



Schlussbericht zum Thema

Entwicklung eines nachhaltigen
Managementsystems für den
Möhrenblattfloh im ökologischen
Möhrenanbau

FKZ: 2815OE090, 2815OE107, 2815OE108

Projektnehmer: Julius Kühn-Institut
Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen
(JKI), Öko-BeratungsGesellschaft mbH,
Leibniz Universität Hannover

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung
und Landwirtschaft auf Grund eines Beschlusses des
Deutschen Bundestages im Rahmen des
Bundesprogramms Ökologischer Landbau.

Das Bundesprogramm Ökologischer Landbau Landwirtschaft (BÖL) hat sich zum Ziel gesetzt, die Rahmenbedingungen für die ökologische und nachhaltige Land- und Lebensmittelwirtschaft in Deutschland zu verbessern. Es wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) finanziert und in der BÖL-Geschäftsstelle in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) in Bonn in die Praxis umgesetzt. Das Programm untergliedert sich in zwei ineinandergreifende Aktionsfelder, den Forschungs- und den Informationsbereich.

Detaillierte Informationen und aktuelle Entwicklungen finden Sie unter www.bundesprogramm.de

Wenn Sie weitere Fragen haben, wenden Sie sich bitte an:

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn
Tel: 0228-6845-3280
E-Mail: boel@ble.de

Abschlußbericht

Entwicklung eines nachhaltigen Managementsystems für den Möhrenblattfloh im ökologischen Möhrenanbau

Förderkennzeichen: 2815OE090

Laufzeit: 20.03.2017 – 30.09.2022

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags.

Gefördert durch



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Verbundprojektpartner:**Gesamtprojekt und Projektleitung JKI**

Julius Kühn-Institut (JKI)

Seit 25.05.2022 Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und urbanem Grün;

vorherige Bezeichnung: Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst

Dr. Ute Vogler

Messeweg 11/12

38104 Braunschweig

Telefon: 0531 299-4400

Telefax: 0531 299-3009

Mail: ute.vogler@julius-kuehn.de

Projektpartner Öko-BeratungsGesellschaft

Öko-BeratungsGesellschaft mbH

Holger Buck

Eichethof 1

85411 Hohenkammer

Tel: 08137 6372-900

Fax: 08137 6372-919

Mail: h.buck@naturland-beratung.de

Projektpartner Universität Hannover

Leibniz Universität Hannover

Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme - Abt. Phytomedizin

Dr. Rainer Meyhöfer

Herrenhäuserstr. 2

D-30419 Hannover

Tel: 0511 7623096

Fax: 0511 7623015

Mail: meyhoefer@ipp.uni-hannover.de

Entwicklung eines nachhaltigen Managementsystems für den Möhrenblattfloh im ökologischen Möhrenanbau

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	10
Anhang	11
1. Einführung	12
1.1 Gegenstand des Vorhabens.....	12
1.1.1 Ausgangslage und fachliche Heranführung an das Projekt (JKI)	12
1.1.2 Schadsymptome und Schadpotenzial verursacht durch <i>T. apicalis</i> und Lso (JKI)	12
1.1.3 Bisheriger Stand des Wissens zum Monitoring (LUH)	14
1.1.4 Bisheriger Stand des Wissens zur (chemischen, nicht-chemischen und vorbeugenden) Bekämpfung (ÖBG).....	16
1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen (JKI)	17
1.3 Planung und Ablauf des Projektes (JKI)	20
1.4 Kooperierende Personen und Institutionen (JKI)	22
2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde (JKI)	22
3. Material und Methoden	24
3.1 Untersuchungen zum zeitlichen Auftreten von <i>T. apicalis</i> (JKI).....	24
3.1.1 Flug- und Befallsüberwachung	24
3.1.2 Schadsymptome an Möhren	31
3.2 Untersuchungen zur Biologie von <i>T. apicalis</i> (JKI).....	32
3.2.1 Aufbau einer dauerhaften Zucht am JKI.....	32
3.2.2 Beobachtung und Beschreibung der Entwicklung vom Ei bis zum Imago und Erfassung entwicklungsrelevanter Parameter	32
3.2.3 Sessilität von <i>T. apicalis</i> an Möhren (Laborversuch)	34
3.2.4 Abwanderung von <i>T. apicalis</i> im Spätsommer	34
3.2.5 Überwinterung von <i>T. apicalis</i> (Freilandversuch)	35
3.2.6 Auswirkung von Trockenstress der Futterpflanze auf die Vermehrung von <i>T. apicalis</i>	35

3.3. Untersuchungen zum Verhalten von <i>T. apicalis</i> (LUH).....	36
3.3.1 Migrationsverhalten von <i>T. apicalis</i>	36
3.3.2 Visuelle Orientierung von <i>T. apicalis</i> Versuche 2021-22 (LUH).....	45
3.4 Laboruntersuchungen von Möhren und <i>T. apicalis</i> auf Infektion mit <i>Candidatus Liberibacter solanacearum</i> (JKI)	47
3.5 Feldversuche zur Regulierung des Befalls von Möhren mit <i>T. apicalis</i> (ÖBG)	50
3.5.1 Direkte Regulierung von <i>T. apicalis</i>	53
3.5.3 Indirekte Regulierung von <i>T. apicalis</i>	55
4. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	55
4.1 Ergebnisse der Untersuchungen zum zeitlichen Auftreten von <i>T. apicalis</i> (JKI)	55
4.1.1 Flug- und Befallsüberwachung	55
4.1.2 Schadsymptome an Möhren	64
4.2 Ergebnisse zur Biologie von <i>T. apicalis</i> (JKI)	65
4.2.1 Aufbau einer dauerhaften Zucht am JKI-GF	65
4.2.2 Beobachtung und Beschreibung der Entwicklung vom Ei bis zum Imago und Erfassung entwicklungsrelevanter Parameter	65
4.2.3 Sessilität von <i>T. apicalis</i> an Möhren	66
4.2.4 Abwanderungsverhalten von <i>T. apicalis</i> im Spätsommer	66
4.2.5 Überwinterung von <i>T. apicalis</i> (Freilandversuch)	66
4.2.6 Auswirkung von Trockenstress der Futterpflanze auf die Vermehrung von <i>T. apicalis</i> im Laborversuch	66
4.3 Ergebnisse zum Verhalten von <i>T. apicalis</i> (LUH)	67
4.3.1 Migrationsverhalten von <i>T. apicalis</i>	67
4.3.2 Visuelle Orientierung von <i>T. apicalis</i> (Versuche 2021-22).....	78
4.4. Ergebnisse der Laboruntersuchungen von Möhren und Insekten auf Infektion mit <i>Candidatus Liberibacter solanacearum</i> (JKI)	79
4.4.1 Nachweis von Lso in Möhren	79
4.4.2 Nachweis von Lso in <i>T. apicalis</i> und anderen Insekten	80
4.4.4 Erfassung von Schadsymptomen, Möhrengroße und -gewicht	80
4.5 Ergebnisse zur Regulierung des Befalls von Möhren mit <i>T. apicalis</i> (ÖBG).....	82
4.5.1 Direkte Regulierung von <i>T. apicalis</i>	82
4.5.2 Indirekte Regulierung von <i>T. apicalis</i>	88
5. Diskussion der Ergebnisse	97
5.1 Zeitliches Auftreten von <i>T. apicalis</i> (JKI).....	97
5.2 Biologie von <i>T. apicalis</i> (JKI).....	101
5.3 Verhalten von <i>T. apicalis</i> (LUH)	103
5.3.1 Migrationsverhalten zwischen Sommer- und Winterwirt.....	103

5.3.2 Visuelles Orientierungsverhalten von <i>T. apicalis</i>	105
5.4 Iso Infektionsrate von Möhren und Insekten (JKI)	107
5.5 Regulierung von <i>T. apicalis</i> (ÖBG)	109
5.6 Gesamtdiskussion (JKI)	113
6. Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse. (JKI, ÖBG, LUH)	115
7. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen (JKI, LUH)	117
8. Zusammenfassung	119
9. Literaturverzeichnis	120
10. Übersicht über Veröffentlichungen zum Projekt	125
10.1 Publikationen	125
10.2 Projekttreffen	127
10.3 Interne Koordinationstreffen	127

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
BBCB	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie
Bft.	Beaufortskala
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BÖLN oder BÖL	Bundesprogramm Ökologischer Landbau
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
cv.	Cultivar, cultivated variety
d. h.	das heißt
dt	Dezitonne
Etc.	et cetera
EG-Öko-VO 834/2007	EG-Öko-Basisverordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates vom 28. Juni 2007 ökologisch / biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91, ABI. Nr. L 189
GF	Gelbtafeln, orange Klebetafeln
FR	Fallenraster
ha	Hektar
Indiv.	Individuen
Insb.	insbesondere
JKI	Julius Kühn-Institut
JKI-AG	Julius Kühn-Institut Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit
JKI-G	Julius Kühn-Institut Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und urbanem Grün
JKI-GF	Julius Kühn-Institut Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst
Km/h	Kilometer pro Stunde
Landkr.	Landkreis
LD	Licht:Dunkelheit
LED	Light-emitting diode, Leuchtdiode
Lso	<i>Candidatus Liberibacter solanacearum</i>
LUH	Leibniz Universität Hannover
m	Meter
MBF	Möhrenblattfloh
Mio.	Million
N	Norden
ÖBG	Öko-BeratungsGesellschaft mbH
O	Osten
ON	Ostniedersachsen
PCR	Polymerasekettenreaktion
qPCR	Quantitative Polymerasekettenreaktion
S	Süden
SMD-LED	Surface-mounted-device light-emitting diode
s. o.	Siehe oben
<i>T.apicalis</i>	<i>Trioza apicalis</i>
u. a.	unter anderem
vgl.	vergleiche

W	Westen
WBL	Weserbergland
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht über alle Flächen in Ostniedersachsen auf denen von 2017-2021 ein Möhrenblattfloh Monitoring stattfand. Die Farbe der Punkte bezeichnet die Flächen für das jeweilige Jahr.	24
Abbildung 2: Auswertung der Klebefallen und Bestimmung von <i>T. apicalis</i> im Labor (Foto: Sauer, JKI)	25
Abbildung 3: Schema des Fallenrasters zur Feststellung der Einflugrichtung auf die Möhrenflächen exemplarisch dargestellt an einer Fläche 2018. Die gelben Punkte markieren die 20 Klebetafeln.....	26
Abbildung 4: Versuchsaufbau des partiellen Fallenrasters 2021. Die gelben Rechtecke zeigen die drei Positionen der Klebefallen an. An jeder Position waren an einer Stange jeweils 2 Klebetafeln befestigt. Eine bodennah und eine weitere in ca. 65 cm Höhe.	30
Abbildung 5: Schadsymptome an älteren Möhren, mit schwach ausgeprägten Kräuseln (A) und an Möhrenkeimlingen mit stark ausgeprägten Kräuseln (B)	31
Abbildung 6: <i>T. apicalis</i> Weibchen an Möhrenkeimling.....	33
Abbildung 7: Versuchsaufbau zum Versuch „Sessilität von <i>T. apicalis</i> an Möhrenpflanzen“	34
Abbildung 8: Versuchsaufbau zum Versuch "Auswirkungen von Trockenstress der Futterpflanze auf die Vermehrung von <i>T. apicalis</i> " in der Klimakammer.....	36
Abbildung 9: Orangefarbige Leimtafel (Rebell orange; Andermatt Biocontrol) am Maststandort bei „Schwöbber Berg“, 2018.	37
Abbildung 10: Standorte der Leimtafeln (Fallen) am Standort „Betrieb B1“ bei Vastorf, 2017.	38
Abbildung 11: Standorte der Leimtafeln (Fallen) und des Mastes am Standort „Eichberg rechts“ bei Hameln, 2018.	39
Abbildung 12: Standorte der Leimtafeln (Fallen) und des Mastes am Standort „Schwöbber Berg“ bei Schwöbber, 2018.....	40
Abbildung 13: Fallenmast mit Leimtafeln in 3 und 5 m Höhe am Standort „Schwöbber Berg“ 2018. Rechts ist die Wetterstation und links die Leimtafel in 1 m Höhe.	41
Abbildung 14: Standorte der Leimtafeln (Fallen) und der Masten am Standort „Priorsfeld“ bei Vastorf, 2019. Die Kreise stellen den Innen- und Außenring der Fallen dar.	42
Abbildung 15: Fallenmast mit Leimtafeln in 3 und 5 m Höhe am Standort „Priorsfeld“ bei Vastorf (Mast Ost), 2019.....	43
Abbildung 16: Schema einer LED-Lichtfalle mit oranger Leuchtdiode (a) und Schema des Versuchsaufbaus des Choice Versuchs im abgedunkelten Käfig (Schemata abgeändert von Stukenberg & Poehling (2019))	46
Abbildung 17: Schema des Versuchsaufbaus des Choice-Versuchs in der beleuchteten Klimakammer	47
Abbildung 18: Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte zum Nachweis von Lso in Möhren und Insekten	48
Abbildung 19: sehr frühe und intensive Schadsymptome Laubkräuselungen bzw. intensives Blattrollen verursacht durch den Möhrenblattfloh (<i>Trioza apicalis</i>) am jungen Möhrenlaub im Juni 2013 – qualitativ hoher Schaden zu erwarten (Foto: H. Buck)	51
Abbildung 20: Nicht vom Möhrenblattfloh verursacht – Ringelung und ein sogenannter Regrow-Effekt nach langanhaltender Trockenphase, neues Möhrenwachstum kann zu starker Seitenwurzelbildung und/oder zu Deformationen, vornehmlich an der Wurzelspitze führen (Fotos: H. Buck, I. Jessen).....	51
Abbildung 21: Geflügelte und ungeflügelte Gierschblattläuse (<i>Cavariella aegopodii</i>) an jungen Möhren im Keimblattstadium (BBCH 10) – Saugschäden an jungen Möhren können beträchtlich	

ausfallen, Schadsymptome können in der Regel aber nicht mit den Laubkräuselungen bzw. starkes Blattrollen verwechselt werden, die der Möhrenblattfloh hervorruft (Foto: H. Buck)	52
Abbildung 22: Stark gelbe und rötliche Laubfärbung im Möhrenbestand - Symptome zur Ernte womöglich verursacht unter anderem durch den Möhrenblattfloh, Sorte Kamaran F1, September 2014 (Foto: H. Buck)	52
Abbildung 23: Unterentwickelte, deformierte, holzige und wurzelbärtige Möhren mit weißer Spitze - Schadsymptome bei mehr als 90 % der Möhren zur Ernte, verursacht durch den Möhrenblattfloh, Sorte Nerac F1, Oktober 2015 (Foto: H. Buck)	53
Abbildung 24: Lage der Möhrenflächen des Betriebes B1 im Untersuchungsgebiet ON 2017-2021... ..	58
Abbildung 25: Anzahl gefangener männlicher und weiblicher <i>T. apicalis</i> mit 22 Klebetafeln pro Fläche 2019 bis 2021 im Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen	60
Abbildung 26: Anzahl männliche und weiblicher <i>T. apicalis</i> auf den Flächen Betrieb V 2019 und 2021 auf 20 Klebefallen des Fallenrasters in Abhängigkeit der Windrichtung.	61
Abbildung 27: Nach Geschlecht getrennte Möhrenblattfloh-Fänge auf orangefarbenen Leimtafeln am Standort „Betrieb B1“ 2017.....	67
Abbildung 28: Summierte <i>T. apicalis</i> Fänge (je 2 Fallen kombiniert) bei dem Möhrenfeld „Betrieb B1“ (Nähe Vastorf) im Jahr 2017. Kreisgröße proportional zur Anzahl der gefangenen Individuen. Dunkelblau = Fallenseite zum Feld, hellblau = vom Feld abgewandt.	69
Abbildung 29: Verlauf des Fangs von Blattflöhen aller Arten an orangefarbenen Leimtafeln an zwei Standorten im Weserbergland (2018). Fänge von je 10 Leimtafeln pro Standort wurden je Woche addiert (inkl. Masten).	70
Abbildung 30: Verlauf des Blattflohfangs (alle Arten) im Jahr 2018 an zwei Fallenmasten mit je zwei orangefarbenen Leimtafeln in 3 und 5 m Höhe im Weserbergland (Standorte „Eichberg rechts“ und „Schwöbber Berg“).	71
Abbildung 31: Windverteilung (Anteil aller Windrichtungen in %) und Windstärken (1 - 3 Bft.) am Standort „Eichberg rechts“ im Weserbergland 2018.....	72
Abbildung 32: Windverteilung (Anteil aller Windrichtungen in %) und Windstärken (1 - 3 Bft.) am Standort „Schwöbber Berg“ im Weserbergland 2018.	73
Abbildung 33: Populationsdynamik von Blattflöhen aller Arten (Linie) und Möhrenblattflöhen (Säulen) nach Fängen an orangefarbenen Leimtafeln (summierte Gesamtfänge aller Fallen pro Woche) vom 17.04. – 05.06.19 im Umkreis eines Möhrenfeldes (Schlag „Priorsfeld“ bei Vastorf. Landkr. Lüneburg, Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen)	74
Abbildung 34: Fang von Blattflöhen aller Arten (Linien) Möhrenblattflöhen MBF (Säulen) mit zwei Fangmasten (West und Ost) bei dem Schlag „Priorsfeld“ bei Vastorf, Landkr. Lüneburg, Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen, 2019.....	75
Abbildung 35: Durchschnittstemperaturen in °C mit Minimal- und Maximalwerten pro Tag bei einem Möhrenfeld bei Vastorf (Messstandort östlich zum Feld bei ‚Mast Ost‘) und Nachweisen von Möhrenblattflöhen in diesem Zeitraum (Gesamtfänge pro Tag an Leimtafeln).	76
Abbildung 36: Windverteilung (Anteil aller Windrichtungen in %) und Windstärken (1 - 5 Bft.) am Standort „Priorsfeld“ im Landkreis Lüneburg, Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen 2019.	77
Abbildung 37: Anteil Lso positiv getesteter Möhren von 2018-2021 der Betriebe V und B1 im Untersuchungsgebiet ON.	79
Abbildung 38: Anteil Lso positiv getesteter Möhren in % in Abhängigkeit vom Termin der Probenahme 2019	80

