungen aus der Elado-Variante im Jahr 2016/17, in der die Larvenzahl zum März-Boniturtermin hin anstieg. Somit wurde die frühe Eiablage, die nach den bereits diskutierten Ergebnissen des Eiablageversuches für den vorwinterlichen Larvenbefall verantwortlich ist, durch die Elado-Saatgutbehandlung unterbunden. Die Hypothese von JOHNEN (2009) wird weiter durch die vergleichende Betrachtung eines Versuchs von MATHIASSEN et al. (2014) mit dem Besiedelungsversuch in Braunschweig bestärkt. MATHIASSEN et al. (2014) setzten am 11.09.12 8 Käferpärchen (fünf Wdh.) in Netzkäfige auf einer mit dem neonikotinoiden Wirkstoff Thiamethoxam (Cruiser OSR) gebeizten Fläche frei, und stellten bei einer Larvenbonitur im frühen Winter (genauer Termin unbekannt) nur 4,3 Larven/Weibchen fest. Im Vergleich hierzu wurden im Besiedelungsversuch in Braunschweig im ohne Neonikotinoid behandelten Raps bei einer Freisetzung der Käfer Anfang September, im Mittel der Jahre 22 Larven/Weibchen festgestellt, was einem fünffach höheren Wert entspricht. Dieser Vergleich zeigt auch, dass die neonikotinoide Saatgutbehandlung bei frühem Befall die Larvenzahl reduzieren kann. Ob die von JOHNEN (2009) vermutete Wirkung auf die Eiablage tatsächlich für die geringere Larvenzahl verantwortlich war, kann im Rahmen der Arbeit nicht abschließend geklärt werden. Es kann auch sein, dass Elado zu einer erhöhten Mortalität der früh schlüpfenden Larven führt und dadurch die Larvenzahl bei frühen Boniturterminen reduziert ist.

Entgegen Berichten von VAN NIEUWENHOVEN (2017) zeigten die Cyantraniliprole-haltigen Produkte Lumiposa und Fortenza Force in den eigenen Versuchen keine Wirkung auf den Rapserrdflöharvenbefall. Auch durch Integral Pro- und Force-Behandlungen wurde keine Reduktion des Larvenbesatzes erreicht. Ob die Produkte einen Einfluss auf den Fraßschaden des Rapserrdflöhs haben, konnte auf Grund der späten Zuwanderung und des fehlenden Blattfraßes nicht geklärt werden. Ein Einfluss der Prüf-Varianten auf die Altersstruktur der Larven wurde in den Bekämpfungsversuchen in keinem der Jahre festgestellt.

Wie bereits berichtet, reduzierte nur die Karate Zeon-Spritzung den Jungkäferschlupf signifikant. In der Elado-Variante wurden keine Effekte auf den Jungkäferschlupf festgestellt. Folglich hatte das Verbot der neonikotinoiden Saatgutbehandlung wohl keinen Einfluss auf das Populationswachstum beim Rapserrdflö in den letzten Jahren. Vermutlich kommt es aber durch vermehrte Bekämpfungsmaßnahmen mit Pyrethroiden im Herbst gegen den Rapserrdflö zu einer Reduktion des Befallsdrucks für das Folgejahr. Diese Reduktion wird jedoch nur solange wirken, wie die Wirkung der Pyrethroide erhalten bleibt. Dass es nach dem Verbot der neonikotinoiden Beizung im Winterapps zu einem vermehrten Auftreten des Rapserrdflöhs kam, ist mithin nicht auf das Verbot zurückzuführen, sondern auf die in regelmäßigen Abständen wiederkehrenden Gradationen des Rapserrdflöhs (MATHIASSEN, 2015).

Im Bekämpfungsversuch war in allen Versuchsjahren auffällig, dass durch die getesteten Saatgutbehandlungen (Elado, Fortenza Force, Force, Lumiposa und Integral Pro) der Auflauf im Vergleich zur Kontrolle höher war. Die Rapserrdflözuwanderung erfolgte in den untersuchten Jahren jedoch immer erst nach dem Auflaufen und die beobachtete Fraßschädigung überschritt in keinem der Jahre den Bekämpfungsrichtwert von 10 % gefressener Blattfläche (HORßFELD, 1987). Auch an Einzelpflanzen wurde kein so starker Befall beobachtet, dass sie nicht überlebt hätten. Es kann vermutet werden, dass andere Schadursachen (z.B. sehr frühe Kohlfliegen oder Schädigung durch andere Tiere im Boden) die Zahl der auflaufenden Pflanzen bereits in einem sehr frühen Stadium reduziert haben. ELLIS (2015) stellte ebenfalls höhere Pflanzendichten bei einer Saatgutbehandlung mit dem neonikotinoiden Wirkstoff Thiamethoxam (Cruiser OSR) trotz sehr geringem Käferbefalls fest.

Im Versuchsjahr 2017/18 wurde im Bekämpfungsversuch in Ahlum in der Lumiposa- und Force-Variante, sowie in der Kontrolle eine signifikante Abnahme der Bestandesdichte zwischen Herbst- und Frühjahrsbonitur nachgewiesen, in der Karate Zeon- und Elado-Variante hingegen nicht. Ähnliche Unterschiede zwischen Karate Zeon und Kontrolle wurden für das Jahr 2017/18 in den gezielten Pyrethroidapplikationsversuchen in Lucklum und Ahlum gefunden. In den Karate Zeon-Varianten kann dieses auf den deutlich niedrigeren Larvenbefall zurückgeführt werden. Die geringere

Auswinterung in der Elado-Variante kann jedoch nicht durch die Rapserrdflohlarvenzahl begründet sein, da diese auf dem Niveau der Kontrolle lag. Eventuell kann die Infektionsrate mit TuYV (Turnip-Yellows-Virus) eine Rolle spielen, die in der Elado-Variante im Vergleich zu den anderen Varianten deutlich niedriger war (für genauere Informationen zum TuYV-Befall im Bekämpfungsversuch siehe CONRAD et al. (2018)).

Durch die Karate Zeon-Applikation wurde in den Bekämpfungsversuchen und gezielten Pyrethroidapplikationsversuchen der Anteil der Pflanzen mit Besenwuchssymptomen durch signifikante Reduktion des Larvenbefalls in 2016/17 und 2017/18 signifikant reduziert. Weiterhin war durch wenige Pflanzen mit Besenwuchssymptomen die Wuchshöhe ca. 10 cm signifikant höher als im Bekämpfungsversuch 2017/18. Die möglichen Auswirkungen des Besenwuchses sind in Kap 5.2.4 bereits diskutiert worden.

Im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch in Ahlum zeigte sich in den Jahren 2016/17 und 2017/18 eine positive Wirkung der Karate Zeon-Spritzung auf den Bedeckungsgrad und den NDVI. Folglich wirkt die Karate Zeon-Applikation durch die Reduktion des Larvenbesatzes positiv auf die Vitalität der Pflanzen im Frühjahr, da weniger Blattmasse neu gebildet werden muss und die Pflanzen zügiger in die Schossphase übergehen können.

Beim Ertrag wurde im Bekämpfungsversuch nur im Jahr 2016/17 in der Elado-Variante eine im Vergleich zur Kontrolle signifikant erhöhte Erntemenge festgestellt (ca. 2 dt). Tendenziell waren die Erträge auch in der Elado-Variante in den anderen Versuchsjahren am höchsten. Ob der höhere Ertrag 2016/17 auf die Reduktion des frühen Rapserrdflohbefalls zurückzuführen ist, konnte im Rahmen dieser Forschungsarbeit nicht abschließend geklärt werden, da auch die Pflanzendichte, der TuYV-Befall und der Befall mit Aphiden eventuell Einfluss hatte. Beim gezielten Pyrethroidapplikationsversuch waren die Unterschiede zwischen der behandelten Variante und der Kontrolle ebenfalls sehr gering. Ein signifikanter Unterschied wurde nur im Versuchsjahr 2016/17 in Ahlum festgestellt. Tendenziell wurde durch die Pyrethroidapplikation in allen Jahren ein Mehrertrag, der zwischen 2,1 % und 5 % lag, erzielt. Die im Kapitel 5.2.4 von anderen Autoren berichteten Schäden durch den Rapserrdfloh sind wohl immer im Kontext mit ungünstigen Wachstumsbedingungen zu sehen und stark jahresspezifisch.

5.4 Bekämpfungsrichtwerte und Prognose der Bekämpfungswürdigkeit des Rapserrdflohs

Die Prognose der Bekämpfungswürdigkeit des Rapserrdflohs kann entweder über den Käferfraß an Blättern beurteilt werden (SCHULZ, 1983; MATHIASSEN et al., 2015b), die Gelbschalenfänge (HÖRFELD, 1993) oder über den Larvenbefall im Herbst (GODAN, 1950; SCHULZ, 1983). Der

Bekämpfungsrichtwert gibt die Höhe des Befalls an, ab dem ein wirtschaftlicher Schaden eintreten kann (HALLMANN et al., 2009).

Wie zu Beginn der Diskussion bereits erwähnt, muss bei den im Folgenden diskutierten Prognosemöglichkeiten bedacht werden, dass alle im Rahmen dieser Forschungsarbeit gemachten Untersuchungen wohl nur auf norddeutsche Klimabedingungen (Braunschweiger und Göttinger Region) übertragbar sind. Die Befallsentwicklung des Rapserrdflohs muss immer im Kontext der örtlichen Gegebenheiten gesehen und sollte dementsprechend angepasst werden (BÜCHS, 1992; HOßFELD, 1993; LAUENSTEIN, 1993).

Gelbschalen

Die Gelbschale zeigte sich in den Bekämpfungsversuchen als zuverlässiges Instrument, um den Zuflug und die Aktivität der Käfer im Bestand zu erfassen. Der Bekämpfungsrichtwert von 50 gefangenen Käfern in drei Wochen während der Hauptzuflugphase nach HOßFELD (1993) zeigte sich, ähnlich wie bei Versuchen von NUSS (2004), als bewährtes Hilfsmittel für die Bekämpfungsentscheidung. Im Jahr 2015/16 wurde der Richtwert nur mit einer bodenbündig eingegrabenen Gelbschalen-Variante festgestellt. CONRAD et al. (2017) untersuchten den Zusammenhang zwischen verschiedenen Gelbschalentypen und zeigten, dass es leichte Unterschiede in der Fängigkeit zwischen eingegrabenen Gelbschalen und ebenerdig aufgestellten Schalen gibt. Folglich spielt die Aufstellungsart der Gelbschale eine Rolle. Wäre 2015/16 im Bekämpfungsversuch in Hötzum nur die ebenerdige Aufstellung zur Prognose des Rapserrdflohbefalls verwendet worden, wäre der Befall falsch bewertet worden. Der von HOßFELD (1993) entwickelte Bekämpfungsrichtwert bezieht sich auf den eckigen Gelbschalentyp (Fa. Zeneca) ohne Gitter. Vermutlich wäre der Bekämpfungsrichtwert bei diesem Gelbschalentyp erkannt worden, da nach CONRAD et al. (2017) die Fangzahlen ohne Gitter leicht erhöht sind und der eckige Gelbschalentyp aufgrund der größeren Fläche ebenfalls zu einem höheren Fangerfolg führt. Somit ist zu erwägen, den Bekämpfungsrichtwert für unterschiedliche Gelbschalentypen anzupassen und insgesamt zu vereinheitlichen. Eine Vereinheitlichung der Gelbschalenrichtwerte bzw. -typen wird auch von anderen Autoren empfohlen (ERICHSEN und STECK, 1991; LAUENSTEIN, 1993; CONRAD et al., 2016a).

In den Versuchen wurde tendenziell eine positive Beziehung zwischen Gelbschalenfängen und Käferdichte $R^2 = 84,1 \%$ (nicht signifikant) errechnet. Auch gab es einen positiv linearen Zusammenhang zwischen Gelbschalenfängen und Larvenzahl/m² im Herbst mit $R^2 = 53,1 \%$ (nicht signifikant). Die Fallzahl war sehr gering und die Bestimmtheitsmaße sind daher nicht sehr valide. GREEN (2008) untersuchte gemäßigt maritimen Klimabedingungen in England ebenfalls den Zusammenhang zwischen Gelbschalen und Larvenaufkommen im Herbst und fand eine signifikant

lineare Beziehung ($R^2 = 69,3\%$). Somit scheint die Gelbschale in etwa die Aktivität und Abundanz der Tiere im Bestand wiederzugeben.

Kommt es in der Gelbschale vor Oktober zu einer Schadschwellenüberschreitung, sollte mit der Behandlung jedoch bis Anfang Oktober gewartet werden (Kap. 5.3). Wie in Kap 5.3 bereits diskutiert, beginnt die Eiablage der Käfer erst Anfang Oktober und die Zuwanderung kann bis Mitte Oktober andauern. Somit wird durch eine spätere Bekämpfung eine höhere Effizienz erzielt. Auch BÜCHS (1992) empfiehlt eine Applikation nicht vor Mitte Oktober und erst nach Überschreiten des Bekämpfungsrichtwertes durchzuführen.

Eklektorenfänge und Käferdichte

Im Versuchsjahr 2015/16 ließ sich in Hötzum durch für ca. eine Woche aufgestellte Eklektoren eine maximale Käferdichte von 18 Tieren/ m^2 feststellen, was in etwa der 60 Käfer-Variante (20 Käfer/ m^2) im Besiedelungsversuch in Braunschweig entsprach. Durch den milden Winter in diesem Versuchsjahr wurde im Bekämpfungsversuch in Hötzum ein Larvenbefall von 8,7 Larven/Pflanze festgestellt. In Braunschweig wurde im selben Jahr ebenfalls an allen drei Besiedelungsterminen in der 60 Käfer-Variante der Bekämpfungsrichtwert von >4 Larven/Pflanze bei der Januar-Bonitur erreicht. Bei ausschließlicher Betrachtung der Gelbschalenfänge wäre der Befall nicht erkannt worden (**Abb. 46**). Auch in der Praxis kann es trotz geringer Gelbschalenfänge bei milden Witterungsbedingungen zu einem deutlichen Anstieg der Larvenzahlen vor dem Winter kommen (JOHNEN, 2009). Der Rapserrdflohkäferbefall kann ab Mitte Oktober nur noch durch Photoeklektoren, Aufschwemmen der Käfer (BÜCHS, 1992) oder Zählen der Tiere auf den Pflanzen (1–2 Käfer/Drillreihe (zitiert bei WILLIAMS (2010)) ermittelt werden, da die Mobilität der Käfer durch niedrigere Temperaturen sinkt und sie sich dadurch nicht mehr ausreichend in Gelbschalen fangen.

Für die Bekämpfungsentscheidung anhand von Eklektorfängen müsste daher ein Bekämpfungsrichtwert für die Käferdichte bestimmt werden, ab dem es voraussichtlich vor Wintereinbruch zu einer Überschreitung des Larvenbekämpfungsrichtwertes kommt. Von SCHULZ (1983) wird eine Befalldichte von 16 Käfern/ m^2 postuliert, ab der der Larvenbekämpfungsrichtwert von >4 Larven/Pflanze erreicht werden kann. Diese Zahl stimmt mit den Besiedelungsdichten der 40 Käfer- (13 Käfer/ m^2) und 60 Käfer-Variante (20 Käfer/ m^2) Käferbesiedelungsdichten im Besiedelungsversuch in Braunschweig überein. Bei Annahme eines Geschlechterverhältnisses von 1 : 1 (Männchen : Weibchen) (Nuss, 2004) und einer wie im Eiablageversuch gezeigten mittleren, vorwinterlichen Eiablageleistung von ca. 76 Eiern/Weibchen (ermittelt im Eiablageversuch in den Jahren 2016/17 und 2017/18 bei Besiedelung Anfang September), ergeben sich bei einer Bestandesdichte von 45 Pflanzen/ m^2 rechnerisch 10,9 (40 Käfer-Variante) bzw. 16,0 (60 Käfer-Variante) Eier/Pflanze. Bei der im Kapitel 5.1.2 diskutierten Ei-Mortalität von über 50 % im Zeitraum

vom gelegten Ei bis zum Einbohren der neonaten Larve in die Pflanze, kann im Sinne einer Negativprognose ab 13 Käfern/m² Anfang Oktober eine Überschreitung des Bekämpfungsrichtwertes von >4 Larven/Pflanze eintreten. Diese Rechnung wird durch die Überschreitungen des Larvenbekämpfungsrichtwertes im Besiedelungsversuch in Braunschweig untermauert, welche nur in den 40 Käfer- und 60 Käfer-Varianten erreicht wurden.

Würde zusätzlich der Zuflugtermin durch Gelbschalen oder Photoeklektoren ermittelt, so könnte die Bekämpfungsentscheidung weiter präzisiert werden:

- Bei Befall unter 13 Käfern/m² ist keine Bekämpfung notwendig
- Zuflug bis 20.09. = Bekämpfung ab 13 Käfer/m²
- Zuflug ab 20.09. = Bekämpfung ab 20 Käfer/m²

Auch wenn bekämpfungswürdige Käferdichten erreicht wurden, sollte die Bekämpfungsmaßnahme zur Verminderung von Larvenschäden nicht vor Anfang Oktober erfolgen.

Das Aufstellen von Eklektoren ist für den Landwirt jedoch nur praktikabel, wenn die Eklektoren nicht zu teuer sind (Eine einfache Möglichkeit Eklektoren zu konstruieren ist in **Abb. 18** gegeben. Die Materialkosten belaufen sich für einen Blumentopfeklektor auf weniger als 20 Euro, jedoch müssten die verwendeten Töpfe einen deutlich größeren Durchmesser haben, um repräsentative Fänge machen zu können). Der Aufwand für das Aufstellen und die Kontrolle von Eklektoren entspricht in etwa der Gelbschalenkontrolle, da wesentlich weniger Kontrolltermine nötig sind.

Vernarbungs-Prognosemodell

In ungünstigen Jahren, in denen der Zuflug sehr spät erfolgt, es aber einen warmen Herbst und milden Winter gibt, kann es trotz geringer Gelbschalenfänge zu einem starken Larvenaufkommen kommen (z.B. 2015/16) und somit eine gezielte Bekämpfungsmaßnahme notwendig werden. Die Larvenbonitur ist sehr zeitaufwendig. Für die Sektion von zehn Rapspflanzen auf Rapsdelfloharvenbefall werden aus eigenen Erfahrungen und nach NUSS (2004) ca. 2–3 Stunden benötigt. Die Trichtermethode nach CONRAD et al. (2016b), in der die Larven sich in einem Trichter mit Gitter bis zur L3-Larve entwickeln, dann abwandern und leicht ausgezählt werden können, ist zwar weniger zeitaufwendig, eignet sich wegen der langen Dauer bis zur Abwanderung der Larven aber nur bedingt für eine Bekämpfungsentscheidung. Landwirte benötigen zur Feststellung der Bekämpfungswürdigkeit eine Methode, die verlässlich und praktikabel ist (RAMSDEN et al., 2017).

Zur Entwicklung einer arbeitsextensiveren Methode zur Bestimmung des Larvenbesatzes zeigten LANE et al. (1995) nach Vorarbeiten von COOPER und LANE (1991) einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen durch Larvenfraß vernarbten Petiolen und Larven pro Pflanze. Größere Studien von

WALTERS et al. (2001) bestätigten diesen Zusammenhang. Bei 50 % vernarbten Petiolen war der verwendete Bekämpfungsrichtwert von 5 Larven/Pflanze in 98 % der Fälle überschritten (WALTERS et al., 2001). Die Schwäche der Studie von WALTERS et al. (2001) ist jedoch, dass von 786 untersuchten Flächen nur 14 Flächen (1,8 %) mehr als 5 Larven/Pflanze aufwiesen und die 98 % Vorhersagegenauigkeit daher mit Vorsicht zu betrachten ist. Von den 14 Flächen mit Befall wurde der Larvenbefall bei 3 Flächen vom Vernarbungsindex unterschätzt.

Das im Rahmen dieser Forschungsarbeit entwickelte Vernarbungs-Prognosemodell (**Abb. 50**) beruht im Gegensatz zum von COOPER und LANE (1991) entwickelten Index nicht auf der Anzahl der Petiolen mit Vernarbungen, sondern die Vernarbungen pro Pflanze wurden gezählt. Die Intention ist jedoch die gleiche. Ähnlich wie bei COOPER und LANE (1991) zeigte sich bei der Herbstbonitur eine sehr gute Vorhersagegenauigkeit (87 % von 300 Fällen richtig vorhergesagt). Bei den 240 Fällen ohne Bekämpfungsrichtwertüberschreitung traf das Modell in 98 % der Fälle (n=237) die richtige Entscheidung, im Kontrast hierzu wurden bei den Fällen mit Bekämpfungsrichtwertüberschreitung nur 24 von 60 erkannt.