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Projektlaufzeit 2017-2019	20
Tabelle 2: Projektlaufzeit 2020-2022	21
Tabelle 3: Kooperierende Personen und Institutionen	22
Tabelle 4: Übersicht über die Anzahl der Betriebe und Flächen, die von 2017 bis 2021 am Monitoring beteiligt waren.	25
Tabelle 5: Dauer und Anzahl der Flächen auf denen ein Fallenraster untersucht wurde in den Jahren 2019 bis 2021 auf Versuchsflächen in Ostniedersachsen.	26
Tabelle 6: Parameter zur Charakterisierung von Möhrenflächen 2017 in Ostniedersachsen	27
Tabelle 7: Versuchsaufbau und Varianten des Versuches Eiablageverhalten von <i>T. apicalis</i>	33
Tabelle 8: Distanzen der Fallen zum Möhrenfeld (kürzeste Distanz; ± 5 m) bei dem Versuch 2017 bei Möhrenfeld „Betrieb B1“.	43
Tabelle 9: Distanzen der Fallen zum Möhrenfeld (kürzeste Distanz; ± 5 m) bei dem Versuch bei Möhrenfeldern „Eichberg rechts“ und „Schwöbber Berg“ (2018). Die Masten befanden sich jeweils bei Falle 1a und hatten etwa die gleiche Distanz wie diese Falle.	44
Tabelle 10: Distanzen der Fallen zum Möhrenfeld (kürzeste Distanz; ± 5 m) bei dem Versuch bei Möhrenfeld „Priorsfeld“ (2019). Mast West und Ost befanden sich auf dem Innenring mit etwa der gleichen Distanz zum Feld wie die entsprechende Falle dort.	44
Tabelle 11: Gestaffelte Probenahme 2018 für die Lso Analyse von Möhren	48
Tabelle 12: Lso Analyse von Insekten 2018-2021	49
Tabelle 13: Durchschnittliche Anzahl <i>T. apicalis</i> pro Fläche in den Jahren 2017 bis 2021 im Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen und Untersuchungsgebiet Weserbergland.	57
Tabelle 14: Anzahl <i>T. apicalis</i> im Vergleich auf punktuellen (GF) und Fallenraster Klebetafeln (FR) auf drei Flächen in Ostniedersachsen 2019 bis 2021.....	60
Tabelle 15: Anzahl <i>T. apicalis</i> auf Klebefallen im partiellen Fallenraster.....	63
Tabelle 16: Ergebnisse der Larvenbonitur 2017.....	63
Tabelle 17: Anteil von Schadsymptomen an Möhren im Freiland in den Jahren 2017 bis 2021 in den beiden Untersuchungsgebieten.	64
Tabelle 18: Frosttage und Minimumtemperatur in Braunschweig im Winter 2020/2021.	66
Tabelle 19: Anzahl von Möhrenblattflöhen im Möhrenfeld geschätzt nach Klopfproben (++ = sehr viele; + = viele; - = vereinzelt; -- = keine Nachweise) sowie die Summen der Möhrenblattflöhe (nach Geschlecht getrennt) auf Leimtafeln und entsprechende Fallnummer, Untersuchungen im Zeitraum 2017.....	68
Tabelle 20: Fallnummer, Anzahl und Geschlecht von an Leimtafeln gefangenen Möhrenblattflöhen in der Woche 28.05. - 04.06.18 am Standort „Eichberg rechts“.....	70
Tabelle 21: Erfasste Windstärken-Anteile am Standort „Eichberg rechts“ 2018 (Weserbergland).....	72
Tabelle 22: Erfasste Windstärken-Anteile am Standort „Schwöbber Berg“ 2018 (Weserbergland). ...	73
Tabelle 23: Details zu den Möhrenblattflohfängen bei dem Schlag „Priorsfeld“ bei Vastorf, Landkr. Lüneburg Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen, 2019. Angaben inkl. Fänge an Fangmasten. Innen = Innenring; Außen = Außenring (Vergl. Abb. 6).	74
Tabelle 24: Erfasste Windstärken-Anteile am Standort „Priorsfeld“ 2019 (Landkr. Lüneburg, Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen) mit zwei Wetterstationen westlich und östlich des Möhrenfeldes (siehe Abb. 19).....	77
Tabelle 25: <i>T. apicalis</i> Fänge auf den LED-Klebefallen (Grün vs. Orange und Grün vs. Gelb) bei abgedunkelter Umgebung.....	78

Tabelle 26: <i>T. apicalis</i> Fänge auf den LED-Klebefallen (Grün vs. Orange) bei beleuchteter Umgebung.	78
Tabelle 27: <i>T. apicalis</i> Fänge auf konventionellen orangen Klebefallen und auf orangen LED Klebefallen bei beleuchteter Umgebung.	79
Tabelle 28: Ergebnisse der Lso Analyse von <i>T. apicalis</i> und weiteren Insekten von 2018-2021.	80
Tabelle 29: Schadsymptome an Möhren 2018-2021 auf den Flächen 1 und 2 im Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen. Angegeben ist in Prozent der Anteil Pflanzen, die das jeweilige Schadsymptom zeigen.	81
Tabelle 30: Gewicht und Größe Lso freier und Lso infizierter Möhren 2018-2021.	81
Tabelle 31: Versuchsanlage Untersuchungsgebiet WBL.	82
Tabelle 32: Geringe Ertragsausfälle zur Ernte verursacht durch <i>T. apicalis</i>	86
Tabelle 33: Versuchsanlage Untersuchungsgebiet ON.	88
Tabelle 35: Gegenüberstellung geplante und erreichte Ziele.	117

Anhang

JKI Faltblatt „Möhrenblattfloh *Trioxa apicalis* (Foerster 1848)“

BLE Praxismerkblatt „Management des Möhrenblattfloh im ökologischen Möhrenanbau – Biologie, Ökologie und Bekämpfung“

1. Einführung

1.1 Gegenstand des Vorhabens

1.1.1 Ausgangslage und fachliche Heranführung an das Projekt (JKI)

Der Möhrenblattfloh *Trioza apicalis* (Hemiptera: Psylloidae), MBF, ist ein Schädling an Doldenblütlern und kann vor allem in Möhren ökonomischen Schaden verursachen, besondere Relevanz hat er im ökologischen Anbau von Möhren.

Aus der Schweiz (Fischer 2010) und den skandinavischen Ländern (Ragnarsson et al. 2015) gibt es Berichte, dass das Auftreten von *T. apicalis* Schwankungen unterlegen ist. In Jahren mit geringem Auftreten sind die Schäden vernachlässigbar und regional begrenzt, während in in Jahren mit erhöhtem Auftreten und starkem Befall der Schaden zunimmt und bei ausbleibendem Einsatz von wirksamen Bekämpfungsmaßnahmen zu erheblichen Ertragsausfällen bis hin zum Totalausfall der Ernte führen kann (Markkula et al. 1976). Die Gefahr eines Befalls in Jahren mit starkem Befall und folgenden ökonomischen Einbußen verunsichert viele Möhrenanbauer, vor allem im ökologischen Anbau, da hier direkte Bekämpfungsmöglichkeiten nur begrenzt vorhanden sind.

Darüber hinaus kann *T. apicalis* das Bakterium *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Lso) übertragen, welches als Pflanzenpathogen die Möhre zusätzlich schädigt. In einzelnen Individuen des Möhrenblattfloh konnte das Bakterium bereits nachgewiesen werden. Für Möhren ist bisher nicht abschließend geklärt, ob alleine eine Infektion mit Lso zu hohen Ertragsausfällen führt, oder die Kombination aus Befall mit dem Möhrenblattfloh und einer Lso Infektion.

Nach Informationen aus der Schweiz und den Skandinavischen Ländern kann der Möhrenblattfloh auch im integrierten oder konventionellen Möhrenanbau verheerende Schäden anrichten, wenn nicht rechtzeitig wirksame Bekämpfungsmaßnahmen eingesetzt werden. In Deutschland werden Stand 2021 auf einer Anbaufläche von rund 3100 ha Biomöhren angebaut und ca. 166.000 t Möhren im Jahr geerntet (Quelle AMI). Mit 21% Flächenanteil an der Gesamtmöhrenfläche stellt der Möhrenanbau einen der wichtigsten Bereiche im ökologischen Gemüseanbau in Deutschland dar. Es besteht somit ein großes Schadpotenzial durch den Möhrenblattfloh und ein großes ökonomisches Risiko für den ökologischen Möhrenanbau.

Im ökologischen Anbau sind Pflanzenschutzmittel nur eingeschränkt verfügbar, was die Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen erschwert. Daher steht der Einsatz vorbeugender Maßnahmen im Vordergrund. Allerdings stehen für den Möhrenblattfloh bisher nur wenige vorbeugende Methoden zur Verfügung. In der Projektbearbeitung wurden vorbeugende und direkte Bekämpfungsmöglichkeiten für den ökologischen Anbau untersucht.

1.1.2 Schadsymptome und Schadpotenzial verursacht durch *T. apicalis* und Lso (JKI)

Die äußere Qualität der Möhre wird nach einem Befall mit *T. apicalis* meist negativ beeinflusst. Die Pflanzen zeigen Schadsymptome in Form von gekräuseltem Laub (Rygg 1977), gehemmtem Wachstum der Blätter wie auch der Rübe (Nehlin et al. 1994) und es können vermehrt Seitenwurzeln ausgebildet werden (Markkula et al. 1976). Freuler (1998) bezweifelt aber, dass nur *T. apicalis* diese Symptome verursacht. Darüber hinaus wird von Verfärbungen des Laubes berichtet (Burckhardt 1986). Nach bisherigen Untersuchungen verursachen sowohl die adulten Insekten als auch die Larven Schäden an der Möhre. Nehlin et al. (1995) beschreiben Blattkräuseln durch das Saugen adulter MBF und gehemmtes Wurzelwachstum durch die Saugaktivität der Larven, wobei eine unterschiedliche Toleranz gegenüber einem Befall mit *T. apicalis* Larven von Laska (2013) beschrieben wurde. Ergänzend dazu hat eine Studie von Nissinen et al. (2014) ergeben, dass nur die weiblichen *T. apicalis* in der Lage sind das Gewicht der Rübe zu reduzieren und auch Larven Symptome an den Blättern hervorrufen, wenn mehr als 10 Larven vorhanden sind. Die Saugaktivität männlicher *T. apicalis* hatte hingegen keinen Effekt.

Die innere Qualität der Möhre wird nach einigen Studien ebenfalls negativ durch einen Befall mit *T. apicalis* beeinträchtigt. Die Konzentration von Stickstoff in den Wurzeln infizierter Möhren ist erhöht (Laurema 1979), ebenso der Vitamin C Gehalt. Jedoch sind der Carotinoidgehalt (Tiitanen et al. 1976) und die Konzentration von Saccharose reduziert (Nissinen et al. 2012). Carotinoide sind sekundäre

Pflanzeninhaltsstoffe, die im menschlichen Körper eine antioxidative Wirkung und damit einen gesundheitsförderlichen Effekt haben können. Der Gehalt von Saccharose trägt wesentlich zum Geschmack der Möhre bei. Je mehr Saccharose in der Wurzel enthalten ist, desto süßer schmeckt die Möhre und kommt beim Verbraucher besser an.

Ein Befall mit dem Möhrenblattfloh kann neben der inneren Qualität der Möhre auch den Ertrag beeinflussen. Von Ertragsausfällen wurde aus verschiedenen europäischen Ländern berichtet, hauptsächlich aus skandinavischen Ländern, der Schweiz und Tschechien. Bisher ist nicht eindeutig geklärt ab welchem Befallslevel, die verursachten Schadsymptome einen ökonomischen Verlust bedeuten. Markkula (1976) verzeichnen einen nahezu nicht vorhandenen Ertrag in Jahren, wenn „viele“ *T. apicalis* vorhanden sind. Im Gegensatz dazu gibt es Berichte aus Norwegen, die sagen bei einem „geringen Befall“ wird der Ertrag nicht negativ beeinflusst (Seljasen et al. 2013). In Deutschland gibt es einzelne Aufzeichnungen über Befall mit dem MBF mit anschließenden Ertragsausfällen. Zu Beginn der 1930er Jahre wurde von Bey (1931) eine Ertragsreduktion von 21-35 % in Sachsen-Anhalt beschrieben und Anfang der 1970er Jahre Ertragsausfälle bis 50 % im Erdinger- und Donaumoos in Bayern verzeichnet (Krumrey & Wendland 1973). Seither ist nur wenig über die Populationsgröße von *T. apicalis* und dessen Schadpotenzial in Deutschland bekannt. Der MBF als Schädling und Vektor von Lso hat erst 2015 im Vorfeld des hier durchgeführten Projektes wieder Aufmerksamkeit in Deutschland erhalten und Forschungsarbeiten zur Situation in Niedersachsen wurden 2015 – 2017 aufgenommen und haben zu diesem Verbundvorhaben geführt.

Lso ist ein langes und schmales gram negatives Bakterium, welches das Phloem der gesamten Wirtspflanze von den Blättern bis zur Wurzel besiedelt (Nissinen et al. 2014, Liefting 2009b). Das führt zu einer unterbrochenen Verteilung von Nährstoffen innerhalb der Pflanze (Mawassi et al. 2018). Hohe Temperaturen über 32 °C sind schädlich für das Bakterium. Bei Temperaturen unter 17 °C wird die Vermehrung des Bakteriums verlangsamt (Munyaneza et al. 2012). Bisher wurden 10 eindeutige Haplotypen von *Candidatus Liberibacter solanacearum* identifiziert (Wang et al. 2021). In Europa treten davon die drei Haplotypen C, D und E an Doldenblütlern auf und können in Möhre und Sellerie ökonomisch relevante Schäden verursachen (Hajri et al. 2017, Munyaneza et al. 2010, Teresani et al. 2014).

Für die Übertragung von einer auf die nächste Pflanze wird ein Vektor benötigt. Saugt ein Insekt an einer mit Lso infizierten Pflanze, wird das Bakterium aufgenommen, vermehrt sich im Insekt und wird nach zwei Wochen persistent auf eine neue Pflanze übertragen (Sengoda et al. 2014). Infizierte Möhrenpflanzen zeigen gekräuselt und gelb/bronze verfärbtes Laub, eine Hemmung des Wachstums der ober- und unterirdischen Pflanzenteile, sowie die vermehrte Ausbildung von Seitenwurzeln als sogenannte Wurzelbärtigkeit (Liefting 2009, Othmen et al. 2018). Während gekräuselt und verfärbtes Laub zeitnah sichtbar sind, treten die anderen genannten Symptome in der Regel erst viele Wochen nach der Infektion auf. In einer Studie von Mawassi et al. (2018) wurden erst drei Monate nachdem infizierte Blattflöhe vorhanden waren, die ersten Symptome an Pflanzen beobachtet. Bei sehr jungen, früh befallenen Pflanzen werden die Symptome mitunter früher ausgeprägt.

Der Gehalt an Zucker in den infizierten Pflanzen nimmt in Abhängigkeit von der Anzahl Blattflöhe und des Alters der Pflanze ab (Nissinen et al. 2012).

Die Infektionsrate mit Lso in Karotten variiert von 6 % bis 100 % und in *T. apicalis* von 21 % bis 56 % (Munyaneza et al. 2014).

Verschiedene Autoren berichten über Ertragsverluste in Möhren aus verschiedenen europäischen und weiteren Ländern (z.B. Israel). Allerdings werden die Ertragsverluste in den Publikationen in der Regel nicht beziffert, und die Ursache für die Schäden, ob diese durch die Saugtätigkeit des MBF entstanden sind oder durch die Infektion mit Lso, wurden nicht angegeben. Insofern ist es schwierig, die Höhe der Ertragsverlust durch Lso zu benennen.

Die Infektionsrate untersuchter Möhren mit Lso schwankt zwischen 20-40 % (Othmen et al. 2018) und 48 % (Antolinez et al. 2017c). In Deutschland wurde Lso erstmals 2014 in Möhren detektiert

(Munyanza et al. 2015). In dieser Studie wurden 50 % der getesteten Möhren aber nur 24 % der getesteten *T. apicalis* positiv auf Lso getestet. Bisher wurden Möhren in Deutschland nicht auf Lso untersucht und somit konnten Ertragsausfälle in Möhren nicht ausschließlich auf Lso zurückgeführt werden.

Die Gefahr einer Übertragung von Lso aus Kartoffeln auf die Möhre ist eher unwahrscheinlich. Dafür sprechen verschiedene Gründe. Zum einen werden unterschiedliche Haplotypen mit Wirtspflanzenspezifität an den beiden Kulturpflanzen nachgewiesen. Ausserdem kommt der Vektor von Lso in Kartoffeln *Bactericera cockerelli* in Europa nicht vor. Weiterhin kann sich *T. apicalis* nicht dauerhaft von Phloemsaft aus Kartoffeln ernähren, weshalb eine Kolonisierung und damit auch die Übertragung von Lso von Kartoffeln auf Möhren ebenfalls unwahrscheinlich ist (Antolinez et al. 2019). Auch Probestiche werden wohl eher nicht von *T. apicalis* an Kartoffeln durchgeführt. Für die Entscheidung einer geeigneten Wirtspflanze sind neben visuellen Referenzpunkten, wie Form und Farbe auch chemisch-gustatorische Reize relevant (Kristoffersen and Anderbrant 2008). Der Reiz zum Landen und Pflanzensaft zu saugen, ist bei einer Nicht-Wirtspflanze, wie der Kartoffel für *T. apicalis*, nicht gegeben (Finch & Collier 2011).