Das Modell ist somit eher für eine Negativprognose geeignet, d.h. bei unter ≤ 5 Vernarbungen pro Pflanze besteht nur ein sehr geringes Risiko (2 %) einer falsch negativen Vorhersage. Bei mehr als 5 Vernarbungen pro Pflanze im November/Dezember müsste der genaue Larvenbefall mittels Sektion bestimmt werden. Zusammengefasst bedeutet das:

- ≤ 5 Narben/Pflanze im Dezember = keine Bekämpfung
- > 5 Narben/Pflanze im Dezember = Kontrolle der Pflanzen auf Larvenbefall
- Wenn mehr als 4 Larven/Pflanze festgestellt werden = Bekämpfungsmaßnahme

Das Vernarbungs-Prognosemodell für das Frühjahr (Januar-Februar) zeigte eine deutlich geringere Treffergenauigkeit (75 % von 300 Fällen). Dieses deckt sich mit den Ergebnissen von WALTERS et al. (2001), die ebenfalls einen Abfall der Treffergenauigkeit bei späteren Boniturterminen zeigten. Die Negativprognose hatte bei 179 Fällen mit < 4 Larven/Pflanze eine Treffergenauigkeit von nur 79 %. Bei einem Befall > 4 Larven/Pflanze wurde in 67 % der Fälle die richtige Entscheidung getroffen. Die Vorhersagegenauigkeit wäre auch bei einer Negativprognose nicht mehr ausreichend.

Die schlechtere Vorhersagegenauigkeit der Modelle im Frühjahr ist vermutlich auf unterschiedliche Witterungen der Jahre zurückzuführen. So gibt es bei Frosteinfluss eine stärkere Zerstörung des Pflanzengewebes, was zu deutlicheren Narben führen kann und zu Unterschieden zwischen den Jahren führt. Auch werden durch verschiedene Vitalität von Rapsbeständen unterschiedlich viele Blätter seneszent, was zu einer stärkeren Umverteilung der Larven in den Pflanzen und damit verbundenen neuen Vernarbungen führen kann.

Larvenbefall

Als die Schadschwellen für den Rapserrdfloh entwickelt wurden, unterschied sich das Rapsanbausystem deutlich von dem heutigen. Der Saatzeitpunkt war früher, die Saatstärken waren höher und es wurden überwiegend Liniensorten angebaut (KAUFMANN, 1942; GODAN, 1950; HOFELD, 1993). Neu gezüchtete Hybridsorten haben im Vergleich zu den in der Vergangenheit angebauten Liniensorten eine wesentlich höhere Regenerationsfähigkeit und eine schnellere vorwinterliche Entwicklung (LUNN et al., 2001; ALPMANN, 2009). In der heutigen Zeit liegt die optimale Aussaatstärke bei normalen norddeutschen Bedingungen bei 40-50 Körnern/m² (COMBERG, 2014). Vor 30 Jahren war die Aussaatstärke noch etwa doppelt so hoch (SCHULZ, 1983). NUSS (2004) zeigte in ihren Untersuchungen, dass Hybridrapssorten im Vergleich zu Liniensorten einen wesentlich höheren Larvenbefall ohne Schädigung verkraften und führte dieses auf eine höhere Anzahl stärker entwickelter Blätter zurück. Die in dieser Forschungsarbeit vornehmlich verwendete Hybridsorte Avatar zeichnet sich durch eine schnelle Herbstentwicklung und ein hohes Kompensationsvermögen aus (ALPMANN, 2015). Da nicht klar ist, ob die Larvenschadschwelle von 4 Larven/Pflanze bei heutigen Anbaubedingungen noch gültig ist, wird diese Fragestellung im Nachfolgenden diskutiert.

Wie in Kap. 5.2.4 diskutiert, ist Raps in der Lage, vom Rapserrdfloh bedingte Schäden teilweise zu kompensieren. Daher ist es sehr schwer, einen Bekämpfungsrichtwert herauszustellen, ab dem ein monetärer Verlust für den Landwirt eintritt. Die Larvenbekämpfung muss spätestens vor dem Eintreten einer stärkeren Frostperiode durchgeführt worden sein. Mithin ist für eine Bekämpfungsentscheidung der Larvenbefall vor dem Winter entscheidend. Der Bekämpfungsrichtwert muss sich nach dem Prinzip der Negativprognose richten, d.h. so gewählt werden, dass selbst bei ungünstigen Witterungsbedingungen kein Schaden eintritt, da die Witterung im Winter nicht über mehrere Wochen vorhersagbar ist. Von Nuss (2004) wird angeregt, den Bekämpfungsrichtwert von 3–5 Larven auf einen etwa doppelt so hohen Wert anzuheben, wenn vitale, kompensationsfähige Hybridrapssorten angebaut werden. Im Besiedelungsversuch in Braunschweig zeigte sich jedoch, dass bereits ab einem Larvenbefall von 4–5 Larven ein Ertragsrückgang von über 5 % (nicht signifikant) hervorgerufen werden kann. Aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit sollte im Sinne einer Negativprognose der Bekämpfungsrichtwert von 4–5 Larven/Pflanze beibehalten werden. Dieser Wert ist vorsichtig angesetzt und sollte auch bei widrigen Bedingungen im Winter ausreichend sicher sein. Bei sehr vitalen Beständen kann der Wert sicherlich deutlich nach oben verschoben werden.

Prognose des Befallspotenzials neuer Rapsschläge anhand des Jungkäferschlupfes

Um das Schadpotenzial des Rapserrdflohs zu erfassen, stehen bisher vorwiegend Prognosemöglichkeiten zur Verfügung, die sich auf den akuten Rapserrdflohbefall im Herbst konzentrieren (HÖRFELD, 1993; LANE et al., 1995; JOHNEN und MEIER, 2000). Es gibt Modelle, die über die Witterung im Herbst eine Vorhersage des Befallstermins berechnen (JOHNEN et al., 2006) und es gibt Prognosen, die sich mit dem Schädling direkt nach dem Einwandern befassen (Fraß, Gelbfangschalen und Larvenabundanz) und versuchen das Schadpotenzial vorherzusagen, um daraus eine Bekämpfungswürdigkeit des Käfers oder der Larven abzuleiten (KAUFMANN, 1941c; GODAN, 1950; SCHULZ, 1983). Für die Befallsstärke im Herbst ist jedoch immer das Ausgangspotential der Käfer entscheidend, das sich aus dem Jungkäferschlupf im Frühsommer ergibt. Um genauere Erkenntnisse über die Vermehrungsrate des Rapserrdflohs zu erlangen und daraus eventuell eine frühzeitige Prognose für den Herbstbefall mit Käfern ableiten zu können, wurde im Rahmen dieser Forschungsarbeit auch der Jungkäferschlupf erfasst. Die Idee der Prognose des Herbstbefalls anhand des Jungkäferpotenzials beruht auf Arbeiten von HEIMBACH et al. (2016).

In den Besiedelungsversuchen in Braunschweig führten höhere Besiedelungsdichten zu signifikant höheren Jungkäferschlupfzahlen/m² im Folgejahr. Für die Prognose entscheidend ist, ob sich aus einem höheren Jungkäferschlupf auch ein höherer Herbstbefall ergibt. Im Bekämpfungsversuch in Braunschweig zeigte sich, dass bei einem Jungkäferschlupf von 82 Käfer/m² auf einem benachbarten Schlag im Jahr 2015/16 im Herbst ein Befall von 21 Käfern/m² und im Jahr 2016/17 bei einem Jungkäferschlupf von 156 Käfern/m² ein Herbstbefall von 41 Käfern/m² jeweils auf nahe gelegenen Schlägen hervorgerufen wurde. Somit wurde die Ausgangspopulation über den Sommer um den Faktor 3,8 bzw. 3,9 reduziert. In Göttingen kam es im Jahr 2015/16 zu einem sehr hohen Jungkäferschlupf von 593 Käfern/m², dieses zeigte sich auch in einem hohen Herbstbefall von 82 Käfern/m². Die Ausgangspopulation wurde mithin um den Faktor 7,2 reduziert. Worauf die Reduzierung zurückzuführen ist, lässt sich schwer ausmachen. Ein wichtiger Faktor sind sicherlich die Übersommerungsbedingungen. Hierzu ist in der Literatur jedoch wenig bekannt. Nach SCHULZ (1983) sucht der Rapserrdfloh Übersommerungsplätze auf, die seinem Anspruch nach Feuchte und Schatten gerecht werden. So könne ein sehr trockener oder verregneter Sommer und ein damit verbundener höherer Energieverbrauch zum Aufsuchen neuer Verstecke, die optimale Feuchte und Temperaturbedingungen bieten, eventuell zu einer höheren Mortalität führen. Ein weiterer wichtiger Faktor ist wohl auch die Rapsanbaufläche, auf die sich die Käfer verteilen. Nach BERGERMEIER (1992) spielt auch die Entfernung zur Vorjahresrapsfläche eine wichtige Rolle. In der Literatur wird häufig von Gradationsjahren des Rapserrdflohs berichtet (NOLTE, 1953; MATHIASSEN, 2015). Es ist anzunehmen, dass der Rapserrdfloh während der drei Versuchsjahre in der Braunschweiger Region im Inbegriff einer temporären Gradation war und es mithin nur einen zufälligen Zusammenhang zwischen

Jungkäferschlupf und Herbstbefall gab, der jedoch abrupt unterbrochen werden könnte. Das Ländermonitoring zeigte, dass die Höhe des Jungkäferschlupfes in den Untersuchungsjahren in den jeweiligen Regionen an den Monitoringstandorten in etwa auf einem gleichen Niveau lag. Das massenhafte Auftreten des Rapserrflohs muss immer regional betrachtet werden. Ein Trend wie in der Braunschweiger Region ließ sich im Bundesgebiet nicht erkennen.

Trotz vieler Einflussfaktoren zwischen Übersommerung und dem Befall neuer Schläge im Herbst lässt sich, wie bereits von HEIMBACH et al. (2016) vermutet, bei kleinräumiger Betrachtung des Jungkäferschlupfes, ein gewisser Zusammenhang zwischen der Höhe des Jungkäferschlupfes und dem Herbstbefall erkennen. Um aber Prognosemodelle anhand des Jungkäferschlupfes ableiten zu können, bedarf es weiterer Forschung und Erhebungen auf einer Vielzahl von Schlägen.