1.1.3 Bisheriger Stand des Wissens zum Monitoring (LUH)

Für die Ausbreitung und wachsende Bedeutung des Möhrenblattflohs als Schädling werden zahlreiche Ursachen diskutiert, bislang sind diese aber noch nicht endgültig geklärt worden. Als wichtigste Ursachen werden klimatische Veränderungen der letzten Jahre (z. B. trocken-warme Witterung) und ein vermehrter und intensiver Anbau von Möhren in einem relativ begrenzten Gebiet diskutiert, was im Laufe der Jahre zu einem Aufschaukeln der Populationsdichten des Möhrenblattflohs geführt haben könnte (Hommes & Buck 2016). Die Bewertung der Ursachen wird, genauso wie die Entwicklung von neuen Bekämpfungsstrategien, dadurch erschwert, dass viele Elemente der Biologie des Schädling noch unzureichend bekannt sind. Hierzu gehören unter anderem das Vermehrungspotential, die Ausbreitungsmöglichkeiten (z. B. Flugverhalten, Reichweiten), das Wirtswahlverhalten, die Bedeutung von Alternativwirten (andere Doldenblütler-Arten) in der Agrarlandschaft, die Bedeutung von Volatilen für Wirtswahl und Orientierung, oder die Trigger und Zeiträume für den Wirtswechsel (von Winter- zu Sommerwirten und umgekehrt). Die Mehrzahl der vorliegenden Untersuchungen hierzu wurden in Skandinavien, Frankreich und der Schweiz durchgeführt, wo der Möhrenblattfloh schon länger ein Problem ist (z. B. Rygg 1977; Láska 2011). Jedoch lassen sich gerade die Ergebnisse skandinavischer Untersuchungen nur bedingt auf deutsche Verhältnisse übertragen.

Abgesehen vom Pflanzenschutzmitteleinsatz steht insbesondere das Verfahren der Spät- bzw. Frühaussaat zur Kontrolle des Möhrenblattflohs zur Verfügung, das in Finnland erarbeitet wurde (Tiilikkala et al. 1996) und auch in der Schweiz in ähnlicher Weise verwendet wird (Fischer & Terrettaz 2003). In Norddeutschland wurde es von H. Buck und M. Hommes für die Anbaupraxis empfohlen, nachdem *T. apicalis* als Ursache für die neuartigen Schäden (s. o.) erkannt wurde. Das Verfahren nutzt die Tatsache aus, dass Möhrenpflanzen nur bis zum fünften Blattstadium (BBCH 15) empfindlich sind, so dass man durch die Verlegung des Aussaattermins der Möhren das Zusammentreffen von empfindlicher Pflanzenphase und Hauptflugperiode des Möhrenblattflohs vermeiden kann. Dieses Verfahren hat sich offensichtlich bewährt, wird von vielen betroffenen Landwirten eingesetzt (persönliche Kommunikation Buck) und ist somit auch allgemein eingeführt (z. B. Spory 2006). Es hat jedoch auch Nachteile bzw. Risiken und bedarf daher einer weitergehenden Optimierung und Untersuchung. Zum einen muss die Hauptflugperiode des Schädling relativ kurz sein und der Anbauer muss wissen, wann diese stattfindet. Das Hauptproblem ist hier also das ausreichend genaue Monitoring, das gegenwärtig noch zeit- und arbeitsintensiv ist, und von den Landwirten allein kaum geleistet werden kann. Darüber hinaus wird die Populationsdynamik aber auch durch benachbarte

Winterwirte, d.h. Koniferenbestände, beeinflusst. Zum anderen gibt es weitere Nachteile bei der Spätsaat wie das zunehmende Risiko von Trockenperioden, die das Keimen erschweren und der reduzierte Ertrag durch die verkürzte Wachstumsperiode der Möhren, was vor allem bei Verarbeitungsmöhren mit langen Wachstumsphasen eine Rolle spielt (persönliche Kommunikation Buck). Daher scheint zuvorderst die Optimierung dieser Strategie sinnvoll und notwendig. Hierfür müssen Prognoseverfahren etabliert und das Monitoring selbst optimiert werden, um den Zeit- und Arbeitsaufwand minimieren zu können. Die Prognose muss aber auch genauer und möglichst langfristig erfolgen, damit den Landwirten neben einer zuverlässigen Prognose auch ein längerer Vegetationszeitraum zur Verfügung steht, um ausreichende Erträge erwirtschaften zu können.

In Deutschland scheint der Zuflug von den Winterwirten (Koniferen wie Fichte und Kiefer) zu den Sommerwirten normalerweise im Mai zu beginnen (Burckhardt & Freuler 2000; Ergebnisse J. Sauer). Als Trigger für den Abflug werden u. a. Volatile und Photoperioden diskutiert (Nissinen et al. 2008; Kristoffersen & Anderbrant 2007; Láska 2011). Daneben können auch Temperatur und die Windrichtung und -stärke zumindest einen zusätzlichen Effekt haben, können also das Zuflugfenster und eventuell die Richtung des Fluges und die zurückgelegte Distanz beeinflussen (z. B. Parry 2013).

Als weitere Kontrollmöglichkeiten stehen für kleinere Möhrenbestände wie zum Beispiel für den Frischmarkt auch Kulturschutznetze (Maschenweite bis 2 mm) zur Verfügung, diese sind aber aus diversen Gründen (hoher Kosten- und Arbeitsaufwand, Temperaturprobleme, möglicher Pilzbefall) nicht für größere Schläge geeignet (Fischer 2013).

Der Einsatz von Insektiziden ist bei ökologisch produzierten Möhren auf die zugelassenen Mittel Kali-Seife, Rapsöl, Naturpyrethrine + Rapsöl, beschränkt (BVL 2020). Die Wirkung dieser Mittel ist als nicht ausreichend bewertet worden (z. B. Fischer 2013). Im konventionellen Anbau sind auch synthetische Wirkstoffe wie λ -Cyhalothrin oder Spirotetramat zugelassen, deren Wirkung in der Regel sehr gut ist (z. B. Brück et al. 2013; Fischer 2013), obwohl wegen der geringen Blattfläche ein Großteil der Spritzbrühe auf dem Boden landen kann (Fischer 2013). Hier scheinen durch die relativ breit wirksamen Substanzen bei der Blattlauskontrolle die Blattflöhe wie auch andere saugende Insekten meist mit bekämpft zu werden, so dass Möhrenblattflöhe im konventionellen Anbau keine Rolle spielen. Problematisch scheint jedoch in Skandinavien das Auftreten von Resistenzen gegen synthetische Pyrethroide im konventionellen Anbau zu sein, da dort der Bekämpfungserfolg des Wirkstoffs nachlässt (Meadows 2010; Nissinen & Ketola 2012).

Weitere Alternativen zu den bislang verwendeten Verfahren kann der Einsatz von Fangpflanzen sein, was in verschiedenen Kulturen erfolgreich umgesetzt wurde (Schuster, 2004; Shelton & Badenes-Perez, 2006). In Skandinavien wurden hierfür schnell wachsende Möhrensorten (cv. Bolero, Calibra) als Fangpflanzen verwendet (Nilsson & Rämert 2017; Cotes et al. 2018) und die Ergebnisse als „vielversprechend“ eingestuft. Weiterer Forschungsbedarf besteht aber auch bezüglich der räumlichen Lage der Fangpflanzen und der Effizienz bei unterschiedlichem Schädlingsdruck, so dass dieses Verfahren noch nicht im kommerziellen Anbau verwendet wird. Das gleiche gilt für Ansätze mit Fichtensägemehl z. T. in Kombination mit Terpenen und/oder lebenden Mulchen (Futterwicke), die bislang aber ebenfalls in der Erprobungsphase geblieben sind, obwohl positive Ergebnisse erzielt wurden (z. B. Rämert 1993; Nehlin et al. 1994). Auch für *T. apicalis* weniger attraktive Möhrensorten wurden bislang nur im Feldversuch getestet, obwohl sie gut mit anderen Strategien kombiniert werden können (Nissinen et al. 2003).

Die Bedeutung von natürlichen Gegenspielern (z. B. Marienkäfer oder Parasitoide), die im Rahmen von „conservation biological control“ eine Bedeutung haben und wiedererlangen sollten, scheint bislang nur wenig oder gar nicht untersucht worden zu sein. Daher ist nicht bekannt ob Generalisten wie Marienkäfer und deren Larven, Florfliegenlarven oder Spinnen, die alle zum Teil in hohen

Individuenzahlen in Möhrenfeldern auftreten, einen Effekt haben, oder überhaupt zu einem signifikanten Anteil Möhrenblattflöhe erbeuten. Bislang gibt es hierzu nur eine Untersuchung von Láska (1974), der die Eignung von *T. apicalis* als Beute für verschiedene Prädatoren untersucht hatte.

Insofern besteht sowohl für den ökologischen als auch für den konventionellen Anbau ein Bedarf an alternativen Strategien, die sich aber möglichst problemlos in die Produktion integrieren lassen müssen und wenig Aufwand erfordern sollten.

Der Grundstein für eine erfolgreiche und pflanzenschutzmittelarme Bekämpfung von Schädlingen ist möglichst exakt prognostizieren zu können, zu welchem Zeitpunkt der Schädling im Pflanzenbestand auftritt. Um zu überprüfen, ob sich der Schädling bereits im Pflanzenbestand befindet und in welcher Populationsdichte dieser vorhanden ist, bieten sich unterschiedliche Möglichkeiten des Monitorings an. Zum Nachweis des Möhrenblattflohs nutzen Landwirte in der Regel orange- oder gelbfarbige Klebetafeln (Fischer & Auer (2008); Sauer et al., 2021). Sobald 0,2 *T. apicalis* pro Falle pro Tag auf den Klebetafeln gefangen werden, besteht Handlungsbedarf für den Produzenten (Sauer & Fischer, 2014). Da der Produzent Rückschlüsse von der Anzahl *T. apicalis* auf oder in der Monitoringfalle auf *T. apicalis* Population im gesamten Pflanzenbestand zieht, sollte die Falle *T. apicalis* zuverlässig fangen, um den eigenen Pflanzenbestand rechtzeitig schützen zu können. Somit sollte die verwendete Monitoringmethode immer auf eine mögliche Effizienzsteigerung geprüft werden.

Grundsätzlich hängt die Effektivität der konventionellen farbigen Klebefallen von Faktoren wie Lichteinfall, Schattierung und reflektierte Wellenlänge ab. Diese Faktoren ändern sich aber stetig im Laufe des Tages und im Laufe des Jahres, sodass die Effizienz der konventionellen Klebefalle stark schwanken kann. Somit kann ein Ziel der Effizienzsteigerung sein, die Schwankungen in der Attraktivität durch die Abhängigkeit vom Lichtfaktor zu verringern. Dies ist zum Beispiel möglich durch die Kombination von aktiv leuchtenden farbigen LEDs mit einer Klebefalle. Außerdem kann durch den Einsatz von LEDs sehr einfach die Farbqualität angepasst werden, d.h. genau die Farbe mit der höchsten Attraktivität gewählt werden, um speziell *T. apicalis* anzulocken. So konnten Moir et al. (2021) zeigen, dass signifikant mehr Trioidea und Psylloidea auf grünen Klebetafeln, im Vergleich zu gelben Klebefallen, gefangen wurden. Ob sich die Attraktivität der verwendeten Monitoringfallen für *T. apicalis* durch ein verändertes Farbspektrum, Zusatzbeleuchtung durch schmalbandige Leuchtdioden oder spezifische Duftstoffe steigern lässt, sollte in weiterführenden Untersuchungen geklärt werden. Ähnliche Ansätze wurden von Stukenberg et al. (2015) und Otieno et al. (2018) bereits für Schadinsekten wie Weiße Fliege (*Trialeurodes vaporariorum*, Westwood 1856) bzw. den Kalifornischen Blütenthrips (*Frankliniella occidentalis* (Pergande 1895)) entwickelt, mit dem Ziel das Monitoring oder auch den Massenfang dieser Gewächshauschädlinge zu verbessern.

1.1.4 Bisheriger Stand des Wissens zur (chemischen, nicht-chemischen und vorbeugenden) Bekämpfung (ÖBG)

In Niedersachsen waren Möhrensäden, verursacht durch den Möhrenblattfloh (*Trioza apicalis*) über die Jahre meist nur vereinzelt bekannt. Sie zeigten sich in der Praxis immer wieder, in der Regel aber mit einem geringen wirtschaftlichen Schaden und lokal eng begrenzt.

In gewachsenen Möhrenanbaugebieten Weserbergland und Ostniedersachsen kam es nach einer Befragung der niedersächsischen Biomöhreneerzeuger etwa seit Beginn der 2010er Jahre jedoch zu einem teils extremen Befall der Möhrenflächen mit dem Möhrenblattfloh. Das Schadpotential des Möhrenblattflohs stieg in den Jahren etwa ab 2010 enorm. Die Verluste fielen sehr hoch aus, nachweislich bis hin zum Totalverlust ganzer Möhrensätze. Der Biomöhrenanbau unterlag einem hohen wirtschaftlichen Risiko in den genannten Regionen. Im Jahr 2013 konnten die Zusammenhänge und Schadursachen erstmals eindeutig benannt werden.

Vor dem Hintergrund dieser massiven Ertragseinbußen im Biomöhrenanbau insbesondere im Weserbergland in den Jahren ab etwa 2010 durch den Möhrenblattfloh, wurden ab 2013 zunächst wissenschaftliche Daten vor allem aus der Schweiz, Norwegen und Schweden ausgewertet.

Ausgangspunkt erster Feldversuche in Niedersachsen im Jahr 2014 waren für den ökologischen Möhrenanbau potenziell geeignete und erprobte Regulierungsstrategien in oben genannten Ländern. Auf niedersächsischen Praxis schlägen wurde 2014 in Tastversuchen zunächst die Wirkung von Streugut (Sägespäne aus Fichtenholz) sowie Neem Azal (Wirkstoff Azadirachtin) auf den Möhrenblattfloh geprüft. In den Jahren 2015 – 2017 wurden zudem erste Daten zum zeitlichen Auftreten des Schädling vom Ökoring (Rau, Buck) und dem Julius Kühn-Institut in Braunschweig (Hommes, Willhauck) erhoben sowie weitere direkte und indirekte Bekämpfungsstrategien im Zuge der niedersächsischen Projektförderung vertieft (Rau, Buck, Hommes, Willhauck, 2015 – 2017). In diesen Feldversuchen wurde neben der Netzabdeckung die Wirkung von Sägespänen (Fichte), Spinosad, Pinienöl, Kaolin (Tonmineral), Mineralöl und Spruzit Neu untersucht. Ab 2016 wurden erste Feldversuche mit dem Ansatz eines späten Aussaattermins bei Lagermöhren im Weserbergland durchgeführt, um zu prüfen, ob ein zeitliches Ausweichen für den Möhrenanbau möglich ist und von praktischer Relevanz sein könnte.

Die Varianten Netzabdeckung sowie die Spätsaat brachten vielversprechende Ergebnisse. Es stellte sich jedoch schnell heraus, dass eine Netzabdeckung beim feldmäßigen Anbau von Biomöhren finanziell und aus Gründen des sehr hohen Arbeitsbedarfes nicht weiterverfolgt werden sollte.

1.2 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Bezug des Vorhabens zu den einschlägigen Zielen des BÖLN oder zu konkreten Bekanntmachungen und Ausschreibungen (JKI)

Das Vorhaben hatte zum Ziel, das für die Pflanzenschutzpraxis notwendiges Basiswissen über den Möhrenblattfloh (*Trioza apicalis*) zu sammeln sowie eine gezielte und nachhaltige Pflanzenschutzstrategie gegen diesen Schädling des (ökologischen) Möhrenanbaus zu erproben und in die Praxis umzusetzen. Hierbei verfolgt das Projekt einen systematischen Ansatz, dies beinhaltet, dass aus Einzelmethoden ein praxisorientiertes Kombinationsverfahren entwickelt werden soll. Ein Schwerpunkt des Projekts liegt auf einem raschen Wissenstransfer von Ergebnissen in die gemüsebauliche Praxis. Die Entwicklung neuer bzw. die Weiterentwicklung bestehender biologischer Pflanzenschutzverfahren.

Hierbei wird, wie oben beschrieben, ein systemischer Ansatz verfolgt, dies heißt, dass Aspekte wie Standortwahl oder Saatzeitpunkt und die direkte Bekämpfung gleichermaßen Beachtung finden. Alle geplanten Managementverfahren sind auf die Bedürfnisse der Praxis ausgerichtet und fallen schwerpunktmäßig in den Bereich der Kombinationsverfahren. Ergänzend hierzu werden Monitoringverfahren und Schadschwellenkonzepte entwickelt und bestehende evaluiert. Über die gesamte Projektlaufzeit wurde ein rascher Wissenstransfer von Erkenntnissen in die Praxis gewährleistet. Das Projekt steht somit in direktem Bezug zu den Zielen des Programms zur Förderung von innovativen Vorhaben für einen nachhaltigen Pflanzenschutz.

Die im Vorhaben ab April 2017 durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten im Feld haben gezeigt, dass durch die Extremwetterereignisse 2017 und 2018 keine klare Aussage und Entwicklung einer anwendbaren Pflanzenschutzstrategie möglich ist. In diesen Untersuchungen wurde eine Abnahme der Abundanz des Möhrenblattfloh in den beiden Untersuchungsgebieten in Niedersachsen festgestellt. Die Vermutung, dass bei stabileren Witterungsbedingungen, die Abundanz jedoch wieder zunimmt, liegt nahe. Die Projektverlängerung des Vorhabens hat zum Ziel, die gewonnenen Erkenntnisse zu ergänzen und zu vertiefen, um das notwendige Basiswissen über den Möhrenblattfloh *Trioza apicalis* zu erarbeiten und anschließend gezielte und nachhaltige Pflanzenschutzstrategien in der Praxis des ökologischen Möhrenanbaus umzusetzen.