6 Zusammenfassung

Seit dem Verbot der neonicotinoiden Saatgutbehandlung im Winterraps in der Europäischen Union im Jahr 2013 hat Raps zum Auflaufen im Herbst keinen insektiziden Beizschutz. Einer der Hauptherbstschädlinge, der durch das Verbot begünstigt wird, ist der Rapserrdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.). Die Imagines migrieren ab September in die frisch auflaufenden Winterrapsbestände und können unter ungünstigen Wachstumsbedingungen durch Reifungsfraß an jungen Blättern Kümmerwuchs und Pflanzenverluste verursachen. Die Larven des Rapserrdflohs schlüpfen von Ende Oktober bis in das Frühjahr und sind in der Regel das schädlichste Stadium. Sie minieren in den Blättern und schwächen die Pflanze während des Winters, welches zu Auswinterung und Ertragseinbußen führen kann. Ziel dieser Arbeit war es, Biologie und Schadpotenzial dieses Schädlinge mit besonderem Fokus auf dem Einfluss von Einwanderungszeitpunkt und Käferdichte im Herbst zu untersuchen und daraus Verbesserungen zur Prognose des Auftretens und möglicher Schäden abzuleiten.

Um verschiedene Befallszeiträume und -dichten nachzustellen, wurden in den Jahren 2015/16 bis 2017/18 Halbfreiland Netzkäfigversuche etabliert, welche mit unterschiedlichen Käferdichten zu verschiedenen Zeitpunkten besiedelt wurden. Im Laufe der Vegetationsperiode wurden Entwicklung und Schadpotenzial des Rapserrdflohs überwacht. Ergänzend wurden gezielte Versuche zur Eiablage und zum Einfluss des Verpuppungszeitpunktes auf Höhe und Zeitpunkt des Jungkäferschlupfes gemacht. Die in den Versuchen gesammelten Erkenntnisse wurden in Freilandbekämpfungsversuchen bestätigt. Weiterhin wurde eine Methode zur indirekten Ermittlung des Larvenbefalls anhand der durch Larven verursachten Vernarbungen entwickelt und geprüft.

Die Ergebnisse zeigen, dass früh einwandernde Käfer ein deutlich höheres Schadpotenzial durch höhere Eiablage und einen damit verbundenen signifikant höheren Larvenbefall vor dem Winter haben, als spät einwandernde. Als Käferbekämpfungsrichtwert wurde abgeleitet, dass bei Zuflug bis 20.09. ab einer Käferdichte von 13 Käfern/m² und bei Zuflug ab dem 20.09. ab 20 Käfern/m² mehr als 4 Larven/Pflanze vor dem Winter erreicht wurden. Anfang September freigesetzte Tiere legten während ihrer Lebensspanne im Mittel der Jahre 2016/17 und 2017/18 108 Eier, wohingegen die Anfang Oktober freigesetzten Käfer 69 Eier legten. Die Haupteiablage fand im Oktober statt. Bei Freisetzung Anfang September wurden im Mittel der Jahre bei einer Larvenbonitur im Dezember mit 22 Larven/Weibchen etwa doppelt so viele Larven nachgewiesen wie bei Freisetzung Anfang Oktober. Ein milder Winter führte zu kontinuierlicher Eiablage und Larvenschlupf. Durch kalte Witterung wurden Eiablage und Larvenschlupf unterbrochen. Zwischen Larvenabundanz und Lufttemperatursumme von der Käferfreilassung bis zur Larvenbonitur wurde ein signifikant linearer Zusammenhang berechnet ($R^2 = 67\%$).

Die Larven hielten sich unabhängig vom Larvenstadium bevorzugt im unteren Ende des Blattstiels auf. Zwischen der Besiedelung der Endknospe und der Larvendichte/Pflanze zeigte sich eine positive lineare Beziehung. Hoher Larvenbesatz zeigte einen signifikanten Einfluss auf Auswinterungsverluste, Bedeckungsgrad, NDVI und Anteil/Pflanzen mit Besenwuchssymptomen im Frühjahr, wobei früher Befall in Kombination mit kaltem Winter einen deutlich stärkeren Einfluss hatte als später. Dieses gilt auch für die durch Larvenbefall verursachten Ertragsverluste. Im Besiedelungsversuch konnten bei frühem, starkem Befall signifikante Ertragsverluste von bis zu 25 % in einem der drei Jahre gezeigt werden. Frühe Abwanderung der verpuppungsreifen Larven und folgende Bodenfrostereignisse führten zu einer starken Minderung des Jungkäferschlupfes. Der Hauptschlupf der Jungkäfer fand in allen Jahren zwischen der 24. und 26. Kalenderwoche statt. Im Mittel der Jahre wurden 16 Nachkommen/Weibchen gezählt.

In den dreijährigen Bekämpfungsversuchen in der Braunschweiger Region wurde der Einfluss von sechs verschiedenen insektiziden Blattapplikationen und Saatgutbehandlungen auf den Rapserrdfloh untersucht: Karate Zeon (a.i. lambda-Cyhalothrin), Elado (Clothianidin + beta-Cyfluthrin), Fortenza Force (Cyantraniliprole + Tefluthrin) (nur 2015), Lumiposa (Cyantraniliprole) (nur 2016 und 2017), Integral Pro (*Bacillus amyloliquefaciens*) (nur 2016) und Force (Tefluthrin) (nur 2017). Von den Saatgutbehandlungen zeigte nur Elado bei früher Käferzuwanderung eine signifikante Reduktion des Larvenbefalls. Clothianidin- und Cyantraniliprolehaltige Produkte führten zu einem höheren Auflauf unabhängig von den erfassten Insektenschäden. Durch eine gezielte Karate Zeon-Applikation (Anfang bis Mitte Oktober) zum Zeitpunkt der Haupteiablage, nach dem Erreichen des Käferbekämpfungsschwellenwertes von 50 Käfern in drei Wochen in Gelbschalen, wurden Larvenbefall und Jungkäferschlupf in allen Jahren signifikant reduziert (80–90 %). Eine noch recht gute Bekämpfung des Rapserrdflohs mit Pyrethroiden lässt sich auch aus dem Larvenbefall und Jungkäferschlupf im Ländermonitoring beim Vergleich behandelter zu unbehandelter Flächen ableiten. Nur die Elado-Variante zeigte im Jahr 2016/17 einen signifikanten Mehrertrag gegenüber der Kontrolle in Höhe von ca. 2 dt. Bei den anderen Varianten wurde kein signifikanter Mehrertrag gemessen.

Der Zusammenhang zwischen der Anzahl der Vernarbungen/Pflanze und der Anzahl der Larven/Pflanze zeigte, dass bei einer Larvenbonitur im November/Dezember bei durchschnittlich ≤ 5 Vernarbungen/Pflanze in 98 % der Fälle der Bekämpfungsrichtwert von 4 Larven nicht überschritten war. Ab >4 Narben/Pflanze müssen die Pflanzen auf Larvenbesatz untersucht werden.

Insgesamt wurde durch die Arbeit das Wissen zu Biologie und zum Schadpotenzial des Rapserrdflohs erweitert und eine Verbesserung bzw. Absicherung der Vorgehensweise bei der Bekämpfung des Rapserrdflohs erreicht. Einige Bereiche bedürfen jedoch weiterer Forschung. So sollten das

Vernarbungs-Larven-Prognose-Modell und die in den Netzkäfigversuchen gewonnenen Erkenntnisse im Freiland in verschiedenen Umwelten für die Praxis weiterentwickelt werden.

7 Summary

After the ban of neonicotinoid seed treatment in winter oilseed rape in the European Union in 2013 emerging plants have no protection against insect damage. A primary autumn pest for which neonicotinoid seed treatments provided protection is the cabbage stem flea beetle, (*Psylliodes chrysocephala* L.). The imagines start migrating to oilseed rape crops in September. Maturation feeding on seedlings can cause stunting and poor plant vigour and even plant losses. Larvae start hatching from end of October until spring causing the main damage in Germany. They are mining within leaf petioles throughout the winter, which can lead to plant and seed yield losses. Aims of this study were to gain more knowledge on biology and damage potential of this pest with focus on impact of immigration time and beetle density in autumn and to improve prognosis of pest occurrence and damage potential.

To simulate different beetle immigration dates and densities semi field net cage experiments were established in 2015/16 to 2017/18 in the region of Braunschweig (Germany) and targeted beetle densities were released at different dates. During vegetation period the development and damage potential of the cabbage stem flea beetle was observed. In addition experiments on oviposition and the impact of pupation date on mortality of pupae were carried out. The reliability of the results was checked in chemical control trials under field conditions. A method for assessing the larval infestation indirectly by counting the number of larval caused scars was developed and validated too.

The results indicate that early immigration of beetles compared to late immigration led to significantly higher damage potential caused by higher number of deposited eggs and larval infestation before onset of winter. As control threshold a beetle density of 13 beetles/m² until 20th of October and 20 beetles/m² from 20th of October were derived. This density led to more than four larvae per plant before onset of winter. At the beginning of September released beetles deposited in average 108 eggs, whereas at beginning of October released beetles produced 69 eggs. Main oviposition period was in October. Imagines released at the beginning of September produced 22 larvae until December sampling occasion, twice as much larvae as beetles released at the beginning of October. Mild winter conditions led to continuous oviposition and hatching of larvae during winter time, while cold temperatures stopped it. Between aboveground temperature sum from the day of release until larvae sampling date in autumn and spring a significant linear correlation was found ($R^2 = 67\%$).

The larvae were mainly located in the lower part of the petioles independent of the larval developmental stage. Between numbers of larvae feeding in the vegetation point and larval density per plant a positive correlation was found. High larval infestation showed significant impact on winter plant losses, plant surface coverage, NDVI and proportion of bushy plants in spring. Early

infestation by beetles accompanied by cold conditions during winter had a higher damage impact compared with late immigration. This relation was also shown for seed yield losses. In a net cage trial early and high beetle infestation led to significant seed yield losses up to 25 % in one of the years. Early dropping for pupation of mature larvae followed by ground frost resulted in decreased numbers of new generation beetles in pupation trials. Main emerging time of new generation beetles occurred between 24th and 26th calendar week in all years. In average 16 offspring per female were determined.

The effect of six different insecticides on the cabbage stem flea beetle was investigated in 3 years of field trials in the region of Braunschweig (Germany): Karate Zeon (a.i. lambda-cyhalothrin), Elado (clothianidin + betacyfluthrin), Fortenza Force (cyantraniliprole + tefluthrin) (only 2015), Lumiposa (cyantraniliprole) (only 2016 and 2017), Integral Pro (*Bacillus amyloliquefaciens*) (only 2016) and Force (tefluthrin) (only 2017). As seed treatment only Elado showed a significant reduction of larval infestation though only in a year with early immigration. Cyantraniliprole and clothianidin seed treatments seem to support crop emergence independent of insect pest pressure. Spraying of Karate Zeon, after reaching the threshold of 50 beetles per yellow water trap within three weeks, at main oviposition period (beginning until mid October), significantly decreased the number of larvae and new beetles in all years. Compared with the control only Elado seed treatment increased the seed yield significant in 2016/17 about plus 200 kg. There was no significant effect of any other treatment on seed yield.

There was a significant correlation between number of scars per plant and number of larvae per plant. At plant sampling date in November/December the model predictions were true in 98 % of all investigated cases. That means, the larval threshold of 4- larvae/plant was not exceeded if in average ≤ 5 scars/plant were found. In case of >5 scars/plant it is necessary to dissect plants on larval infestation.

Overall, the data of the present study complement the knowledge on biology and damage potential of the cabbage stem flea beetle in winter oil seed rape and can be used to improve the control of this pest. In some areas further studies are needed. The scar-larvae-prognosis model and the results of the net cage experiments will need to be verified under different climatic and agricultural field conditions and should be developed further for practical use.

8 Literaturverzeichnis

- ALFORD**, D.V., 1979: Observations on the cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephala*, on winter oil-seed rape in Cambridgeshire. *Annals of Applied Biology* 93 (2), 117–123, DOI:10.1111/j.1744-7348.1979.tb06521.x.
- ALFORD**, D.V., **C. NILSSON** UND **B. ULBER**, 2003: Insect pests of winter oilseed rape crops. In: *Biocontrol of oilseed rape pests*. ALFORD, D.V. (Hrsg.), Oxford, Blackwell Science, S. 9–41.
- ALPMANN**, L., 2009: Hybride oder Liniensorte? *Innovation* (3), 22–23.
- ALPMANN**, L., 2015: Die Sorte macht den Rapserttrag. *Innovation* (2), 18–19.
- ANONYMUS**, 2016: Colza associé à un couvert de légumineuses gélives, Terres Inova.
- ANONYMUS**, 2018: Pflanzenschutzmittelverzeichnis Teil 1: Acker - Wiesen und Weiden - Hopfenbau - Nichtkulturland, Bundesamt für den Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit.
- BARARI**, H., **S.M. COOK**, **S.J. CLARK** UND **I.H. WILLIAMS**, 2005: Effect of a turnip rape (*Brassica rapa*) trap crop on stem-mining pests and their parasitoids in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *BioControl* 50 (1), 69–86, DOI:10.1007/s10526-004-0895-0.
- BAROSO**, J.M., 2013: Commission Implementing Regulation (EU) No 485/2013 of 24 May 2013. *Official Journal of the European Union*.
- BERGERMEIER**, A., 1992: ELWIRA - Entscheidungsmodell für den insektizideinsatz in Winterraps. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen.
- BONNEMAISON**, L., 1965: Insect Pests of Crucifers and Their Control. *Annual Review of Entomology* 10, 233–256.
- BONNEMAISON**, L. UND **P. JOURDHEUIL**, 1954: L'altise d'hiver du colza (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Annales des Épiphyties* 4, 345–524.
- BOSCH**, J., 2009: Bestandesführung mit Sensor. Teil 2: Anwendung. *Getreidemagazin* 17, 42–45.
- BRANDES**, M. UND **U. HEIMBACH**, 2015: Raps: Wie weiter ohne insektizide Beizen? *Top agrar* (8), 52–56.
- BRANDES**, M. UND **U. HEIMBACH**, 2018: Pyrethroid resistance of insect pests of oilseed rape in Germany. *IOBC-WPRS Bulletin* (136), 69–72.
- BRETZ**, F., **T. HOTHORN** UND **P. H. WESTFALL**, 2011: *Multiple comparisons using R*. Boca Raton, Fla., Chapman & Hall/CRC Press.
- BROSCHWITZ**, B., **P. STEINBACH** UND **S. GOLTERMANN**, 1993: Einfluss stengelbewohnender tierischer Schaderreger auf den Befall von Winterraps mit *Phoma lingam* und *Botrytis cinerea*. *Gesunde Pflanzen* 45 (3), 106–110.
- BÜCHS**, W., 1992: Insektizide gegen den Rapserrdfloh einsparen. *Der Pflanzenarzt* 45 (3), 23–25.
- BUHL**, K., 1959: Beobachtungen und Untersuchungen über die Biologie und Bekämpfung des Rapserrdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.) in Schleswig-Holstein. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz* 66 (6), 321–337.

- CADOUX, S., G. SAUZET, M. VALANTIN-MORISON, C. PONTET, L. CHAMPOLIVIER, C. ROBERT, J. LIEVEN, F. FLÉNET, O. MANGENOT, P. FAUVIN UND N. LANDÉ, 2015:** Intercropping frost-sensitive legume crops with winter oilseed rape reduces weed competition, insect damage, and improves nitrogen use efficiency. *Oilseeds & fas Crops and Lipids (OCL)* 22 (3), D302, DOI:10.1051/ocl/2015014.
- COLLINS, L., 2017:** National Survey of Cabbage Stem Flea Beetle Larvae in Winter Oilseed Rape Plants in Autumn 2016 and Spring 2017. AHDB Cereals & Oilseeds; Project Report Nr. 572.
- COMBERG, C., 2014:** Einfluss der Bestandesarchitektur auf die Ertragsbildung im Winterraps (*Brassica napus* L.). Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- CONRAD, N., M. BRANDES, D. GABRIEL UND U. HEIMBACH, 2016a:** Adults of cabbage stem flea beetle (*Psylliodes chrysocephala* L.) in different types of yellow water traps in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal für Kulturpflanzen* 68 (8), 217–222, DOI:10.5073/JFK.2016.08.01.
- CONRAD, N., M. BRANDES UND U. HEIMBACH, 2016b:** Passive Austreibung von Rapserrdflohlarven (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Journal für Kulturpflanzen* 68 (9), 249–252.
- CONRAD, N., M. BRANDES UND U. HEIMBACH, 2017:** Gelbschalen: Rund oder eckig, das ist hier die Frage. *Der Pflanzenarzt* 70 (8), 16–18.
- CONRAD, N., M. BRANDES, T. WILL, J.-A. VERREET, B. ULBER UND U. HEIMBACH, 2018:** Effects of insecticidal seed treatments and foliar sprays in winter oilseed rape in autumn on insect pests and TuYV infection. *Journal of Plant Diseases and Protection* 125 (6), 557–565, DOI:10.1007/s41348-018-0173-5.
- COOPER, D.A. UND A. LANE, 1991:** Monitoring of oilseed rape pests in England and Wales. *IOBC-WPRS Bulletin* 17 (9), 5–13.
- DAINESE, M., G. SCHNEIDER, J. KRAUSS UND I. STEFFAN-DEWENTER, 2017:** Complementarity among natural enemies enhances pest suppression. *Scientific reports* 7 (1), 8172, DOI:10.1038/s41598-017-08316-z.
- DERRON, J.O., 1979:** Verbesserung der Methoden zur Vorhersage von Schäden durch den Rapserrdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Mitt. Schweiz. Landw.* 27 (1/2), 21–23.
- DERRON, J.O. UND G. GOY, 1991:** The winter flea beetle of rape (*Psylliodes chrysocephala* L.): biology, injuriousness and control. *Revue Suisse d' Agriculture* 23 (1), 5–9.
- DIEPENBROCK, W., 2000:** Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Research* 67 (1), 35–49, DOI:10.1016/S0378-4290(00)00082-4.
- DOBSON, R.M., 1959:** Hatching of the egg in the cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephala* (L.) (Col., Chrysomelidae). *The Entomologist's Monthly Magazine* 85, 180–181.
- DÖRING, A., 2012:** Effect of plant characteristics on host plant selection and larval performance of specialist insect pests on Brassicaceae. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- DOSSE, G., 1942:** Beiträge zum Massenwechsel des Rapserrdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz* 52 (7/8), 353–373.
- DOSSE, G., 1961:** *Thersilochus melanogaster* Thoms. als Larvenparasit des Rapserrdflohs *Psylliodes chrysocephala* L. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz* 68 (10/11), 575–580.

- DROBNY, H.G., P. SELZER UND J.L. RISON, 2014:** DuPont™ Cyazypyr®: Ein neuer insektizider Wirkstoff mit breitem Wirkungsspektrum. 59. Deutsche Pflanzenschutztagung "Forschen – Wissen – Pflanzen schützen: Ernährung sichern!" Julius-Kühn-Archiv 447, 279.
- ELLIS, S., 2015:** Maximising control of cabbage stem flea beetles (CSFB) without neonicotinoid seed treatments: AHDB Cereals and Oilseeds Projektbericht Nr. 546.
- ELVIDGE, C.D. UND Z. CHEN, 1995:** Comparison of broad-band and narrow-band red and near-infrared vegetation indices. *Remote Sensing of Environment* 54 (1), 38–48, DOI:10.1016/0034-4257(95)00132-K.
- EPPO, 2001a:** *Phyllotreta* spp. on rape: PP1/218(1). EPPO Standards PP1 2nd Edition. Efficacy evaluation of plant protection products. Volume 3. Insecticides & Acaricides, 242–244.
- EPPO, 2001b:** *Psylliodes chrysocephala*: PP 1/73(3). EPPO Standards PP1 2nd Edition. Efficacy evaluation of plant protection products. Volume 3. Insecticides & Acaricides, 95–97.
- ERICHSEN, E., 2006:** Neue Rapsbeizen - Dargestellt am Beispiel der Kohlfliedenproblematik. *Raps* 24 (3), 116–123.
- ERICHSEN, E. UND U. STECK, 1991:** Die verwirrende Vielfalt bei den Gelbschalen: (The confusing diversity of yellow traps). *Gesunde Pflanzen* 43 (9), 306–307.
- FERGUSON, A.W., H. BARARI, D.J. WARNER, J.M. CAMPBELL, E.T. SMITH, N.P. WATTS UND I.H. WILLIAMS, 2006:** Distributions and interactions of the stem miners *Psylliodes chrysocephala* and *Ceutorhynchus pallidactylus* and their parasitoids in a crop of winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 119 (2), 81–92, DOI:10.1111/j.1570-7458.2006.00404.x.
- FERGUSON, A.W., Z. KLUKOWSKI, B. WALCZAK, S.J. CLARK, S.A. MUGGLESTONE, J.N. PERRY UND I.H. WILLIAMS, 2003:** Spatial distribution of pest insects in oilseed rape: Implications for integrated pest management. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95 (2-3), 509–521, DOI:10.1016/S0167-8809(02)00200-1.
- GODAN, D., 1947a:** Beobachtungen an Ölfruchtschlägen im Küstengebiet der Ostsee nach dem Winter 1946/47. *Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes* 1 (3), 51–53.
- GODAN, D., 1947b:** Der Einfluss der Witterung auf den Massenwechsel des Rapserrdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes* 1 (7/8), 101–104.
- GODAN, D., 1948:** Bericht über die im Winter 1947/48 durchgeführten Untersuchungen von Raps- und Rübsenproben auf Befall mit Rapserrdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) -Larven. *Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes* 2 (3/4), 38–39.
- GODAN, D., 1950:** Über die Wirkung des Rapserrdflohlarven-Befalls auf die Rapspflanze. *Mitteilungen aus der Biologischen Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem* (69).
- GODAN, D., 1951a:** Die Miniertätigkeit der Larven des Rapserrdflohes (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 32 (3), 458–475.
- GODAN, D., 1951b:** Über den Einfluß hoher und tiefer Temperaturen auf die Entwicklungsstadien des Rapserrdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Zeitschrift für Pflanzenbau und Pflanzenschutz* 45 (2), 169–178.