Die Arbeitsziele in der Projektverlängerung 2020-2022 waren im Einzelnen:

- a) Wissenslücken in der Biologie des Schädling sollen geschlossen werden. Dies beinhaltet Fragen zur Überwinterung der Adulten, die Entwicklung des Insekts vom Ei bis zum Imago auf den Pflanzen, der genaue Schadverlauf und Fragen im Hinblick auf die Übertragung des Bakteriums *Candidatus Liberibacter solanacearum* durch den Möhrenblattfloh.
- b) Es soll ein für die Praxis einfaches und effizientes Monitoringverfahren etabliert werden, um Entscheidungen über Bekämpfungsmaßnahmen sicher und schnell treffen zu können. Das Monitoring soll sowohl auf Flächen mit Möhren als auch in Zwischenräumen zwischen den Überwinterungsorten (Nadelgehölze) und Anbauflächen stattfinden.
- c) Basierend auf Vorversuchen und wissenschaftlicher Arbeiten sollen verschiedene Kombinationsverfahren zur Befallsminderung erprobt werden. Hier werden Feldversuche auf Flächen betroffener Landwirte stattfinden. Es wird eine Kombination aus indirekten und direkten Maßnahmen getestet.

In der Verlängerung wurde der systematische Ansatz mit Fokussierung auf relevante Parameter wie Temperatur und Niederschlag weiterverfolgt. Die guten Erfahrungen aus dem engen Kontakt mit Anbauern und der regelmäßige Wissenstransfer von Ergebnissen an die gemüsebauliche Praxis wurde beibehalten und fortgeführt. Die Weiterentwicklung von biologischen Pflanzenschutzverfahren für den ökologischen Möhrenanbau zur Bekämpfung des Möhrenblattfloh wurde vorangetrieben. Alle geplanten Managementverfahren wurden auf die Bedürfnisse der Praxis ausgerichtet. Das bestehende Monitoringsystem wurde überprüft und präzisiert. Der Durchseuchungsgrad mit dem Bakterium *Candidatus Liberibacter solanacearum* im Möhrenbestand und der Haplotyp des Bakteriums wurde bestimmt.

Teilprojekt LUH

Das an der Leibniz Universität Hannover (LUH) bearbeitete Projekt war Teil des gemeinsamen Verbundvorhabens zur Entwicklung von Kontrollstrategien gegen den Problemschädling Möhrenblattfloh, das in Zusammenarbeit mit dem Julius Kühn-Institut (Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst, seit 25.05.2022 Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und urbanem Grün) (Teilvorhaben FKZ: 2815OE090) und der Öko-BeratungsGesellschaft mbH ÖBG (vormals Ökoring; Teilvorhaben FKZ: 2815OE107) bearbeitet wurde. Gesamtziel des Verbundvorhabens war es, das für die Pflanzenschutzpraxis und alternative Strategien notwendige Basiswissen über den Möhrenblattfloh zu sammeln sowie eine gezielte und nachhaltige Pflanzenschutzstrategie gegen diesen Schädling des ökologischen Möhrenanbaus zu erproben und in die Praxis umzusetzen. Hierbei verfolgte das Projekt einen systematischen Ansatz, bei dem aus Einzelmethoden ein praxisorientiertes Kombinationsverfahren entwickelt werden sollte. Ein weiterer Schwerpunkt des Projekts lag auf einem raschen Transfer von Ergebnissen in die gemüsebauliche Praxis.

Dieses Ziel steht damit direkt in Bezug zu den BÖLN-Zielen, die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß zu beschränken und Risiken, die für Mensch, Tier und Naturhaushalt entstehen können, weiter zu reduzieren, da bei den alternativen Kontrollstrategien die Applikationen von konventionellen Pflanzenschutzmitteln ganz vermieden und alternative Verfahren (z. B. Änderung des Aussaatzeitpunkts, Prognoseerfahren, Monitoring, biorationale Insektizide) zum Einsatz kommen.

Im Einzelnen sollten an der LUH folgende Fragestellungen bearbeitet werden:

Projektphase 2017-2020

- Ab wann fliegen Möhrenblattflöhe zu den Sommer- und Winterwirten?
- Welchen Effekt hat die Witterung (Wind, Temperatur) auf den Möhrenblattfloh-Flug?
- Welche umliegenden Koniferenbestände werden von *T. apicalis* genutzt?
- In welchen Höhen fliegt *T. apicalis*?

Projektphase 2020-2022

- Welche Farben wirken besonders attraktiv für *T. apicalis*?
- Sind LED-Fallen attraktiver als konventionelle Klebefallen?

1.3 Planung und Ablauf des Projektes (JKI)

Tabelle 1: Projektlaufzeit 2017-2019

Jahr	2017				2018				2019				2020
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I
Projektleitung und -koordination	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Flug- und Befallsüberwachung (Monitoringdaten)		x	x			x	x			x	x		
Untersuchungen zur Biologie	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Laboruntersuchungen auf Lso Infektion			x	x	x		x	x	x				
Feldversuche zur indirekten Regulierung des Befalls	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Feldversuche zur direkten Regulierung des Befalls					x	x	x	x	x	x	x	x	
Wissenstransfer	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Erstellung eines Merkblattes													x

Tabelle 2: Projektlaufzeit 2020-2022

Jahr	2020			2021				2022		
	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III
Projektleitung und -koordination	x	x	x	x	x	x	x	x		
Flug- und Befallsüberwachung (Monitoringdaten)	x	x			x	x				
Aufbau und Etablierung einer Zucht	x	x	x	x	x	x	x	x		
Erfassung entwicklungsrelevanter Parameter	x	x	x	x	x	x	x	x		
Abgleich der Flug- und Befallsdaten mit Klimadaten			x				x			
Untersuchungen zur visuellen Orientierung										
Untersuchungen zur Migration zum Winterwirt										
Laboruntersuchungen auf Lso Infektion		x	x	x		x	x			
Feldversuche zur indirekten Regulierung des Befalls	x	x	x	x	x	x	x	x		
Feldversuche zur direkten Regulierung des Befalls	Für die Durchführung der Versuche war der Befall mit Möhrenblattflöhen zu gering.									
Wissenstransfer	x	x	x	x	x	x	x	x		
Erstellung eines Praxismerkblattes									x	
Erstellung des Abschlussberichtes									x	x

1.4 Kooperierende Personen und Institutionen (JKI)

Tabelle 3: Kooperierende Personen und Institutionen

Name	Institution	Beteiligung am Projekt	Sonstiges
Dr. Anne Nissinen	Natural Resources Institute in Finland	Wissenschaftliche Beratung durch A. Nissinen als anerkannte Expertin für den Möhrenblattfloh.	2017: Reise nach Finnland von Hommes, Sauer und Buck zum fachlichen Austausch mit A. Nissinen.
Dr. Eva Fornefeld	JKI – AG	Beratung und Unterstützung bei der Entwicklung einer Methode zur Untersuchung von Möhren auf das Bakterium Lso.	

2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde (JKI)

Die ökologisch bewirtschaftete Fläche und die Nachfrage nach ökologische erzeugten Nahrungsmitteln nehmen in Deutschland seit Jahren stetig zu. Der Möhrenanbau, nimmt hierbei eine herausragende Rolle ein. Durch den zunehmenden ökologischen Gemüseanbau entstehen auch neue Herausforderungen im Bereich des Pflanzenschutzes.

Der Möhrenblattfloh (*Trioza apicalis*) gehört zu den Blattflöhen (Psylloidea) und zusammen mit Blattläusen, Mottenschildläusen und Schildläusen zur Unterordnung der Pflanzenläuse (Sternorrhyncha). Der Möhrenblattfloh ist univoltin und wirtswechselnd. Als Winterwirte dienen Nadelgehölze, bevorzugt Fichten (Laska 1974; Kristofferson & Anderbrant 2006), als Sommerwirt dienen Doldenblütler (Apiaceae), v.a. Möhren (Rygg 1977; Nehlin et al. 1996). Die Wirte werden vermutlich über Duftstoffe gefunden (Kristofferson et al. 2006). Was genau der Möhrenblattfloh am Winterwirt macht, z.B. ob Nahrung aufgenommen wird, ist nicht abschließend geklärt. Die Insekten überwintern in adulter Form und suchen zwischen Mai und Juli ihren Sommerwirt auf. Erste Adulte der neuen Generation erscheinen ab Ende Juli und beginnen rasch mit der Abwanderung auf die Winterwirte. Sowohl Larven als auch Adulte, ernähren sich von Pflanzensaft und saugen an Blättern und Stängel (Hodkinson 1974). Schadsymptome zeigen sich als Blattkräuselungen und -verfärbungen, sowie Wuchsdepressionen von Laub und Wurzel. Die Möhre ist besonders bei einer Besiedlung zwischen dem Auflaufen und dem 4-5 Blattstadium schadanfällig. Bei einem späteren Befall können noch Symptome auftreten, welche jedoch nicht mehr zu wirtschaftlichen Schäden führen (Fischer & Terretatz 2013). Eine Bekämpfungsstrategie gegen den Möhrenblattfloh muss sich daher auf die frühe Wachstumsphase konzentrieren.

Wie viele Pflanzenläuse dient auch der Möhrenblattfloh Krankheitserregern als Vektor. So konnte nachgewiesen werden, dass der Möhrenblattfloh das Bakterium *Candidatus Liberibacter solanacearum* überträgt (Munyanza et al. 2010). Dieses Bakterium wurde erstmals im Jahr 2015 in Deutschland, sowohl in Exemplaren des Blattflohes, als auch im Gewebe von Möhren, nachgewiesen (Munyanza et al. 2015). Ein Einfluss des Bakteriums bei Schadsymptomen an Möhren nach Befall durch den Möhrenblattfloh wird vermutet. Durch den Nachweis des Bakteriums in Deutschland verschärft sich die Problematik mit dem Möhrenblattfloh noch weiter. Seit einigen Jahren wird von

Tabelle 4: Übersicht über die Anzahl der Betriebe und Flächen, die von 2017 bis 2021 am Monitoring beteiligt waren.

Jahr	Anzahl Betriebe im Monitoring	Anzahl Flächen im Monitoring
2017	13	17
2018	13	22
2019	10	10
2020	5	5
2021	5	6

Im Laufe der fünfjährigen Monitoringdauer sind nach und nach mehrere Betriebe aus dem Monitoring ausgeschieden. Das hatte unterschiedliche Gründe. Zu Beginn des Projektes 2017 waren mehrere Betriebe zum Teil mit zwei bis drei Flächen am Monitoring beteiligt. Darunter waren landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebe mit unterschiedlich großen Flächen. Die Bewirtschaftung einer großen Fläche mit mehreren Hektar unterscheidet sich jedoch erheblich von der Bewirtschaftung von kleinen Flächen. Aus diesem Grund wurden ab 2018 nur noch große Flächen von landwirtschaftlichen Betrieben ins Monitoring aufgenommen. Jedoch wurden alle anderen Betriebe weiterhin wöchentlich per E-Mail über die aktuelle Flugaktivität informiert. Aufgrund der geringen Anzahl gefangener *T. apicalis* hat sich die Anzahl an Betrieben, bei denen das Monitoring durchgeführt wurde, immer weiter reduziert, so dass in der letzten Projektphase eine Konzentration auf die Region Ostniedersachsen erfolgte.

Die Klebetafeln wurden im Labor mit einem Binokular ausgewertet (Abbildung 2) um Anzahl und Geschlecht von *T. apicalis* zu bestimmen.



Abbildung 2: Auswertung der Klebefallen und Bestimmung von *T. apicalis* im Labor (Foto: Sauer, JKI)

Von 2018 bis 2020 wurde zusätzlich die Anzahl von weiteren Schadinsekten wie Blattläusen, Wanzen und Zikaden bestimmt, sowie die Anzahl von natürlichen Gegenspielern wie Spinnen, Marienkäfern und Florfliegen.

Fallenraster zur Feststellung der Einflugrichtung und Attraktivität der Möhrenflächen

Mit dem Versuchsaufbau sollte geklärt werden, aus welcher Richtung *T. apicalis* in die Flächen einfliegen und welche Faktoren eine Fläche attraktiv für den Zuflug von *T. apicalis* machen. Für dieses Monitoring wurden Flächen in Ostniedersachsen ausgewählt, da dort die Abundanz von *T. apicalis* höher war als im Weserbergland. Es wurden jeweils fünf Klebefallen pro Flächenseite zusätzlich zu den beiden punktuellen Klebefallen aufgestellt (Abbildung 3). Die Fallen wurden ebenfalls wöchentlich gewechselt und nach dem oben beschriebenen Schema ausgewertet.

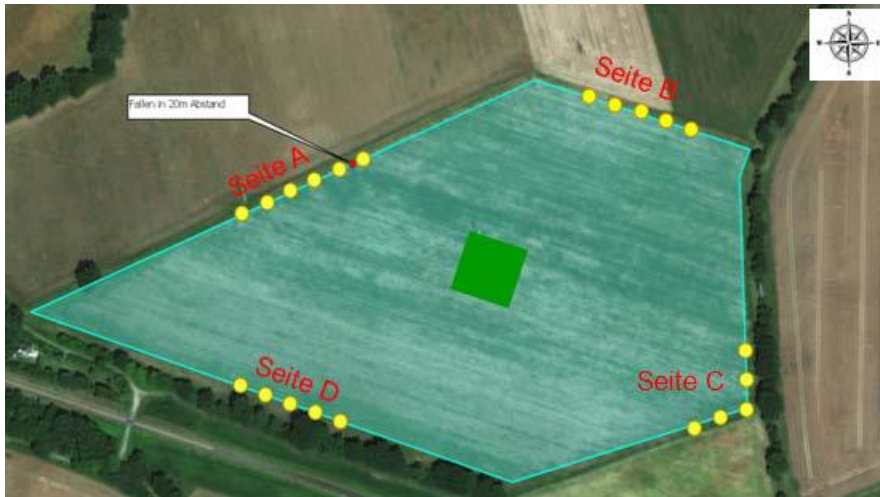


Abbildung 3: Schema des Fallenrasters zur Feststellung der Einflugrichtung auf die Möhrenflächen exemplarisch dargestellt an einer Fläche 2018. Die gelben Punkte markieren die 20 Klebefallen.

Die Dauer der Untersuchung wurde zunächst auf fünf Wochen während der Hauptaktivität von *T. apicalis* festgelegt (Tabelle 5). 2020 wurde die Versuchsdauer auf insgesamt 12 Wochen erhöht und entsprach damit dem Zeitraum des punktuellen Monitorings.

Tabelle 5: Dauer und Anzahl der Flächen auf denen ein Fallenraster untersucht wurde in den Jahren 2019 bis 2021 auf Versuchsflächen in Ostniedersachsen.

Jahr	Datum	Flächen
2019	28.05.2019 bis 02.07.2019	Betrieb V - Hofkoppel Betrieb B1 - Priorsfeld Betrieb G1 - Jerusalem
2020	05.05.2020 bis 29.07.2020	Betrieb V - Flögel Stücken Betrieb B1 - Drei Bäume Betrieb G1 - Runde Koppel
2021	12.05.2021 bis 07.07.2021	Betrieb V - Brennholz Betrieb B1 - Rohstorfer Straße 4 Betrieb G1 - Schuesdammen

Von verschiedenen Autoren werden Koniferenbestände als Winterquartiere für *T. apicalis* beschrieben. Die Entfernung zu den nächstgelegenen Koniferen spielt eine Rolle für die Besiedelung der Möhrenfläche. Ebenso der Abstand zur Vorjahresfläche. 2017 wurden Versuchsflächen im Untersuchungsgebiet ON charakterisiert, um näherungsweise beeinflussende Faktoren zu identifizieren. Die erfassten Parameter sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Die windoffene Seite des Schlags bedeutet, diejenige Seite, an der weder Bäume noch Gebüsch standen. Wald in der Umgebung meint mehr als einzelne Bäume oder Baumgruppen in unmittelbarer Nähe zum Schlag. Einzelne Bäume, Baumgruppen, niedriges Gebüsch und Blühstreifen sind in unmittelbarer Nähe zum Schlag aufgenommen worden.

Tabelle 6: Parameter zur Charakterisierung von Möhrenflächen 2017 in Ostniedersachsen

Parameter	Flächenseite	Fläche				
		Tannenkamp	Rohstorfer Straße	Loge	Reitkoppel	Großes Stück
Feldweg	N			X		X
	NO		X			
	O				X	X
	SO		X		X	
	S	X				
	SW					
	W				X	X
	NW					
Nachbarfläche Möhren Vorjahr	N					
	NO					
	O					
	SO					
	S	X				
	SW					
	W					
	NW					
Nachbarfläche Möhren aktuelles Jahr	N					
	NO					
	O					
	SO					
	S					
	SW					
	W					
	NW					
Windoffene Seite	N				X	X
	NO		X		X	X
	O		X		X	X

	SO		X		X	X
	S	X (zur Hälfte)	X	X (zur Hälfte)		X
	SW				X	X
	W				X	X
	NW				X	X
Wald in der Umgebung	N	X	X			
	NO					
	O					
	SO					
	S					
	SW				X	X
	W					X
	NW				X	X
Nadelbaum, Baumgruppe	N					
	NO					
	O					
	SO					
	S					
	SW				X	
	W					
	NW					
Nadelbaum, einzeln	N					
	NO					
	O					
	SO					
	S	X				
	SW					
	W					
	NW					
Niedriges Gebüsch	N	X		X		
	NO			X		
	O	X		X		

	SO			X		
	S	X		X		X (zur Hälfte)
	SW		X	X	X	
	W	X	X	X	X	
	NW		X	X		
Blühstreifen	N					
	NO					
	O					
	SO					
	S					
	SW					
	W					
	NW					
Laubbaum, einzeln	N	X		X		
	NO		X	X		
	O	X		X		
	SO			X		
	S			X		
	SW		X	X	X	
	W	X	X	X		
	NW		X	X		
Laubbaum, Baumgruppe	N					
	NO					
	O					
	SO					
	S	X				X
	SW				X	
	W					
	NW		X			

Flug- und Befallsüberwachung: Partielles Fallenraster

Die beiden Fallen des punktuellen Monitorings standen am Feldrand und 20 Meter im Bestand. Die Fallen wurden an Stangen befestigt in der Höhe des Aufwuchses. Wohingegen die Fallen des Fallenrasters alle am Feldrand standen und am oberen Ende der Stange befestigt waren. Überraschenderweise wurden auf den 20 Klebetafeln des Fallenrasters mal mehr, mal weniger und mal gleichviele Insekten gefangen wie mit zwei Klebetafeln. Der Beginn und der Höhepunkt der Flugaktivität waren jedoch gleich.