- GODAN, D.**, 1951c: Über Nahrungs- und Brutpflanzen des Rapserrfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.). Anzeiger für Schädlingskunde 24 (6), 81–84, DOI:10.1007/BF02311555.
- GRAHAM, C.W. UND D.V. ALFORD**, 1981: The distribution and importance of cabbage stem flea beetle (*Psylliodes chrysocephala* (L.)) on winter oilseed rape in England. Plant Pathology 30, 141–145.
- GREEN, D.B.**, 2008: Revised thresholds for cabbage stem flea beetle on oilseed rape: HGCA Projektbericht Nr. 428.
- GROSSE, F., J. LÉON UND W. DIEPENBROCK**, 1992: Ertragsbildung und Ertragsstruktur bei Winterraps (*Brassica napus* L.) II. Vergleich zwischen Elternlinien und deren F 1 - und F 2 -Generationen. Journal of Agronomy and Crop Science 169 (1-2), 94–103, DOI:10.1111/j.1439-037X.1992.tb01187.x.
- HALLMANN, J., A. QUADT-HALLMANN UND A. V. TIEDEMANN**, 2009: Phytomedizin: Grundwissen Bachelor. Stuttgart, Ulmer.
- HÄNI, F.J.**, 2012: Pflanzenschutz im nachhaltigen Ackerbau: Lehr- und Praxishandbuch für prozessorientiertes Lernen und Handeln, Edition Lmz.
- HAYN, W.**, 1956: Über neue Methoden zur Bekämpfung einiger Winterschädlinge. Nachrichtenblatt für den deutschen Pflanzenschutzdienst 10 (12), 237–243.
- HEIMBACH, U.**, 2015: Raps: Eine neue kritische Saison. DLG-Mitteilungen (8).
- HEIMBACH, U. UND M. BRANDES**, 2016: Pyrethroid resistance of insect pests in oilseed rape in Germany since 2005. IOBC-WPRS Bulletin (116), 17–22.
- HEIMBACH, U., M. BRANDES, N. CONRAD UND B. ULBER**, 2016: Would more data on the population dynamics of insect pests in oilseed rape support better decision support in IPM? IOBC-WPRS Bulletin (116), 43.
- HEIMBACH, U. UND A. MÜLLER**, 2013: Incidence of pyrethroid-resistant oilseed rape pests in Germany. Pest management science 69 (2), 209–216, DOI:10.1002/ps.3351.
- HENNIES, H.**, 2016: Evaluation of resistance mechanisms against *Delia radicum* L. and *Psylliodes chrysocephala* L. in brassicaceous accessions. Dissertation: Georg-August-Universität Göttingen.
- HERVÉ, M.R.**, 2018: Breeding for insect resistance in oilseed rape: Challenges, current knowledge and perspectives. Plant Breeding 137 (1), 27–34, DOI:10.1111/pbr.12552.
- HOFFMANN, G.M. UND H. SCHMUTTERER**, 1999: Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen: 14 Tabellen. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.
- HØJLAND, D.H. UND M. KRISTENSEN**, 2018: Target-site and metabolic resistance against λ -cyhalothrin in cabbage stem flea beetles in Denmark. Bulletin of Insectology 71 (1), 45–49.
- HØJLAND, D.H., R. NAUEN, S.P. FOSTER, M.S. WILLIAMSON UND M. KRISTENSEN**, 2015: Incidence, Spread and Mechanisms of Pyrethroid Resistance in European Populations of the Cabbage Stem Flea Beetle, *Psylliodes chrysocephala* L. (Coleoptera: Chrysomelidae). PloS one 10 (12), e0146045, DOI:10.1371/journal.pone.0146045.
- HORNIG, H.**, 1964: Rapserrfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.) aus Winteröfruchtbeständen verschwunden. Gesunde Pflanzen 16, 78–80.

- HOBFELD, R.**, 1987: Schadschwellen bei tierischen Rapsschädlingen 5 (2), 70–72.
- HOBFELD, R.**, 1990: Erfahrungen mit Kontrolle und Bekämpfung des Rapserrdflohs. Raps 8 (3), 126–128.
- HOBFELD, R.**, 1993: Die Gelbschale als Entscheidungshilfe bei der Bekämpfung des Rapserrdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). Gesunde Pflanzen 45 (8), 291–295.
- JOHNEN, A.**, 1997: Witterungsverlauf bestimmt die Behandlungstermine. Raps 15 (2), 56–60.
- JOHNEN, A.**, 2004: Rapserrdfloh rechtzeitig erkennen? Raps 22 (12), 160–163.
- JOHNEN, A.**, 2009: Entscheidend ist die Witterung. DLG-Mitteilungen (8), 49–53.
- JOHNEN, A. UND H. MEIER**, 2000: A weather-based decision support system for managing oilseed rape pests. British crop protection conference - pests and diseases 2000, 793–800.
- JOHNEN, A., B. ULBER, I.H. WILLIAMS, Z. KULKOWSKI UND C. NILSSON**, 2006: Prüfung der Vorhersagegenauigkeit der proPlant-Phänologiemodelle für wichtige Schädlinge im Winterraps unter heterogenen Klima. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (400), 277.
- KAUFMANN, O.**, 1941a: Epidemiologie und Massenwechsel des Rapserrdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz 51, 342–368.
- KAUFMANN, O.**, 1941b: Neuere Erkenntnisse über den Rapserrdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.). Mitteilungen aus der Biologischen Reichsanstalt Berlin-Dahlem (65), 72–74.
- KAUFMANN, O.**, 1941c: Zur Biologie des Rapserrdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.). Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz 51 (7), 305–324.
- KAUFMANN, O.**, 1942: Über die Reaktion der schossenden Rapsrpflanze auf Rapsrpglanzkäferfraß und andere Schäden. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz 52 (11), 486–509.
- LAIRD, N.M. UND J.H. WARE**, 1982: Random-Effects Models For Longitudinal Data. Biometrics 38 (4), 963–974.
- LAMB, R.J.**, 1989: Entomology Of Oilseed Brassica Crops. Annual Review of Entomology 34 (1), 211–229, DOI:10.1146/annurev.ento.34.1.211.
- LANDSCHREIBER, M.**, 2017: Schadtiere im Winterraps: Ist die Lage noch beherrschbar? Bauernblatt (26. August 2017), 30–35.
- LANE, A. UND D.A. COOPER**, 1989: Importance and control of insect pests in oilseed rape. Aspects of Applied Biology 23, 269–276.
- LANE, A., J.M. HOLLIDAY UND K.F.A. WALTERS**, 1995: A rapid method for assessing infestations of cabbage stem flea beetle larvae in winter oilseedrape and implications for control. IOBC-WPRS Bulletin (18), 127–133.
- LAUENSTEIN, G.**, 1993: Schwellenwerte für die Bekämpfung von Rapsschädlingen. Raps 11 (1), 27–31.
- LÉON, J.**, 1991: Heterosis and Mixing Effects in Winter Oilseed Rape. Crop Science 31 (2), 281, DOI:10.2135/cropsci1991.0011183X003100020009x.

- LUNN, G.D., J.H. SPINK, STOKES D. T., WADE A., CLARE R. W. UND SCOTT R. K., 2001:** Canopy management in winter oilseed rape: HGCA Project report Nr. OS-49.
- MATHIASSEN, H., 2015:** Biological aspects for forecasting of the cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephala* L. Dissertation, Universität Kopenhagen.
- MATHIASSEN, H., J. BLIGAARD UND P. ESBJERG, 2015a:** Survival of cabbage stem flea beetle larvae, *Psylliodes chrysocephala*, exposed to low temperatures. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 157 (2), 220–226, DOI:10.1111/eea.12351.
- MATHIASSEN, H., P. ESBJERG UND J. BLIGAARD, 2014:** Early plant injury as an indicator of infestation level of the cabbage stem flea beetle? *IOBC-WPRS Bulletin* (104), 31–37.
- MATHIASSEN, H., H. SØRENSEN, J. BLIGAARD UND P. ESBJERG, 2015b:** Effect of temperature on reproduction and embryonic development of the cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephala* L., (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Applied Entomology* 139 (8), 600–608, DOI:10.1111/jen.12201.
- MEUCHE, A., 1940:** Untersuchungen am Rapserrdflö (*Psylliodes chrysocephala* L.) in Ostholstein. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 27 (3), 464–495, DOI:10.1111/j.1439-0418.1940.tb00501.x.
- MEUCHE, A., 1944:** Zur Überwinterung des Rapserrdflö (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpathologie) und Pflanzenschutz* 54 (5/6), 137–153.
- MOHR, K.H., 1960:** Erdflöhe (*Col. Chrys. Halticinae*), Ziemsen.
- NEWMAN, P.L., 1984:** The effects of insect larval damage upon the incidence of canker in winter oilseed raps. *British crop protection conference - pests and diseases*, 815–822.
- NILSSON, C., 1990:** Yield losses in winter rape caused by cabbage stem flea beetle larvae (*Psylliodes chrysocephala* (L.)). *IOBC-WPRS Bulletin* 13 (4), 53–56.
- NOLEPPA, S., 2017:** Banning neonicotinoids in the European Union: An ex-post assessment of economic and environmental costs: HFFA Research paper 01/2017.
- NOLTE, H.W., 1953:** Beiträge zur Epidemiologie und Prognose des Rapserrdflö (*Psylliodes chrysocephala* L.). *Beiträge zur Entomologie* 3 (5), 518–529.
- NOWATZKI, T.M. UND M. WEISS, 1997:** Effects of simulated and flea beetle injury to cotyledons on growth of drought-stressed oilseed rape, *Brassica napus* L. *Canadian Journal of Plant Science* 77 (3), 475–481, DOI:10.4141/P96-145.
- NUSS, H., 2004:** Einfluss der Pflanzendichte und –architektur auf Abundanz und innerpflanzliche Verteilung stängelminierender Schadinsekten in Winterraps. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- PURVINS, G., 1986:** The influence of cabbage stem flea beetle (*Psylliodes chrysocephala* L.) on yields of oilseedrape. *British crop protection conference - pests and diseases 1986*, 753–759.
- RAMSDEN, M.W., S.L. KENDALL, S.A. ELLIS UND P.M. BERRY, 2017:** A review of economic thresholds for invertebrate pests in UK arable crops. *Crop Protection* 96, 30–43, DOI:10.1016/j.cropro.2017.01.009.