Ziel des partiellen Fallenrasters war es zu untersuchen, ob die unterschiedliche Fangzahl von *Trioza apicalis* durch den Standort oder Aufbau der Fallen beeinflusst wird.

Für diese Untersuchung wurde Fläche eins im Untersuchungsgebiet ON ausgewählt auf der auch das punktuelle Monitoring stattfand, sowie ein Fallenraster aufgebaut war. Die Versuchsdauer betrug drei Wochen im Hauptzuflug in den Kalenderwochen 23-25. Die Fallen wurden in der Mitte der Fläche im Abstand von 20 Metern zueinander aufgestellt (siehe Abbildung 4). Die Fallen wurden wöchentlich gewechselt und im Labor unter einem Binokular ausgewertet.



Abbildung 4: Versuchsaufbau des partiellen Fallenrasters 2021. Die gelben Rechtecke zeigen die drei Positionen der Klebefallen an. An jeder Position waren an einer Stange jeweils 2 Klebetafeln befestigt. Eine bodennah und eine weitere in ca. 65 cm Höhe.

Der Versuch hatte zwei Varianten (fixe Höhe und variierte Höhe) mit jeweils drei Wiederholungen. Die Fallen der Varianten 1 wurden am oberen Ende der Stangen in ca. 65 cm Höhe befestigt; die Höhe der Fallen ist somit über den kompletten Untersuchungszeitraum fix. Die Fallen der Varianten 2 wurden

zunächst knapp über dem Boden an den Stangen befestigt und mit dem Aufwachsen der Kultur weiter oben befestigt; die Höhe der Fallen variierte somit über den Untersuchungszeitraum.

Larvenbonitur von *T. apicalis*

2017 wurde die Larvenbonitur vom 29. – 31.08. auf neun Flächen in ON und WBL durchgeführt. Auf jeder Fläche wurden jeweils zehn Pflanzen in vier Dämmen bonitiert (= 40 Pflanzen pro Fläche). Die Pflanzen wurden zufällig ausgewählt.

2018 wurde an 6.600 Möhrenpflanzen auf elf Möhrenflächen eine Bonitur auf *T. apicalis* Larven durchgeführt. An keiner einzigen Pflanze wurden Larven gefunden.

Ausgehend von den Ergebnissen aus 2017 und 2018 zum Flugverlauf, sowie Schadsymptome an Blättern und Larven von *T. apicalis*, wurden für die Larvenbonitur folgende Bedingung festgelegt: in mindestens drei aufeinander folgenden Wochen muss die Anzahl *T. apicalis* ≥ 20 auf je 2 Gelbtafeln pro Fläche betragen. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, ist eine so geringe Schaderregerpopulation vorhanden, dass von keinem ertragsrelevanten Schaden auszugehen ist.

Diese Bedingung war in 2019 nicht erfüllt, weshalb keine Bonitur auf Larven erfolgte.

Ab 2020 wurde die Larvenbonitur standardisiert und dem Schema der Bonitur für die Schadsymptome angepasst. Jeweils eine Karottenpflanze in jeder der 20 Parzellen, die Eier und Schadsymptome in Form von gekräuseltem Laub aufwies, wurde zu Beginn der Saison mit Etiketten und Tonkinstäben markiert. Am Ende der Saison wurden die Pflanzen eingesammelt und im Labor unter dem Mikroskop auf Larven untersucht.

2020 wurde die Fläche des Betriebs V auf Larven untersucht. Die markierten Pflanzen wurden am 19.08. zur Larvenauszählung eingesammelt. Zwei Pflanzen wurden nicht wiedergefunden. Wahrscheinlich wurden diese beim letzten Jätevorgang durch das Betriebspersonal entfernt. Die 18 verbliebenen Pflanzen, wurden im Labor auf Larven untersucht.

2021 wurde ebenfalls auf der Fläche des Betriebs V eine Larvenbonitur nach oben beschriebenem Schema durchgeführt. In Parzelle 12 wurden zwei Pflanzen markiert und die Pflanze aus Parzelle 11 wurde am Boniturtermin nicht wiedergefunden. Alle markierten Pflanzen, wurden am 21.07. eingesammelt und im Labor auf Larven untersucht.

3.1.2 Schadsymptome an Möhren

Junge Möhren sind am empfindlichsten gegenüber einem Befall mit *T. apicalis*. Wird eine Pflanze befallen, kräuseln sich die Blätter (Abbildung 5). Bei starkem Befall kann die Deformierung des gesamten Laubes zu einem vollständigen Entwicklungsstopp der Möhre führen. Als Schadsymptom wird hier das Merkmal Kräuselung der Blätter bonitiert. Die Bonituren am Laub sollten optimalerweise in BBCH 13-14 stattfinden, wenn der Bestand noch offen und die Kräuselungen gut zu erkennen sind.



Abbildung 5: Schadsymptome an älteren Möhren, mit schwach ausgeprägten Kräuselungen (A) und an Möhrenkeimlingen mit stark ausgeprägten Kräuselungen (B)

Für die Bonitur wurde jede Fläche in 20 Raster eingeteilt. Pro Raster wurden an drei Bonitur-punkten je zehn Pflanzen bonitiert. Pro Fläche wurden also insgesamt 600 Pflanzen bonitiert.

Die Bonituren fanden auf den gleichen Flächen wie das Monitoring statt, jedoch wurden nicht alle Flächen bonitiert. In Ostniedersachsen wurden 2017 vier Flächen bonitiert, 2018 wurden sechs Flächen bonitiert und von 2019 bis 2021 jeweils drei Flächen. Im Weserbergland wurden 2017 fünf und 2018 vier Flächen bonitiert. Ab 2020 wurden auf den Flächen im Weserbergland keine Bonituren mehr durchgeführt, da dort kaum noch *T. apicalis* auf Klebetafeln gefangen wurden.

Schadsymptome an Möhren durch stechend-saugende Insekten (Laborversuch)

Schadsymptome, die durch *T. apicalis* verursacht werden, sind unter anderem ein Kräuseln der Blätter unter Umständen bis hin zur völligen Deformation. Vermutet wurde hinter dieser physiologischen Reaktion ein Toxin, das beim Saugvorgang mit dem Speichel an die Pflanze abgegeben wird, jedoch konnte kein Speicheltoxin nachgewiesen werden (Markkula & Laurema 1971). Inzwischen wurde von Munyaneza et al. (2010) der Nachweis erbracht, dass das Bakterium *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Lso) mit *T. apicalis* und somit Karottenpflanzen assoziiert ist. Sowohl gekräuseltes als auch verfärbtes Laub können auch durch andere Schadinsekten hervorgerufen werden. Lassack (1956) bezieht sich auf die Kräuselkrankheit, die durch die Rübenblattwanze hervorgerufen wird und Scott (1972) berichtet von gelblichen/rötlichen Verfärbungen und verringertem Wachstum nach Befall mit Wanzen der Gattung *Lygus*. Im Freiland werden die gekräuselten Blätter als Schadsymptom durch *T. apicalis* bei der Bonitur gezählt. Werden diese Symptome auch durch andere Insekten hervorgerufen, ist nicht klar, ob die Pflanze tatsächlich als durch *T. apicalis* geschädigt gezählt werden darf. Für *T. apicalis* ist bekannt, dass Weibchen der überwinterten Generation den größeren Schaden an Karotten verursachen als Männchen und Larven. Im Versuch soll herausgefunden werden, ob es Unterschiede in den Schadsymptomen verursacht durch männliche und weibliche *T. apicalis* und *Lygus rugulipennis* an Karotten gibt. Und wenn ja, wie diese Unterschiede aussehen.

Der Laborversuch fand im Februar 2020 am JKI-GF statt.

Für den Versuch wurden junge Möhren der Sorte Bolero F1 mit zwei bis drei Blättern verwendet. Je ein weiblicher oder männlicher *T. apicalis* oder *Lygus rugulipennis* (von Katz Biotech in Berlin zur Verfügung gestellt) wurde an eine Möhrenpflanze gesetzt; *T. apicalis* in Clipcages und die Wanzen unter einen Plexiglaszylinder. Die Schadsymptome in Form von Kräuseln und Verfärbungen am Laub wurden über 10 Tage täglich bonitiert.

3.2 Untersuchungen zur Biologie von *T. apicalis* (JKI)

3.2.1 Aufbau einer dauerhaften Zucht am JKI

Ab Herbst 2017 wurde eine *T. apicalis* Zucht mit Freilandfängen am JKI-GF aufgebaut. Alle Freilandfänge stammten von Flächen aus dem Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen. Die Zucht wurde in einer Klimakammer aufgebaut mit simulierten Sommer Konditionen: 20:4 Licht: Dunkelheit und 20/17 °C. Die Insekten wurden mit mehreren Möhrenpflanzen in BugDorm Käfigen gehalten.

3.2.2 Beobachtung und Beschreibung der Entwicklung vom Ei bis zum Imago und Erfassung entwicklungsrelevanter Parameter

Die Ablage von Eiern und das Auftreten der Larven und neuen Adulten wurden in jedem Zuchtkäfig wöchentlich dokumentiert. Rygg (1977) gibt die Entwicklungsdauer vom Ei bis zum Imago inklusive Präoviposition bei 21 °C mit durchschnittlich 63 Tagen an. Allerdings werden keine Angaben zu Luftfeuchte oder Tageslängen bzw. Lichtdauer gemacht.

Ebenfalls in der Zucht am JKI dokumentiert wurden die Temperatur- und Feuchtwerte in der Klimakammer und deren Einfluss auf die Entwicklung von *T. apicalis*. Soweit bekannt, gibt es nur eine weitere etablierte *T. apicalis* Dauerzucht von Anne Nissinen in Finnland. In Veröffentlichungen wird die Luftfeuchte mit 40-50% angegeben (Nissinen et al. 2007, Nissinen et al. 2008).

In einem Vorversuch mit kleiner Stichprobe wurde die Fertilität von *T. apicalis* Weibchen untersucht. Einzelne *T. apicalis* Weibchen wurden an Möhrenkeimlinge gesetzt und die Eiablage über mehrere Tage beobachtet. Da die Zucht nicht synchronisiert war und damit das Alter der Weibchen nicht genau bestimmt werden konnte, wurde der Versuch nicht in größerem Maßstab durchgeführt.

In einem weiteren kleinen Vorversuch wurde die Entwicklung von Schadsymptomen und das Eiablageverhalten von *T. apicalis* an kleinen Möhrenkeimlingen untersucht. Dieser Vorversuch diente dazu, die Schadsymptome im Feld besser charakterisieren zu können. Dazu wurden *T. apicalis* an Möhrenkeimlinge im Keimblattstadium oder mit einem Laubblatt gesetzt (Abbildung 6).



Abbildung 6: *T. apicalis* Weibchen an Möhrenkeimling

Der Versuch beinhaltete zwei Varianten. In Variante 1 wurde ein Weibchen an den Möhrenkeimling gesetzt. In Variante zwei wurde ein Weibchen und ein Männchen an den Möhrenkeimling gesetzt (Tabelle 7). *T. apicalis* an Pflanze 2 ist nach dem Einsetzen abgestorben und die Pflanze wurde aus dem Versuch genommen.

Tabelle 7: Versuchsaufbau und Varianten des Versuches Eiablageverhalten von *T. apicalis*.

Variante	Pflanze	Stadium Pflanze	Anzahl <i>T. apicalis</i>
1	1	Keimblatt	1 Weibchen
	2	Keimblatt	1 Weibchen
	3	1 Laubblatt	1 Weibchen
2	4	1 Laubblatt	1 Weibchen 1 Männchen
	5	1 Laubblatt	1 Weibchen 1 Männchen
1	6	1 Laubblatt	1 Weibchen

	7	Keimblatt	1 Weibchen
	8	Keimblatt	1 Weibchen
	9	Keimblatt	1 Weibchen
	10	Keimblatt	1 Weibchen

3.2.3 Sessilität von *T. apicalis* an Möhren (Laborversuch)

Nach Studien von Laska (2011) kann *T. apicalis* im Versuch Distanzen von bis zu 60 Metern zurücklegen. Eigene Beobachtungen in der Zucht ergaben, dass sich *T. apicalis* nur wenig an der Pflanze bewegt, sobald ein geeigneter Platz zum Saugen gefunden wurde. Die Pflanzen, welche für die Zucht verwendet werden, sind in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium deutlich über BBCH 15. An diesen Pflanzen kann beobachtet werden, dass *T. apicalis* an der gleichen Stelle sitzen bleibt und sich wenig bewegt.

Für die Abschätzung des Schadpotenzials durch *T. apicalis* ist es wichtig die Dispersion des Schadinsektes und somit auch die potenzielle Dispersion des Pathogens Lso im Feld/Freiland zu kennen. Allerdings stellt sich die Frage, ob diese geringe Beweglichkeit nur an älteren Pflanzen (> BBCH 15) gegeben ist. Jüngere Pflanzen reagieren sehr stark auf den Befall mit *T. apicalis* durch Blattdeformation, indem die Blätter zum Teil vollständig gekräuselt sind. Gegebenenfalls stellt die Pflanze dann keine geeignete Wirtspflanze mehr da, so dass sie diese verlassen und eine neue Pflanze aufgesucht werden muss.

In diesem Versuch sollten folgende zwei Fragen geklärt werden: 1) Bleibt *T. apicalis* an einer kleinen Pflanze (BBCH < 15) sitzen, wenn einmal eine kompatible Wirtspflanze gefunden ist? und 2) Bleibt *T. apicalis* an einer großen Pflanze (BBCH > 15) sitzen, wenn einmal eine kompatible Wirtspflanze gefunden ist?

Dafür wurden drei Möhrenpflanzen in einem Käfig im Abstand von 10 cm zueinander im Dreieck angeordnet und sechs *T. apicalis* eingesetzt (Abbildung 7). Nach zwei Wochen wurde kontrolliert, an welchen Pflanzen sich Kräusel und/oder Deformationen zeigten, welche als Nachweis für eine Saugtätigkeit durch *T. apicalis* gewertet wurden.

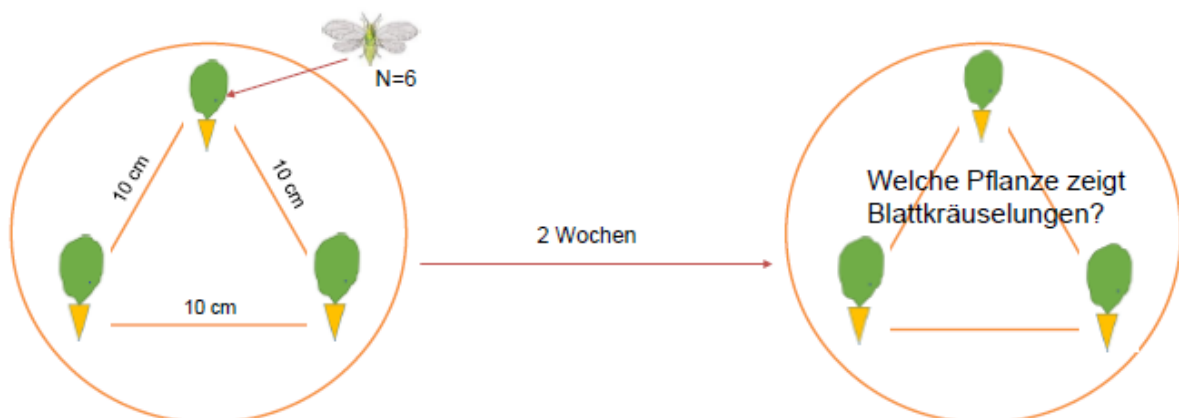


Abbildung 7: Versuchsaufbau zum Versuch „Sessilität von *T. apicalis* an Möhrenpflanzen“.

3.2.4 Abwanderung von *T. apicalis* im Spätsommer

In der Zeit vom 27.08-28.09.2017 fand ein Versuch mit drei verschiedenen Arten von Koniferen (Fichte, Kiefer, Tanne) auf sechs Praxisflächen im Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen statt. Es wurde untersucht welche der drei Baumarten von *T. apicalis* zur Überwinterung präferiert wird. Auf jeder Fläche wurden zwei Baumgruppen mit je einer Tanne, Fichte und Kiefer ausgepflanzt. Am

Versuchsende wurden die Bäume ausgegraben und am JKI-GF im Folientunnel aufgestellt. Es fand eine visuelle Kontrolle der Bäume mit der Handlupe statt und zusätzlich wurden abgeschnittene Äste unter dem Binokular untersucht.

3.2.5 Überwinterung von *T. apicalis* (Freilandversuch)

In der *T. apicalis* Zucht am JKI-GF werden die Insekten dauerhaft bei Konditionen gehalten, die dem deutschen Hochsommer entsprechen. Im Freiland wandert *T. apicalis* im Spätsommer jedoch von der Karotte in ein Überwinterungsquartier ab. Die überwiegende Mehrheit der Autoren geben Koniferen und insbesondere die Fichte als Überwinterungshabitat an (z.B. Laska 2011, Kristoffersen&Anderbrant 2007). Die Frage ob *T. apicalis* auf Koniferen abwandert, sollte in einem kleinen geschützten Freilandversuch geklärt werden. Dafür wurden 106 *T. apicalis* aus der Zucht zusammen mit je einer Möhrenpflanze der Sorten Romance F1 und Bolero F1 und einer kleinen Kiefer (*Pinus sylvestris*) im Oktober 2020 in einem Käfig platziert und in einem Insektarium unter Freilandbedingungen aufgestellt. Der Aufenthaltsort der Insekten im Käfig wurde regelmäßig notiert.