- ROßBERG, D.**, 2016: Erhebungen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln im Ackerbau. Journal für Kulturpflanzen 68 (2), 25–37, DOI:10.5073/JFK.2016.02.01.
- ROUSE, R.W., R.H. HAAS, D.W. DEERING UND J.A. SCHELL**, 1974: Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation: NASA/GSFCT TYPTE II Report, USA.
- SÄRINGER, G.**, 1984: Summer diapause of cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephala* L. (Col., Chrysomelidae). Zeitschrift für Angewandte Entomologie 98 (1 - 5), 50–54, DOI:10.1111/j.1439-0418.1984.tb02683.x.
- SCHAARSCHMIDT, F. UND L. VAAS**, 2009: Analysis of Trials with Complex Treatment Structure Using Multiple Contrast Tests. Hortscience 44 (1), 188–195.
- SCHALL, R.**, 1991: Estimation in generalized linear models with random effects. Biometrika 78 (4), 719–727, DOI:10.1093/biomet/78.4.719.
- SCHIERBAUM-SCHICKLER, C.**, 2006: Einfluss einer mehrjährig differenzierten Bodenbearbeitung auf die Befallsdichte und Populationsentwicklung von Schadinsekten in Winterrapskulturen. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen.
- SCHOTT, H.**, 1959: Epidemiologie des Rapserrdflöhes (*Psylliodes chrysocephala* L.). Dissertation, Humboldt - Universität zu Berlin.
- SCHRÖDTER, H. UND H.W. NOLTE**, 1954: Die Abhängigkeit der Aktivität des Rapserrdflöhes (*Psylliodes chrysocephala* L.) von klimatischen Faktoren insbesondere Licht, Temperatur und Feuchtigkeit. Beiträge zur Entomologie 4 (5/6), 528–543.
- SCHULZ, R.-R.**, 1983: Zur Biologie, Ökologie und Schadwirkung des Rapserrdflöhes (*Psylliodes chrysocephala* L.) an Winterraps (*Brassica napus* L. *oleifera* Metzg.). Dissertation, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock.
- SCHULZ, R.-R.**, 1985: Untersuchungen zur Vermehrungsrate des Rapserrdflöhes (*Psylliodes chrysocephala* L.). Archives Of Phytopathology And Plant Protection 21 (4), 305–311, DOI:10.1080/03235408509435950.
- SCHULZ, R.-R.**, 1992a: Einfluss von tierischen Schaderregern auf Ertragskomponenten und Pilzbefall von Winterraps. Raps 10 (1), 37–38.
- SCHULZ, R.-R.**, 1992b: Untersuchungen zur Aktivität und zum Zuflugverhalten des Rapserrdflöhes (*Psylliodes chrysocephala* L.). Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes 44 (1), 6–8.
- SCHULZ, R.-R. UND F. DAEBELER**, 1984: Zum Schaden durch den Rapserrdflöhe (*Psylliodes chrysocephala* L.), insbesondere seiner Imagines. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR 38 (6), 113–115.
- SCOTT, C. UND P.E. BILSBORROW**, 2018: The impact of the EU neonicotinoid seed-dressing ban on oilseed rape production in England. (Zur Veröffentlichung angenommen) Pest management science, DOI:10.1002/ps.5189.
- STATISTISCHES BUNDESAMT**, 2018: Wirtschaftsbereiche - Feldfrüchte und Grünland - Statistisches Bundesamt (Destatis). Zugriff: 24. Juli 2018, URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/FeldfruechteGruenland/Tabellen/FeldfruechteZeitreihe.html>.

- THE R DEVELOPMENT CORE TEAM**, 2015: R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing.
- ULBER**, B., 2003: Parasitoids of Flea Beetles. In: *Biocontrol of oilseed rape pests*. ALFORD, D.V. (Hrsg.), Oxford, Blackwell Science, S. 125–138.
- ULBER**, B. UND R. **WEDEMEYER**, 2004: Incidence of larval parasitism of *Psylliodes chrysocephala* within oilseed rape crops in Germany. IOBC-WPRS Bulletin 27 (10), 275–280.
- VAN NIEUWENHOVEN**, A., 2017: Cyantraniliprole insecticide seed treatment: a new unique tool for integrated pest management in oilseed rape in Europe. EPPO Workshop on Integrated Management of Insect Pests in Oilseed Rape, Julius Kühn-Institut, Berlin 20.-22.09.2017, 20.
- VIG**, K., 2003: Data on the biology of cabbage stem flea beetle, *Psylliodes chrysocephalus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera, Chrysomelidae, Alticinae). Communications in agricultural and applied biological sciences 68 (4a), 231–237.
- VOLK**, T., K. **EPKE**, V. **GERSTNER**, C. **LEUTHNER**, A. **ROTTERDAM**, A. **JOHNEN** UND J.-S. **RICHTHOFEN**, 2010: Auswirkungen des Klimawandels auf Schädlinge und Pilzkrankheiten wichtiger Ackerbaukulturen Nordrhein-Westfalens: Abschlussbericht, proPlant Gesellschaft für Agrar- und Umweltinformatik.
- WALTERS**, K.F.A., A. **LANE**, D.A. **COOPER** UND D. **MORGAN**, 2001: A commercially acceptable assessment technique for improved control of cabbage stem flea beetle feeding on winter oilseed rape. Crop Protection 20 (10), 907–912, DOI:10.1016/S0261-2194(01)00040-0.
- WARNER**, D.J., L.J. **ALLEN-WILLIAMS**, S. **WARRINGTON**, A.W. **FERGUSON** UND I.H. **WILLIAMS**, 2003: Mapping, characterisation, and comparison of the spatio-temporal distributions of cabbage stem flea beetle (*Psylliodes chrysocephala*), carabids, and Collembola in a crop of winter oilseed rape (*Brassica napus*). Entomologia Experimentalis et Applicata 109 (3), 225–234, DOI:10.1046/j.0013-8703.2003.00112.x.
- WHITE**, S., 2015: Cabbage stem flea beetle larval survey (2015). AHDB Cereals & Oilseeds; Project Reports Nr. 585 & 586.
- WILLIAMS**, I.H., 2010: The major insect pests of oilseed rape in Europe and their management: an overview. In: *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. WILLIAMS, I.H. (Hrsg.), Springer, S. 1–44.
- ZIMMER**, C.T., A. **MÜLLER**, U. **HEIMBACH** UND R. **NAUEN**, 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 108, 1–7, DOI:10.1016/j.pestbp.2013.11.005.
- ZUUR**, A.F., E. N. **IENO**, N. **WALKER**, A. A. **SAVELIEV** UND G. M. **SMITH**, 2009: Mixed effects models and extensions in ecology with R. New York, Springer New York, DOI:10.1007/978-0-387-87458-6.

9 Anhang

Tab. 83: Für die Schadwirkung des Rapserrdflohs relevante Aspekte im Besiedelungsversuch in Braunschweig (2015/16, 2016/17 und 2017/18), im Befallszeitfensterversuch in Göttingen (2015/16 und 2016/17), im Bekämpfungsversuch an den Standorten Hötzum (2015/16), Sickte (2016/17) und Ahlum (2017/18) und im gezielten Pyrethroidapplikationsversuch an den Standorten Ahlum (2016/17 und 2017/18) und Lucklum 2017/18.

1= Beginn des Zuflugs (früheste Fänge in den Gelbschalen bzw. Besiedelungstermine);

2= Mittlere Fangsumme der Gelbschalenfänge im Zeitraum vom 1. September bis zum Erreichen einer

3= Maximale Käferdichte/m² im Herbst (mit Eklektoren gemessen oder Besiedelungsdichte);

4= Mittlerer Anteil der Pflanzen (%) mit einem Larvenbefall >4 Larven/Pflanze am 2. Boniturtermin (Januar);

5= Mittlerer Anteil der Pflanzen (%) mit einem Larvenbefall >8 Larven/Pflanze am 2. Boniturtermin (Januar);

6= Mittlerer Larvenbefall/Pflanze am 2. Boniturtermin (Januar);

7= Mittlere Bestandesdichte (Pflanzen/m² im Frühjahr (März–April));

8= (%) Ertragsunterschied zur unbefallenen Kontrolle (in den Bekämpfungsversuchen wurde die Karate Zeon-Variante als unbefallene Kontrolle angenommen);

9= Ertrag (kg/ha) der unbefallenen Kontrolle (in den Bekämpfungsversuchen wurde die Karate Zeon-Variante als unbefallene Kontrolle angenommen).