3.2.6 Auswirkung von Trockenstress der Futterpflanze auf die Vermehrung von *T. apicalis*

In diesem Versuch wurde die Auswirkung von Trockenstress auf die Wirtspflanze *Daucus carota* auf die Fortpflanzungsrate von *T. apicalis* untersucht.

Die Versuchspflanzen, Möhren der Sorte Romance F1 mit 3 Blättern, wurden vor Versuchsbeginn nicht mehr gegossen, damit die Erde im Topf bei Versuchsbeginn trocken war. Die Oberfläche der Töpfe wurde mit Filterpapier abgedeckt, sodass tote Insekten auf dem weißen Filterpapier besser gesehen werden und gezählt werden konnten. Die Pflanzen wurden mit einer Konstruktion aus Geranienstützgitter und perforierter Folie abgedeckt. Die benötigten Insekten wurden einen Tag vor Versuchsbeginn aus der Zucht am JKI-GF entnommen. Insgesamt wurden 100 (40 männliche und 60 weibliche) Insekten der neuen Generation einzeln von den Netzen in Kryoröhrchen abgesammelt und über Nacht im Kühlschrank bei 6 °C gelagert.

Das Experiment fand in der Klimakammer unter folgenden Klimabedingungen statt: Licht/Dunkelheit 20:4 Stunden bei 20 °C/17 °C. Der Versuch enthielt zwei Varianten mit jeweils zehn Wiederholungen (Abbildung 8). In Variante eins wurden die Versuchspflanzen zweimal pro Woche gegossen. Variante zwei wurde nicht gegossen, es sei denn die Pflanzen wären sonst abgestorben.

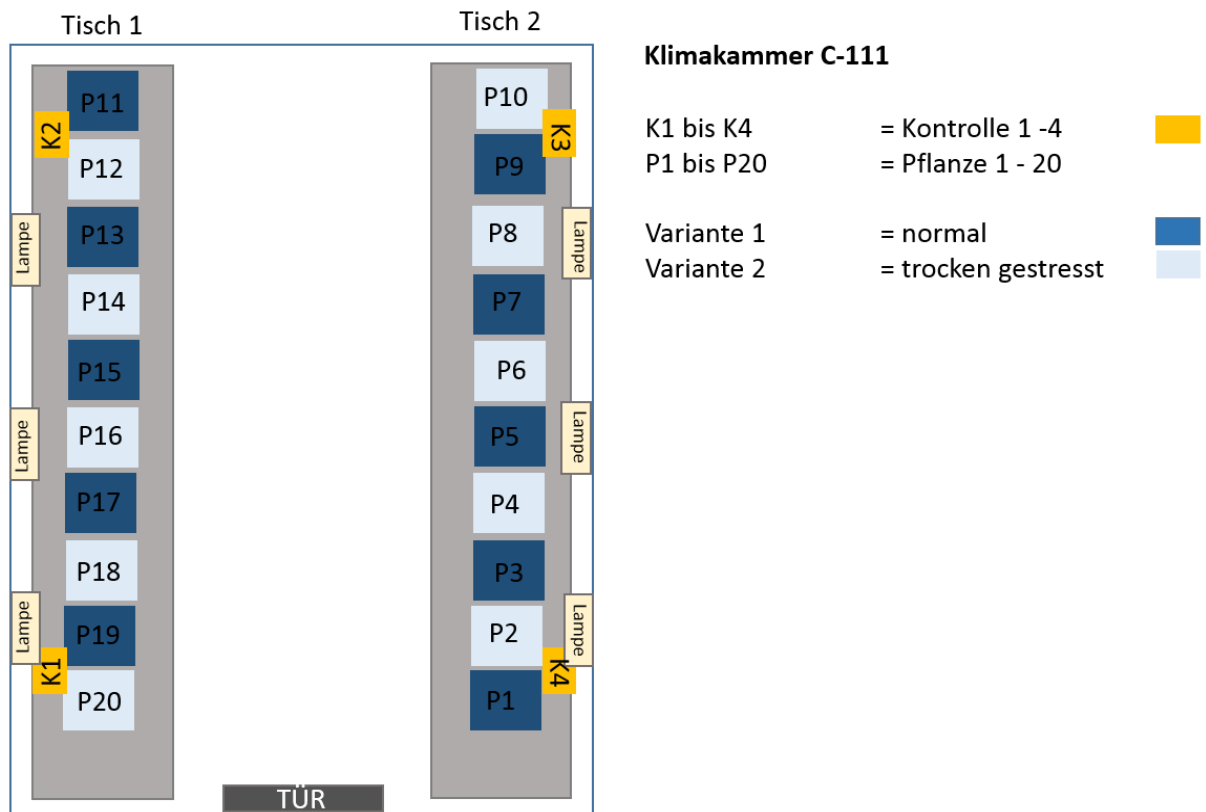


Abbildung 8: Versuchsaufbau zum Versuch "Auswirkungen von Trockenstress der Futterpflanze auf die Vermehrung von *T. apicalis*" in der Klimakammer

An jede Versuchspflanze wurden drei Weibchen und zwei Männchen gesetzt und nach 16 Tagen wieder entfernt, ebenso die perforierte Folie und die Pflanzen in einem Käfig aufgestellt. Am Versuchsende, zehn Wochen nach der Entnahme der Adulten, wurden die Pflanzen für ca. 15 Minuten in die Gefriertruhe gestellt, zur Immobilisation der Insekten. Sie lassen sich dann leichter von den Pflanzen absammeln. Danach wurden Eier, Larven und die Adulten der neuen Generation gezählt.

3.3. Untersuchungen zum Verhalten von *T. apicalis* (LUH)

3.3.1 Migrationsverhalten von *T. apicalis*

Herbstmigration von *T. apicalis* in Richtung Winterwirt – Versuche 2017

Um den Abflug und die Migration zu den Winterwirten (Koniferen) zu untersuchen, wurden um ein stark befallenes, ökologisch bewirtschaftetes Möhrenfeld (3 ha Verarbeitungsmöhren, Sorte Rothild) im Landkreis Lüneburg (Standort „Betrieb B1“, Feld bei Vastorf) im Abstand von bis zu 300 m 5 x 2 orangefarbige Leimtafeln (Rebell orange, Andermatt Biocontrol AG, Grossdietwil, Schweiz) aufgestellt (Abbildung 9). Die Distanzen der Fallen zum Möhrenfeld sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Soweit möglich, wurden die Leimtafeln vor oder in der Nähe von kleineren Koniferenbeständen (überwiegend Fichte) in Feldgehölzen oder Waldrändern aufgestellt, zum Teil waren dies nur wenige Einzelbäume (Abbildung 10). Die Leimtafeln waren hierfür in ca. 1 m Höhe mit Federzwingen (Wolfcraft, Bauhaus AG) an Metall-Winkelprofilen (4 x 4 x 150 cm, Regalux, Bauhaus AG, Deutschland) senkrecht befestigt (Abb. 1) und wurden immer so ausgerichtet, dass die fängigen Seiten zum Feld bzw. zu den Koniferen standen. Diese Art der Fallenaufstellung wurde danach in allen Versuchsjahren als Standard verwendet und entspricht dem Modell für das Monitoring in den Möhrenfeldern im Weserbergland.

T. apicalis Aktivität wurde von 23.08. – 18.10.17 (Beginn Ernte) an acht Terminen erfasst (wöchentlicher Fallenwechsel), die Leimtafeln standen dabei in etwa in allen vier Himmelsrichtungen um das Feld. Alle gefangenen Blattflöhe wurden mit Reinigungsbenzin (100-140, reinst, Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, Deutschland) abgelöst und unter Verwendung eines Binokulars bestimmt; allerdings wurden nur Möhrenblattflöhe bis zur Art bestimmt. Als Bestimmungsliteratur wurde der Schlüssel von Burckhardt & Freuler (2000) verwendet, die Bestimmung wurde von Dr. Q. Schorpp (JKI-GF Braunschweig) überprüft, der auch die Bestimmung anderer Blattfloharten vorgenommen hat. Zusätzlich wurden im Möhrenfeld zum gleichen Zeitpunkt wie der Fallenwechsel Klopfproben gemacht. Hierzu wurden mit einem Holzstab alle Möhrenpflanzen entlang von 2 m und an vier Reihen beklopft und herabfallende Möhrenblattflöhe mit einem Klopfschirm (Durchmesser 72 cm; Bioform Nürnberg, Deutschland) aufgefangen, so dass die *T. apicalis* Dichte im Feld semi-quantitativ erfasst werden konnte (außer 13.09., da die Pflanzen zu nass waren).



Abbildung 9: Orangefarbige Leimtafel (Rebell orange; Andermatt Biocontrol) am Maststandort bei „Schwöbber Berg“, 2018.



Abbildung 10: Standorte der Leimtafeln (Fallen) am Standort „Betrieb B1“ bei Vastorf, 2017.

Frühjahrsmigration von *T. apicalis* in Richtung Sommerwirt - Versuche 2018

Um den Zuflug und die Migration zu den Sommerwirten (Möhren) und die Flughöhen von *T. apicalis* zu untersuchen, wurden an zwei Standorten im Weserbergland (Standort „Schwöbber Berg“ bei Schwöbber (10 ha, Sorte Romance F1 als Frischmarktmöhren) und „Eichberg rechts“ (8,3 ha, Sorten Romance F1 und Dayliance F1 als Frischmarktmöhren) bei Groß Hillingsfeld, beide Landkr. Hameln-Pyrmont, die in den Vorjahren starken Möhrenblattfloh-Befall aufwiesen und die von Lage und Struktur her geeignet waren (ausreichende Anzahl von kleinen bis großen Beständen auch älterer Nadelbäume (meist Fichte und Kiefer), ausreichend Platz für Fallen) um das jeweilige Möhrenfeld in jeder Himmelsrichtung je zwei orangefarbige Leimtafeln an solchen Gehölzen aufgestellt (insg. 8 x 2 Fallen), die in einer Distanz von 300 -1600 m zum Möhrenfeld standen (Abbildung 11 und Abbildung 12). Für die Distanzen der Fallen zum Möhrenfeld siehe

Tabelle 9.



Abbildung 11: Standorte der Leimtafeln (Fallen) und des Mastes am Standort „Eichberg rechts“ bei Hameln, 2018.



Abbildung 12: Standorte der Leimtafeln (Fallen) und des Mastes am Standort „Schwöbber Berg“ bei Schwöbber, 2018.

Außerdem wurde an beiden Standorten je ein Fallenmast (Abbildung 13) aufgebaut, um Flughöhen des Möhrenblattflohs zu ermitteln und auch die Ergebnisse des Vorjahres zu validieren (bei dem Abflug von Nadelbäumen fliegen die Möhrenblattflöhe möglicherweise in zu großen Höhen, um sie mit normaler Fangmethodik direkt am Gehölz nachweisen zu können). Hierzu wurde ein 6,5 m hoher Aluminium-Fahnenmast (tectake GmbH, Igersheim, Deutschland) mit einem Betonfuß im Boden verankert, indem die Bodenhülse vor Ort in einem KG-Rohr (Durchmesser 16 cm, Länge 0,5 m) in Schnellbeton gegossen wurde. Zudem wurde der Mast mit Spanngurten abgespannt. Die Spitze des Mastes war mit einem ‚Galgen‘ ausgestattet, so dass die Leimtafeln mit entsprechend langen Schnüren auf die vorgesehenen Höhen (3 und 5 m) gezogen und zum Austausch herabgelassen werden konnten und nicht am Mast festkleben konnten. In die Leimtafeln wurden hierfür vier Löcher gestanzt (\varnothing 1 cm), so dass sie mit Karabinerhaken leicht befestigt und entfernt werden konnten.

Bei den Fallenmasten wurde zudem je eine solarbetriebene Wetterstation (PCE-FWS 20; PCE Instruments, PCE Deutschland GmbH, Meschede, Deutschland) aufgebaut, die alle 30 min Windrichtung, Windstärke und Temperatur aufnahm. Sie war in 1,5 m Höhe an einem Holzpfahl befestigt. Außerdem wurde eine Leimtafel in 1 m Höhe neben dem Fallenmast aufgestellt.

Der *T. apicalis* Flug wurde von 19.04. – 25.06.18 an zehn Terminen wöchentlich erfasst. Alle gefangenen Blattflöhe wurden wie im Vorjahr abgelöst und entsprechend bestimmt. Auf Klopfproben wurde verzichtet, weil das Möhrenfeld kaum befallen war.



Abbildung 13: Fallenmast mit Leimtafeln in 3 und 5 m Höhe am Standort „Schwöbber Berg“ 2018. Rechts ist die Wetterstation und links die Leimtafel in 1 m Höhe.

Frühjahrsmigration von *T. apicalis* in Richtung Sommerwirt - Versuche 2019

2019 wurde der Versuch von 2018 mit den gleichen Zielen wiederholt, allerdings in den Landkreis Lüneburg (Umgebung Vastorf) verlegt, um an einem in den Vorjahren stark befallenen Standort die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, Möhrenblattflöhe zu fangen. Außerdem wurde das Versuchsdesign abgeändert. Am 17. April wurden dazu in der Nähe des ökologisch bewirtschafteten Schlags „Priorsfeld“ (10,7 ha, Sorten Bolero F1 und Solvita als Verarbeitungsmöhren, nach Demeter-Richtlinien) 7 x 1 Leimtafeln aufgestellt (Abbildung 14). Der Zuflug wurde bis zum 05. Juni 2019 wöchentlich erfasst (7 Termine). Die Fallen standen in etwa in allen vier Himmelsrichtungen (pro Himmelsrichtung eine Falle) in zwei etwa konzentrischen Kreisen (Abstand zum Feldrand: Innenring ca. 250 – 950 m; Außenring ca. 1,5 - 2 km) um das Möhrenfeld. Die Fallen wurden wieder soweit möglich in die Nähe bzw. vor größere Koniferenbestände (hier insb. Fichte und Kiefer) gestellt. Ausnahme war der Außenring Richtung Osten, da hier kein geeigneter Standort gefunden werden konnte, bei dem der Besitzer bekannt war. Alle gefangenen Blattflöhe wurden mit Citronenöl (natürlich) oder Reinigungsbenzin (beide Carl Roth GmbH + Co. KG, Karlsruhe, Deutschland) abgelöst und wie in den Vorjahren bestimmt. Für die Distanzen der Fallen zum Möhrenfeld siehe Tabelle 8.

Um die Ergebnisse der Vorjahre zu validieren und Flughöhen des Möhrenblattfloh zu bestimmen, wurden im Innenring östlich und westlich zum Möhrenfeld je ein Mast aufgestellt (Abbildung 14 und Abbildung 15), an dem je 2 Leimtafeln in ca. 3 m und 5 m Höhe befestigt waren (identischer Aufbau wie im Vorjahr). Zudem wurde je eine Wetterstation aufgestellt und eine Falle in 1 m Höhe. Diese wurden ebenfalls wöchentlich ausgewechselt und entsprechend ausgewertet. Mast West stand an einem größeren Feldgehölz (ca. 23743 m² Fläche), Mast Ost einem kleineren, lichten Feldgehölz (ca.

1300 m² Fläche). Auf Klopffproben wurde aus Zeitgründen, und weil das Möhrenfeld kaum befallen war, verzichtet.



Abbildung 14: Standorte der Leimtafeln (Fallen) und der Masten am Standort „Priorsfeld“ bei Vastorf, 2019. Die Kreise stellen den Innen- und Außenring der Fallen dar.



Abbildung 15: Fallenmast mit Leimtafeln in 3 und 5 m Höhe am Standort „Priorsfeld“ bei Vastorf (Mast Ost), 2019.

Tabelle 8: Distanzen der Fallen zum Möhrenfeld (kürzeste Distanz; ± 5 m) bei dem Versuch 2017 bei Möhrenfeld „Betrieb B1“.

Falle	Distanz (m)	Falle	Distanz (m)
1a	5	3b	350
1b	20	4a	300
2a	20	4b	350
2b	20	5a	300
3a	300	5b	300

Tabelle 9: Distanzen der Fallen zum Möhrenfeld (kürzeste Distanz; ± 5 m) bei dem Versuch bei Möhrenfeldern „Eichberg rechts“ und „Schwöbber Berg“ (2018). Die Masten befanden sich jeweils bei Falle 1a und hatten etwa die gleiche Distanz wie diese Falle.

Falle	Distanz (m)	Falle	Distanz (m)
Eichberg rechts			
1a	500	3a	520
1b	370	3b	430
2a	1200	4a	290
2b	1200	4b	280
Schwöbber Berg			
1a	850	3a	1300
1b	850	3b	1400
2a	1400	4a	950
2b	1500	4b	930

Tabelle 10: Distanzen der Fallen zum Möhrenfeld (kürzeste Distanz; ± 5 m) bei dem Versuch bei Möhrenfeld „Priorsfeld“ (2019). Mast West und Ost befanden sich auf dem Innenring mit etwa der gleichen Distanz zum Feld wie die entsprechende Falle dort.

Falle	Distanz (m)	Falle	Distanz (m)
Nord	250	West	1000
Nord-2	1600	West-2	2100
Ost	620	Süd	1000
Ost-2	n. a.	Süd-2	1500

Etablierung einer Zucht von *T. apicalis* an der LUH - Versuche 2020 (LUH)

Das Versuchsjahr 2020 wurde für die Etablierung einer Möhrenblattflohzucht unter standardisierten Bedingungen in der Klimakammer genutzt. Für die *T. apicalis* Zucht wurden mithilfe der Erfahrungen vom JKI Zuchtkäfige aufgebaut. Zusätzlich fand der Aufbau von Vorversuchen zur Attraktivität von LED-Fallen an der LUH statt.

Die Klimakammer befand sich im Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme in der Abteilung Phytomedizin. Die Temperatur der Kabine lag bei 20 °C und relativer Luftfeuchte von 35-45% rel. Luftfeuchte (16:8 LD). Um die *T. apicalis* Population aufzubauen, wurden Insekten im Feld am Standort Betrieb V gefangen und mit tragenden Weibchen, die vom JKI bereitgestellt wurden, in die Zuchtkäfige überführt. Gezüchtet wurden *T. apicalis* auf zwei Möhrensorten. Zuerst wurde die Zucht auf der Sorte Bolero F1 etabliert, im Verlaufe des Jahres wurde sich aber für die Sorte Romance F1 entschieden.

3.3.2 Visuelle Orientierung von *T. apicalis* Versuche 2021-22 (LUH)

Basierend auf der Datengrundlage der Vorversuche konnten im Jahr 2021 diverse Untersuchungen zur visuellen Orientierung von *T. apicalis* durchgeführt werden. Zum einen wurde mithilfe von LED-Lichtfallen untersucht, welche Farben besonders attraktiv für *T. apicalis* sind. Zum anderen wurde untersucht, ob LED-Lichtfallen eine höhere Attraktivität für *T. apicalis* aufweisen als konventionelle Farbtafeln.

Farbpräferenz von *T. apicalis* in abgedunkelter Umgebung

Um die Farbpräferenz von *T. apicalis* genauer zu untersuchen, wurden zwei unterschiedliche LED-Lichtfallen in einem abgedunkelten Käfig (1 m x 1 m x 0,8 m) installiert (Abbildung 16b). Die LED-Lichtfallen bestanden aus kleinen undurchsichtigen Kunststoffwürfeln (0,13 m x 0,1 m x 0,1 m), wobei eine Seite des Würfels durch eine transparente Acrylglascheibe abgedeckt war (Abbildung 16a). In der LED-Lichtfalle wurde in der Mitte der Rückseite eine SMD-LED angebracht, welche die gesamte Acrylglascheibe zum Leuchten brachte. Die Acrylglascheibe wurde mit einer Lage Frischhaltefolie abgedeckt, auf die vor Versuchsstart durchsichtiger Insektenleim (Temmen, Hattersheim – Eddersheim, Deutschland) aufgebracht wurde, um *T. apicalis* nach Landung auf den LED-Lichtfallen zu fixieren. Drei verschiedene LEDs wurden paarweise gegeneinander getestet (grün: Nichia NCSG219B-V1 SMD-LED, Peak 523 nm; orange: Osram Oslon SSL SMD-LED, Peak 592 nm; gelb: Roithner LED375-66-60-110, Peak 576 nm). Die untersuchten Farbvarianten waren Grün versus Orange und Grün versus Gelb. Gegenüberliegend zu den LED-Lichtfallen wurde pro Versuchsdurchlauf ein *T. apicalis* ausgesetzt (Punkt c). Ein Versuchsdurchlauf wurde nach maximal 24 Stunden beendet. Das Entscheidungsverhalten wurde für Weibchen und Männchen separat untersucht.

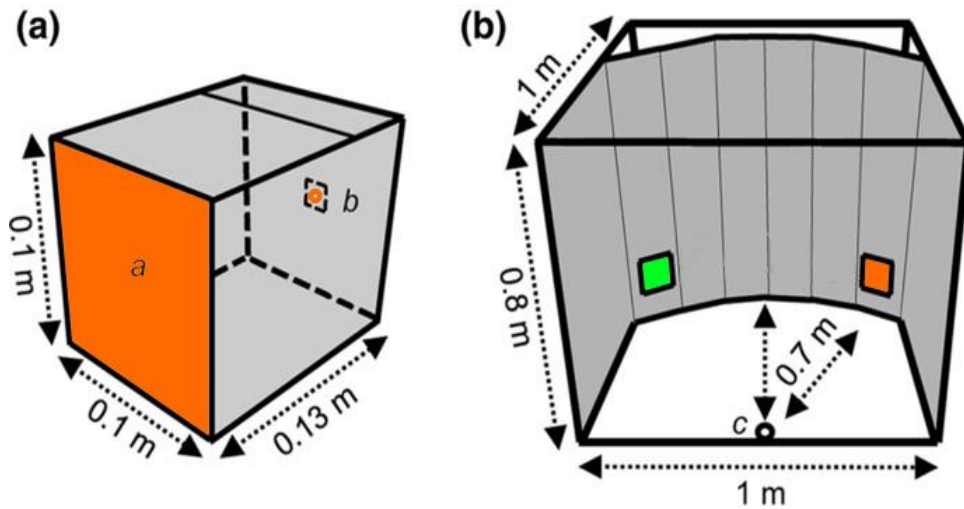


Abbildung 16: Schema einer LED-Lichtfalle mit orangefarbener Leuchtdiode (a) und Schema des Versuchsaufbaus des Choice Versuchs im abgedunkelten Käfig (Schemata abgeändert von Stukenberg & Poehling (2019))

Farbpräferenz von *T. apicalis* in heller Umgebung

Um das Entscheidungsverhalten von *T. apicalis* auch unter Umgebungslichteinfluss zu begutachten, wurde der Versuchsaufbau für die weiteren Versuche angepasst. Hierzu wurde ein anderer Käfigaufbau gewählt und die Versuche wurden in einer beleuchteten Klimakammer durchgeführt (20 °C, 24:0 LD). Der verwendete Käfig (Höhe 40,5 cm, Breite 114 cm, Tiefe 42 cm) bestand aus drei Kammern (Abbildung 17). Zwei Kammern, die vom Oberlicht hell erleuchtet waren und eine Kammer in der Mitte, die vor dem Oberlicht geschützt war. In den erhellten Kammern wurden dieselben LED-Lichtfallen, wie im Versuch ohne Umgebungsbeleuchtung, verwendet. Die untersuchte Farbvariante war Grün gegen Orange. Ein Möhrenblattfloh pro Versuchsdurchlauf wurde zentral in der dunklen Kammer freigelassen. Ein Versuchsdurchlauf wurde nach maximal 24 Stunden beendet. Zwischen den Kammern war jeweils ein 20 cm x 20 cm großes Loch in der Zwischenwand, sodass *T. apicalis* sich für eine Kammer mit einer LED-Lichtfalle entscheiden konnte. Das Entscheidungsverhalten wurde für die Weibchen und Männchen untersucht.

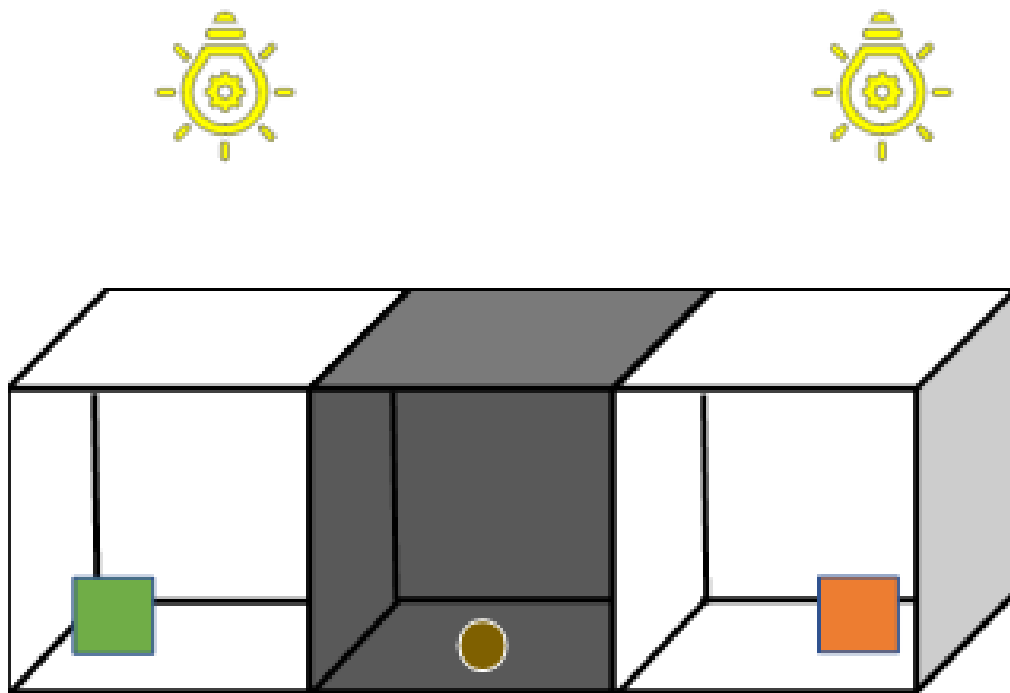


Abbildung 17: Schema des Versuchsaufbaus des Choice-Versuchs in der beleuchteten Klimakammer

Attraktivität der LED-Lichtfalle im Vergleich zu konventionellen Klebefallen

Im Anschluss an die Untersuchungen zur Farbpräferenz in heller Umgebung, wurde untersucht, ob die LED-Lichtfalle für *T. apicalis* attraktiver ist als die konventionelle orangefarbige Monitoringfalle. Hierzu wurde der identische Versuchsaufbau gewählt, wie im vorherigen Versuch (siehe Abbildung 17). Die transparente Acrylglascheibe der einen Lichtfalle wurde durch eine passend zugeschnittene konventionelle Klebetafel (Rebell orange, Andermatt Biocontrol) ersetzt. Es wurde somit eine orange LED-Lichtfalle gegen eine konventionelle orangefarbige Klebetafel getestet. Pro Versuchsdurchlauf wurde ein Möhrenblattfloh zentral in der mittleren Kammer freigelassen. Ein Versuchsdurchlauf wurde nach maximal 24 Stunden beendet.

3.4 Laboruntersuchungen von Möhren und *T. apicalis* auf Infektion mit *Candidatus Liberibacter solanacearum* (JKI)

Triozia apicalis kann als Vektor das Bakterium *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Lso) auf Möhren übertragen, welches als Pflanzenpathogen die Möhre zusätzlich schädigt. In einzelnen Individuen des Möhrenblattfloh konnte das Bakterium bereits nachgewiesen werden. Für Möhren ist bisher nicht geklärt, ob eine Infektion mit Lso zu hohen Ertragsausfällen führt, oder erst die Kombination aus Befall mit *Triozia apicalis* und einer Infektion mit Lso.

Probenahme

Von 2018-2021 wurden jedes Jahr zwei Flächen im Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen beprobt. Die Flächen wurden aufgrund ihres höheren Anteils an verfärbtem Laub und höherer Anzahl *T. apicalis* während der Befallsüberwachung ausgewählt. Flächen aus dem Untersuchungsgebiet Weserbergland wurden nicht beprobt, da die beiden Bedingungen Laubverfärbung und erhöhte Anzahl *T. apicalis* nicht erfüllt waren. Die Flächen wurden nach dem oben beschriebenen Muster in 20 Parzellen eingeteilt und insgesamt jeweils 80 Möhren pro Fläche mit und ohne Verfärbungen am Möhrenlaub (jeweils zwei pro Raster) genommen.

2017 wurden die Proben Ende August von einer Fläche genommen und nur eine von 45 Möhren positiv auf Lso getestet. Das Bakterium benötigt mindestens sechs Wochen, um sich im Wirt zu etablieren und zu vermehren. Erst danach ist es mit molekularbiologischen Methoden nachzuweisen. In Absprache mit Frau Dr. Eva Fornefeld vom Institut JKI-AG wurde die Beprobung 2018 deshalb erst im September durchgeführt. So wurde gewährleistet, dass bei einer gegebenen Infektion bereits genügend Bakterien in der Pflanze vorhanden sind, um sie molekularbiologisch zu erfassen. Für die Probenahme 2019 wurde die Methode weiter angepasst und die Flächen zusätzlich im August, September und Oktober beprobt (Tabelle 11). Mit dieser gestaffelten Beprobung, sollte festgestellt werden, wann der optimale Zeitpunkt für die Probenahme ist. Des Weiteren sollte festgestellt werden, ob die Anzahl Lso positiver Proben zunimmt und ob ein Unterschied zwischen früh und spät ausgesäten Möhren besteht.

Tabelle 11: Gestaffelte Probenahme 2018 für die Lso Analyse von Möhren

Aussattermin	Probenahme	Anzahl Proben	
		Betrieb V	Betrieb B1
früh	28.08.2019	40	40
früh	25.09.2019	80	80
früh	22.10.2019	30	10
spät	22.10.2019	40	40

Nachweis von *Candidatus Liberibacter solanacearum* in Möhren

Der molekularbiologische Nachweis von Lso in Möhren erfolgt durch eine quantitativen PCR (qPCR) nach Teresani et al. (2014) und wird mit den im EPPO Standard PM 7 angegebenen konventionellen PCRs nach Li et al. (2009), Jagoueix et al. (1996) und Ravindran et al. (2011) verifiziert (Abbildung 18). Die qPCR gilt als die sensitivere Analyseverfahren und wird standardmäßig zur Überprüfung von Lso Infektionen angewendet. Zur Verifizierung von Lso werden drei konventionelle PCRs durchgeführt. Mit der anschließenden Sequenzanalyse wird der Haplotyp C des Bakteriums festgestellt. Ein haploider Genotyp ist eine Variante einer Nukleotidsequenz auf ein und demselben Chromosom im Genom des Bakteriums. Die Proben wurden am JKI-GF aufbereitet und zur Sequenzierung an das Labor von LGC Biosearch Technologies in Berlin eingeschickt.

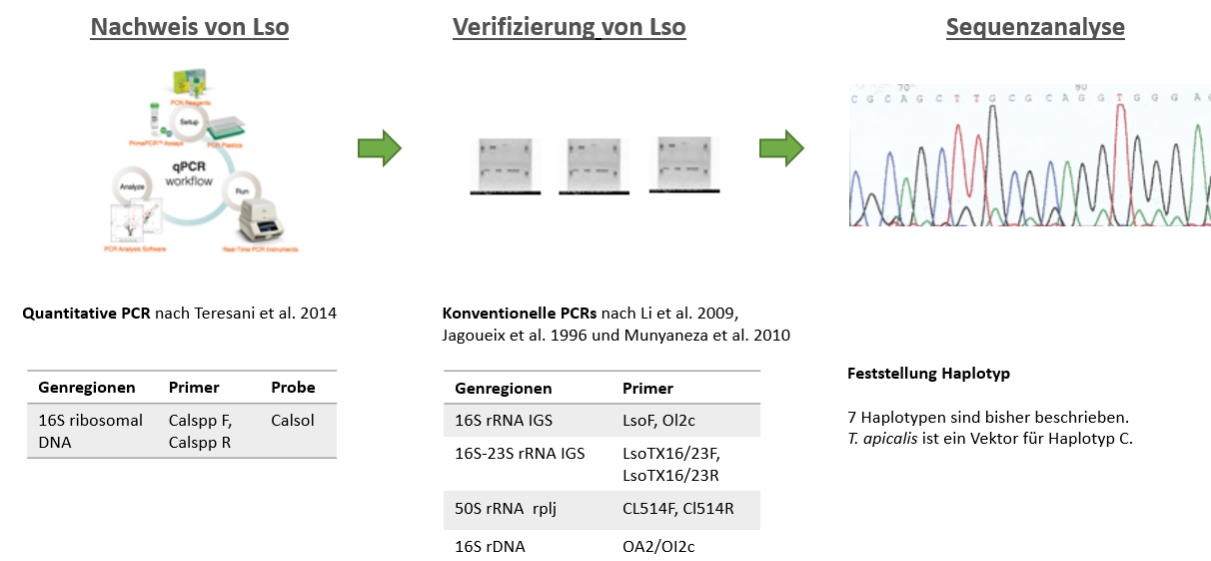


Abbildung 18: Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte zum Nachweis von Lso in Möhren und Insekten

Im Laufe der Untersuchungen der Proben von 2019 sind Unstimmigkeiten aufgetreten, die überprüft werden mussten. Ein Großteil der Proben von 2019 hatten ein negatives qPCR Ergebnis, wurden jedoch in den PCRs positiv auf Lso getestet. Dieses Ergebnis hatte eine Überarbeitung der Analysemethode zur Folge. Zunächst musste die Nachweisgrenze von Lso in Proben von Karottengewebe überprüft werden. Parallel dazu wurden die qPCR Analysen mit den gleichen Karottenproben in zwei weiteren qTowern der gleichen Marke durchgeführt. Die Vergleiche der Geräte zeigten ähnliche Ergebnisse. Es konnte nicht abschließend geklärt werden, was die Unstimmigkeiten verursacht hat. Obwohl die qPCR als die sensitivere Methode gilt, hat sich in unseren Analysen die konventionelle PCR als robustere und verlässlichere Methode erwiesen. Die Proben von 2020 und 2021 wurden nur noch mit konventionellen PCRs getestet. Die Methoden- und Geräteüberprüfung dauerte das ganze Jahr 2020 an. Aufgrund der Erkenntnisse mussten alle Proben von 2018 und 2019 nochmals überprüft werden. Durch die Überprüfung, Überarbeitung und Anpassung der Methoden verschob sich die Bearbeitung und die Analyse der Proben von 2020, auf das Frühjahr 2021.

Nachweis von *Candidatus Liberibacter solanacearum* in Insekten

Für den molekularbiologischen Nachweis von Lso in *T. apicalis*, sind Lebendfänge den Insekten von Klebefallen vorzuziehen. Es besteht die Möglichkeit, dass der Leim der Fallen die DNA Extraktion aus den Insekten eventuell hemmen kann und das Ergebnis weniger aussagekräftig ist. Die Insekten sollten mit einem Klopfschirm von den Karotten geklopft werden und anschließend bei -20 °C bis zur weiteren Verwendung aufbewahrt werden. Die Insekten wurden 2018 und 2019 zunächst nur mit qPCR untersucht und ab 2020 mit der konventionellen PCR nach Munyaneza et al. (2010).

2019 konnten nur sehr wenige *T. apicalis* Individuen mit dem Klopfschirm im Feld eingefangen werden. Alle Insekten wurden jeweils zum Aufbau einer neuen Zucht benötigt, sodass keine Insekten für eine molekularbiologische Untersuchung zur Verfügung standen. 2020 hat die Methodenüberprüfung sehr viel Zeit in Anspruch genommen, sodass keine Kapazitäten bestanden Insekten von Klebefallen abzulösen und zu untersuchen.