Jahr	Versuch	Variante	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	Hötzum Bekämpfung	Kontrolle	14.09.	22	18	78	45	8,7	38	-4,2	2501
16	Hötzum Bekämpfung	Karate	14.09.	22	18	8	0	1,9	44	0,0	2501
16	Hötzum Bekämpfung	Elado	14.09.	22	18	68	35	7,2	49	0,8	2501
16	Hötzum Bekämpfung	Fortenza	14.09.	22	18	68	38	8,4	53	-3,2	2501
16	Braunschweig Besiedelung	Kontrolle			0	0	0	0,0	37	0,0	3174
16	Braunschweig Besiedelung	20K T1	11.09.		7	18	2	2,1	34	-4,3	3174
16	Braunschweig Besiedelung	40K T1	11.09.		13	44	8	4,2	33	-3,0	3174
16	Braunschweig Besiedelung	60K T1	11.09.		20	64	24	6,6	35	-6,4	3174
16	Braunschweig Besiedelung	20K T2	21.09.		7	6	0	1,9	35	1,2	3174
16	Braunschweig Besiedelung	40K T2	21.09.		13	42	12	4,8	34	3,8	3174
16	Braunschweig Besiedelung	60K T2	21.09.		20	56	20	5,8	35	-6,5	3174
16	Braunschweig Besiedelung	20K T3	30.09.		7	2	0	0,7	33	-1,4	3174
16	Braunschweig Besiedelung	40K T3	30.09.		13	8	0	1,7	34	1,9	3174
16	Braunschweig Besiedelung	60K T3	30.09.		20	52	16	5,2	32	-1,8	3174
16	Göttingen Zeitfenster	permanent	14.09.	96	22	56	24	6,4	30	-30,0	3060
16	Göttingen Zeitfenster	ohne				14	3	1,2	33	0,0	3060
16	Göttingen Zeitfenster	nur früh	14.09.			29	5	3,4	29	-7,1	3060
16	Göttingen Zeitfenster	spät	21.09.			70	26	6,8	33	-8,7	3060
16	Göttingen Zeitfenster	sehr spät	05.10.			64	33	6,8	33	-19,5	3060
17	Sickte Bekämpfung	Kontrolle	05.09.	52	21	43	20	4,8	39	3,3	2421
17	Sickte Bekämpfung	Karate	05.09.	52	21	10	5	1,8	43	0,0	2421
17	Sickte Bekämpfung	Elado	05.09.	52	21	20	3	2,2	56	12,0	2421
17	Sickte Bekämpfung	Lumiposa	05.09.	52	21	45	13	4,5	48	5,8	2421
17	Sickte Bekämpfung	Integral Pro	05.09.	52	21	45	15	4,7	44	-6,6	2421
17	Braunschweig Besiedelung	Kontrolle			0	0	0	0,3	29	0,0	3787
17	Braunschweig Besiedelung	20K T1	05.09.		7	8	2	1,4	31	2,1	3787
17	Braunschweig Besiedelung	40K T1	05.09.		13	50	20	4,7	32	-11,4	3787
17	Braunschweig Besiedelung	60K T1	05.09.		20	70	30	7,1	31	-25,4	3787
17	Braunschweig Besiedelung	20K T2	19.09.		7	0	0	0,3	31	-1,5	3787
17	Braunschweig Besiedelung	40K T2	19.09.		13	14	0	2,0	30	1,2	3787
17	Braunschweig Besiedelung	60K T2	19.09.		20	26	6	2,9	31	-5,8	3787
17	Braunschweig Besiedelung	20K T3	04.10.		7	0	0	0,1	28	-3,4	3787
17	Braunschweig Besiedelung	40K T3	04.10.		13	6	0	0,5	27	3,8	3787
17	Braunschweig Besiedelung	60K T3	04.10.		20	2	0	0,4	30	2,0	3787

Anhang

Jahr	Versuch	Variante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
17	Göttingen Zeitfenster	permanent	06.09.	377	88	57	28	6,2	31	-58,2	4647	
17	Göttingen Zeitfenster	ohne				0	0	0,3	37	0,0	4647	
17	Göttingen Zeitfenster	nur früh	06.09.			85	43	9,2	33	-39,1	4647	
17	Göttingen Zeitfenster	spät	27.09.			8	0	1,9	34	-28,9	4647	
17	Göttingen Zeitfenster	sehr spät	10.10.			0	0	0,5	39	0,8	4647	
17	Ahlum Pyrethroid	Kontrolle	05.09.	92	28	33	20	4,8	23	-3,4	4204	
17	Ahlum Pyrethroid	Karate	05.09.	92	28	3	0	0,6	29	0,0	4204	
18	Ahlum Bekämpfung	Kontrolle	14.09.	81	41	73	40	7,7	30	0,4	2851	
18	Ahlum Bekämpfung	Karate	14.09.	81	41	3	0	1,2	37	0,0	2851	
18	Ahlum Bekämpfung	Elado	14.09.	81	41	73	40	9,1	39	2,3	2851	
18	Ahlum Bekämpfung	Lumiposa	14.09.	81	41	73	40	7,6	29	-6,4	2851	
18	Ahlum Bekämpfung	Force	14.09.	81	41	80	53	8,7	31	-7,0	2851	
18	Braunschweig Besiedelung	Kontrolle				0	0	0,2	31	0,0	3299	
18	Braunschweig Besiedelung	20K T1	08.09.			7	22	2	2,6	31	-0,8	3299
18	Braunschweig Besiedelung	40K T1	08.09.			13	44	14	4,8	31	-7,3	3299
18	Braunschweig Besiedelung	60K T1	08.09.			20	64	22	5,9	31	-11,4	3299
18	Braunschweig Besiedelung	20K T2	22.09.			7	14	4	2,4	30	-0,7	3299
18	Braunschweig Besiedelung	40K T2	22.09.			13	40	8	4,1	32	-1,6	3299
18	Braunschweig Besiedelung	60K T2	22.09.			20	48	16	5,1	30	-11,5	3299
18	Braunschweig Besiedelung	20K T3	05.10.			7	8	4	1,2	23	-1,2	3299
18	Braunschweig Besiedelung	40K T3	05.10.			13	14	2	1,9	30	3,8	3299
18	Braunschweig Besiedelung	60K T3	05.10.			20	16	4	2,3	31	1,5	3299
18	Ahlum Pyrethroid	Kontrolle	14.09.	52	21	68	30	7,3	37	-4,8	2823	
18	Ahlum Pyrethroid	Karate	14.09.	52	21	5	0	0,9	46	0,0	2823	
18	Lucklum Pyrethroid	Kontrolle	14.09.	60	39	85	55	9,4	28	-2,1	3220	
18	Lucklum Pyrethroid	Karate	14.09.	60	39	0	0	0,6	45	0,0	3220	

10 Veröffentlichungen im Rahmen des Projektes

2018

Conrad N.; Brandes M.; Ulber B.; Heimbach U. (2018): Effect of migration time on population dynamics and damage potential of cabbage stem flea beetle (*Psylliodes chrysocephala* L.). IOBC-WPRS Bulletin 136, 56-57

Conrad N.; Brandes M.; Ulber B., Will T.; Verreet J.-A., Heimbach U. (2018): Effects of insecticidal seed treatments and foliar sprays in winter oilseed rape in autumn on insect pests and TuYV infection. Journal of Plant Diseases and Protection (JPDP). 125 (6), 557-565 <https://doi.org/10.1007/s41348-018-0173-5>

Conrad N.; Brandes M.; Heimbach U.; Ulber B. (2018): Rapserrdfloh - Wie wichtig sind Besiedlungszeitpunkt und-dichte? 61. Deutsche Pflanzenschutztagung, Julius-Kühn-Archiv, 461, 237-238

2017

Conrad N.; Heimbach U.; Brandes M.; Ulber B. (2017): Rapserrdfloh bekämpfung dem tatsächlichen Bedarf anpassen! Raps 35 (3), 22-25

Conrad N.; Brandes M.; Heimbach U. (2017): Schadinsekten in Raps-Beständen besser erkennen: Gelbschalen: Rund oder eckig, das ist hier die Frage (2017): Der Pflanzenarzt 70 (8); 16-18

Conrad N.; Brandes M.; Heimbach, U. (2017): Panikspritzungen helfen nicht weiter. Land & Forst 170 (35); 32-34

Conrad N.; Brandes M.; Heimbach U. (2017): Damit Pyrethroide optimal wirken. Badische Bauern-Zeitung 39; 27-28

Conrad N.; Brandes M. (2017): Winterraps ohne neonikotinoide Beize – ein „gefundenes Fressen“ für Schädlinge in 2016/17. Keimblatt 31; 1-2

Heimbach U.; Conrad N.; Brandes M. (2017): Rapsanbau ohne insektizide Saatgutbehandlung? Rheinische Bauernzeitung 71 (28); 20-22

2016

Conrad N.; Brandes M.; Gabriel D.; Heimbach U. (2016): Einfluss des Gelbschalentyps auf die Fangzahlen von Rapserrdfloh (*Psylliodes chrysocephala* L.). in Winterraps (*Brassica napus* L.). Journal für Kulturpflanzen 68 (8), 217-222

Conrad N.; Brandes M.; Heimbach U. (2016): Passive Austreibung von Rapserrdflohlarven (*Psylliodes chrysocephala* L.). Journal für Kulturpflanzen 68 (9), 249-252

Conrad N.; Brandes M.; Heimbach U. (2016): Adults of *Psylliodes chrysocephala* in different types of yellow water traps in winter oilseed rape. IOBC-WPRS Bulletin 116, 51-52

Conrad N.; Brandes M.; Heimbach U. (2016): Automatic extraction of *Psylliodes chrysocephala* larvae versus sorting by hand. IOBC-WPRS Bulletin 116, 63-66

Conrad N.; Brandes M.; Köneke A.; Heimbach U. (2016): Impact of different insecticides sprayed in autumn or treated to winter oilseed rape seeds on the number of *Psylliodes chrysocephala* larvae and TuYV infection. IOBC-WPRS Bulletin 116, 2-5

Conrad N.; Brandes M.; Heimbach U.; Ulber B.; Klink H.; Verreet J.-A. (2016): Brauchen wir eine gezieltere Bekämpfung des Rapserrdflohs (*Psylliodes chrysocephala* L.)? 60. Deutsche Pflanzenschutztagung, Julius-Kühn-Archiv, 454, 237-238

Heimbach U.; Brandes M.; Conrad N.; Ulber B. (2016): Would more data on the population dynamics of insect pests in oilseed rape support better decision support in IPM?. IOBC-WPRS Bulletin 116, 43

Heimbach U.; Brandes M.; Conrad N.; Ulber B. (2016): Möglichkeiten des Photoektoreinsatzes bei Schadinsekten im Ackerbau. 60. Deutsche Pflanzenschutztagung, Julius-Kühn-Archiv, 454, 242



Herausgeber:

UNION ZUR FÖRDERUNG VON
OEL- UND PROTEINPFLANZEN E.V. (UFOP)

Claire-Waldoff-Straße 7 · 10117 Berlin

info@ufop.de · www.ufop.de