2021 wurden ebenfalls keine Lebendfänge von *T. apicalis* im Feld gemacht. Stattdessen wurden 90 *T. apicalis* von den Klebetafeln abgelöst und untersucht.

Verschiedene andere Insekten wurden ebenfalls auf Lso getestet, um zu klären, ob diese als weitere Vektoren für Lso in Möhren in Frage kommen. Dazu zählen *Trioza urticae*, Blattläuse, Wanzen und Zikaden (Tabelle 12). Bevorzugt wurden Lebendfänge von Möhrenflächen untersucht. Standen solche nicht zur Verfügung, wurden Insekten von den Klebetafeln gelöst und untersucht.

Tabelle 12: Lso Analyse von Insekten 2018-2021

	Getestete Insekten					
	2018		2019		2020	2021
	Fläche	Klebetafel	Fläche	Klebetafel		Klebetafel
<i>T. apicalis</i>	17	32	-	37	-	90
<i>T. urticae</i>	-	3	-	49	-	-
Blattläuse	6	-	9	-	-	-
Wanzen	9	-	9	-	-	-
Zikaden	-	6	-	6	-	-

Alle untersuchten Insekten und vor allem die Blattflöhe sind sehr kleine Insekten. Um eine Aussage treffen zu können, ob die Menge DNA in den Insekten ausreicht, um Lso nachzuweisen, wurden *T. apicalis* einzeln aus der Zucht mit PCR nach Munyaneza et al. (2010) untersucht.

Untersuchung der Laubverfärbungen und weiterer Schadsymptome an Möhren, Erfassung von Möhrengroße und -gewicht

Als oberirdisch festzustellende Merkmale für eine Lso Infektion gilt potenziell die Verfärbung des Laubes. Auf den untersuchten Flächen sind neben der Laubverfärbung auch noch eine Vielzahl weiterer Symptome aufgefallen, die ebenfalls erhoben wurden. Folgende Parameter wurden erhoben: Verfärbungen des Laubes, gekräuseltes Laub, veränderte Wurzel (Beinigkeits), vermehrte Seitenwurzeln oder Wurzelbart, Echter Mehltau und Wurzelläuse. Das Gewicht und die Größe der Proben wurden ebenfalls ermittelt, um eine Aussage über den Einfluss einer Lso Infektion auf den Ertrag treffen zu können. 2018 wurden Möhrengewicht und –größe noch nicht ermittelt. 2019 wurde das Gesamtgewicht der Möhre ermittelt. Ab 2020 wurde das Laub abgetrennt und nur die Rübe gewogen. Die Größe der Rübe wurde in allen Jahren ohne Laub erfasst.

3.5 Feldversuche zur Regulierung des Befalls von Möhren mit *T. apicalis* (ÖBG)

Basierend auf den Ergebnissen der Vorversuche in Niedersachsen 2015 – 2017 den Ökoring e.V. und das JKI-GF Braunschweig sowie wissenschaftlicher internationaler Arbeiten wurden im Projektzeitraum 2017 – 2021 verschiedene Verfahren zur Befallsminderung erprobt. Feldversuche zur indirekten und direkten Regulierung des Möhrenblattflohs wurden auf Flächen betroffener Biomöhrenerzeuger in Niedersachsen angelegt und durchgeführt. Die Versuche wurden in den Hauptbefallsregionen Hameln/Weserbergland (Aerzen-Schwöbber) von 2018 – 2021 und Uelzen/Ostniedersachsen (Natendorf, Gerdau) von 2017 – 2021 auf Praxisflächen angelegt.

Die Auswahl der Flächen erfolgte in Absprache mit den Landwirten vor Ort. Alle Arbeitsschritte von der Aussaat bis zur abschließenden Pflegemaßnahme wurden durch die am Projekt teilnehmenden Möhrenerzeuger erledigt. Planung, Anlage und Versuchsdurchführung unterlagen dem Projektnehmer Öko-BeratungsGesellschaft mbH (ÖBG).

Im gesamten Projektzeitraum wurden die Versuchsanlagen in die jeweilige Möhren-Praxisfläche integriert. Das Versuchsdesign richtete sich nach den Möglichkeiten und Gegebenheiten vor Ort. Es konnten entsprechend teilrandomisierte Block- bzw. Streifenanlagen realisiert werden. Die Parzellengröße betrug bei allen durchgeführten Freilandversuche mindestens 3 x 15-20 m. Alle Messungen und Bonituren wurden mit mindestens vierfacher Wiederholung in mindestens 5 m² großen Kernparzellen durchgeführt.

Schadsymptome des Möhrenblattflohs (Möhrenlaub und Rübenkörper):

Kurz nach dem Laubbefall durch den Möhrenblattfloh, insbesondere in der sehr empfindlichen Phase kurz nach dem Auflaufen der Möhren, kräuselt bzw. rollt sich das Laub der Möhren unmittelbar nach dem Anstich (Abbildung 19).

In der sensiblen Frühphase durch den Möhrenblattfloh befallene Möhrenpflanzen unterliegen einer starken Wuchsdepression, bleiben in ihrer Entwicklung deutlich zurück und verholzen. Die Rübenkörper entwickeln im weiteren Verlauf eine weiße Spitze, bilden eine deformierte, holzige Möhre aus und zeigen unter Umständen eine deutlich vermehrte Seitenwurzelbildung (Abbildung 20). Die Schäden am Rübenkörper verursacht durch den Möhrenblattfloh können an weit entwickelten Rübenkörpern unter Umständen mit Symptomen eines Nematodenbefalls oder Trockenstresssymptomen (Abbildung 20) verwechselt werden.

Für das Projekt waren regelmäßige Untersuchungen auf die oben genannten Schadsymptome während der Saison vom Auflaufen der Möhren bis zur Abreife (Ernte) maßgeblich.



Abbildung 19: sehr frühe und intensive Schadsymptome Laubkräuselungen bzw. intensives Blattrollen verursacht durch den Möhrenblattfloh (*Triozapflanz*) am jungen Möhrenlaub im Juni 2013 – qualitativ hoher Schaden zu erwarten (Foto: H. Buck)



Abbildung 20: Nicht vom Möhrenblattfloh verursacht – Ringelung und ein sogenannter Regrow-Effekt nach langanhaltender Trockenphase, neues Möhrenwachstum kann zu starker Seitenwurzelbildung und/oder zu Deformationen, vornehmlich an der Wurzelspitze führen (Fotos: H. Buck, I. Jessen)



Abbildung 21: Geflügelte und ungeflügelte Gierschblattläuse (*Cavariella aegopodii*) an jungen Möhren im Keimblattstadium (BBCH 10) – Saugschäden an jungen Möhren können beträchtlich ausfallen, Schadsymptome können in der Regel aber nicht mit den Laubkräuselungen bzw. starkes Blattrollen verwechselt werden, die der Möhrenblattfloh hervorruft (Foto: H. Buck)



Abbildung 22: Stark gelbe und rötliche Laubfärbung im Möhrenbestand - Symptome zur Ernte womöglich verursacht unter anderem durch den Möhrenblattfloh, Sorte Kamaran F1, September 2014 (Foto: H. Buck)



Abbildung 23: Unterentwickelte, deformierte, holzige und wurzelbärtige Möhren mit weißer Spitze - Schadsymptome bei mehr als 90 % der Möhren zur Ernte, verursacht durch den Möhrenblattfloh, Sorte Nerac F1, Oktober 2015 (Foto: H. Buck)

Die Möhren wurden in allen während des Projektzeitraumes 2017 – 2021 durchgeführten Feldversuchen auf folgende Parameter geprüft:

- Pflanzendichte (Pflanzen/m²)
- Laubbonituren und Pflanzenentwicklung (BBCH) allgemein
- Schadsymptome vor allem am jungen Möhrenlaub (BBCH 11-14) mit bzw. nach Abklingen des Fluges (Laubkräuselungen vs. gesunde Pflanzen)
- Schadsymptome am Möhrenlaub und am Rübenkörper zur Ernte
- Ertrags- und Qualitätsfeststellung (Handernte Kernparzelle) zur Ernte

3.5.1 Direkte Regulierung von *T. apicalis*

Feldversuche zur direkten Regulierung im Untersuchungsgebiet Hameln (2018 - 2019)

Die Versuche zur direkten Regulierung des Möhrenblattflahs wurden in den Projektjahren 2018 – 2019 in der Region Hameln am Standort 31855 Aerzen-Schwöbber durchgeführt. Diese Anbauregion mit Lößlehmböden ist insbesondere geeignet für die Produktion von Frischmarktlager- und Verarbeitungsmöhren. Die Möglichkeit der Feldberegnung war im Versuchsbetrieb gegeben.

Ziel der Feldversuche war die Überprüfung von im Ökolandbau zulässigen und praxisrelevanten Wirkstoffen zur direkten Regulierung des Möhrenblattflahs in Möhren auf den Versuchsflächen des Praxisbetriebes. Die Mittelauswahl richtete sich nach der Anwendbarkeit der Wirkstoffe nach EG-Öko-VO 834/2007 und der pflanzenschutzrechtlichen Zulassung. Für den Wirkstoff Spinosad wurde eine Einsatzerlaubnis beim Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) beantragt. Die Auswahl an Varianten (Wirkstoffen) wurde abgeglichen bzw. baute unter anderem auf die Vorversuche des Ökorings und des JKI-GF Braunschweig in den Jahren 2015 – 2017 auf.

Eine Überprüfung der Wirksamkeit der Behandlungen erfolgte mit bzw. nach dem Abklingen des Möhrenblattfloh-Fluges, spätestens zum Pflanzenstadium BBCH 15 - 17, anhand einer Bonitur Möhrenlaubes (BBCH 11 - 14) auf Schadsymptome. Zum Erntetermin wurden die Möhren auf Laubgesundheit, Rübenertag und -qualität untersucht.

Mit der gezielten Wahl des Sätermins am 9.5.2018 bzw. 8.5.2019 sollte eine möglichst intensive Befallssituation initiiert werden. Das heißt ein zeitgleiches Aufeinandertreffen von kritischem Pflanzenstadium (BBCH 10 – 14) und dem Auftreten des Möhrenblattflohs war für die Mittelprüfung gewünscht.

In beiden Versuchen wurden die in Norddeutschland gängigen Lagermöhrensornten Romance F1 und Nerac F1 (Typ Nantaise), jeweils mit einer Saatstärke von 1,7 Mio Korn/ha verwendet. Die Behandlung der jungen Pflanzen mit Pflanzenschutzmitteln erfolgte mit einer motorbetriebenen Rückenspritze als Reihenbehandlung durch den Projektnehmer (ÖBG). Die Pflanzen wurden im Stadium BBCH 9/10 - 14, je nach Lage und Witterung, viermalig (2018) und dreimalig (2019), behandelt (Tabelle 31).

Alle sonstigen Arbeitsgänge von der Aussaat der Möhren bis zur letzten Pflegemaßnahme der Versuchspartellen vor Reihenschluss wurden durch den teilnehmenden Versuchsbetrieb (Biomöhrenerzeuger) durchgeführt.

Die Ernte der Versuchspartellen sowie die Ertrags- und Qualitätsbonitur erfolgte bei sortentypischer Abreife von Hand.

Aufgrund des starken Rückgangs des Schaderregers in der Anbauregion Weserbergland wurden die Versuche zur direkten Bekämpfung zum Ende des ersten Projektabschnittes eingestellt.

Feldversuche zur indirekten Regulierung - frühe Aussaatvarianten im Untersuchungsgebiet Uelzen (2017 – 2021)

Die Versuche zur indirekten Regulierung des Möhrenblattflohs anhand früh angelegter Aussaattermine wurden in den Projektjahren 2017 – 2021 in der Region Uelzen an den Standorten 29587 Natendorf-Lutmissen (2017), 29581 Gerdau-Barnsen (2018 – 2020) und 29587 Natendorf-Wessenstedt (2021) durchgeführt. Diese Anbauregion mit meist (leicht) lehmigen Sandböden ist insbesondere geeignet für die Produktion von Frischmarktmöhren (ohne Lagerung) sowie Verarbeitungsmöhren. Die Möglichkeit der Feldberegnung war im Versuchsbetrieb gegeben.

Ziel der Versuche war das Etablieren mehrerer Aussaattermine im zeitigen Frühjahr. Die verschiedenen Aussaattermine ab Anfang April sollten darüber Aufschluss geben, ob es möglich ist, durch eine frühe Aussaat die jungen Möhren rechtzeitig in das für sie schad-unempfindliche Entwicklungsstadium BBCH 15 wachsen zu lassen, bevor der Möhrenblattfloh in Erscheinung tritt und Pflanzenschäden hervorruft. Mit den unterschiedlichen Aussaatterminen sollte im fünfjährigen Versuchszeitraum mehr Sicherheit für die Praxis hinsichtlich eines spätesten vertretbaren, unschädlichen Aussaattermins (Vermeidung Koinzidenz) beim Anbau von früh gesäten Möhren erarbeitet werden.

Eine Begutachtung bzw. Bonitur der Varianten (= Aussaattermine) mit Blick auf Schadsymptome an den jüngsten Laubblättern (BBCH 10 – 14) erfolgte nach Abklingen des Möhrenblattfloh-Fluges, spätestens mit dem Erreichen des Pflanzenstadiums BBCH 16 - 17. Zum Erntetermin wurden die Möhren auf Laubgesundheit, Rübenenertrag und -qualität untersucht.

In allen Versuchen wurden die in Norddeutschland häufig verwendeten Saftmöhrensornten Kamaran F1 und Bolero F1 mit einer Saatstärke von 0,95 – 1,0 Mio Korn/ha eingesetzt.

Alle Arbeitsschritte von der Aussaat der Möhren bis zur letzten Pflegemaßnahme der Versuchspartellen vor Reihenschluss wurden durch den teilnehmenden Versuchsbetrieb durchgeführt.

Die Ernte der Versuchspartellen sowie die Ertrags- und Qualitätsbonitur erfolgte in der Regel bei sortentypischer Abreife von Hand. Die Beerntung verschiedener Versuchsvarianten wurde in den Projektjahren 2020 und 2021 vorgezogen, da ersichtlich war, dass Schäden durch den Möhrenblattfloh an Laub und Rübenkörper über die gesamte Wachstumszeit vom Auflaufen bis zur Ernte nicht oder in einem nur sehr geringen Ausmaß festzustellen waren. Die dadurch geringeren Ernteerträge konnten akzeptiert werden, da durch eine verfrühte Möhrenernte eine der zentralen Versuchsfragen ‚*Einfluss Möhrenblattflohschäden auf die Qualität*‘ nicht beeinträchtigt wurden.

3.5.3 Indirekte Regulierung von *T. apicalis*

Feldversuche zur indirekten Regulierung - späte Aussaatvarianten im Untersuchungs-gebiet Hameln (2018 – 2021)

Die Versuche zur indirekten Regulierung des Möhrenblattflahs anhand später Aussaattermine wurden in den Projektjahren 2018 – 2021 in der Region Hameln am Standort 31855 Aerzen-Schwöbber durchgeführt (vgl. Versuche zur direkten Regulierung von *T. apicalis*). Diese Anbauregion mit Lößlehmauflage ist insbesondere geeignet für die Produktion von Frischmarktlager- und Verarbeitungsmöhren. Die Möglichkeit der Feldberegnung war im Versuchsbetrieb gegeben.

Ziel der vierjährigen Versuchsreihe war das Etablieren mehrerer Aussaattermine im Monat Juni. Die verschiedenen Aussaattermine sollten darüber Aufschluss geben, ob es möglich ist, durch eine (sehr) späte aber für die Praxis noch vertretbare Aussaat die jungen Möhren vor Schäden durch den Möhrenblattfloh zu schützen.

Mit den unterschiedlichen Aussaatterminen sollte im Versuchszeitraum 2018 - 2021 mehr Sicherheit für die Praxis hinsichtlich eines ‚frühestmöglichen unschädlichen Aussaattermins‘ (Vermeidung Koinzidenz) beim Anbau von spät gesäten Frischmarktmöhren für die Lagerung erarbeitet werden.

Untersuchungen aus Norwegen belegen, dass sich der Möhrenblattfloh hinsichtlich seines Erscheinens insbesondere bei veränderten Anbaustrategien (zeitliche Verlegung der Aussaat) anpassungsfähig zeigt. Dieser aus Sicht der Anbaupraxis wichtige Aspekt begleitete die oben genannten Projektfragen und -ziele.

Eine Begutachtung bzw. Bonitur der Varianten (= Aussaattermine) mit Blick auf Schadsymptome am jungen Möhrenlaub (BBCH 10 – 14) erfolgte nach Abklingen des Möhrenblattfloh-Fluges, spätestens jedoch mit Erreichen des Pflanzenstadiums BBCH 15 - 16. Zum Erntetermin wurden die Möhren auf Laubgesundheit, Rübenenertrag und -qualität untersucht.

In allen vier Versuchsjahren wurden die in Norddeutschland gängigen Lagermöhrensorten Romance F1 und Nerac F1 (Typ Nantaise) mit einer Saatstärke von 1,6 – 1,8 Mio Korn/ha verwendet.

Alle Arbeitsschritte von der Aussaat der Möhren bis zur letzten Pflegemaßnahme der Versuchspartellen vor Reihenschluss wurden durch den teilnehmenden Versuchsbetrieb durchgeführt.

Die Ernte der Versuchspartellen sowie die Ertrags- und Qualitätsbonitur erfolgte in der Regel bei sortentypischer Abreife von Hand.

In den Projektjahren 2020 - 2021 wurde die Beerntung der zwei letzten Versuchsvarianten jeweils vorgezogen, da frühzeitig ersichtlich war, dass Schäden durch den Möhrenblattfloh an Laub und Rübenkörper über die gesamte Wachstumszeit vom Auflaufen bis zur Ernte nicht festzustellen waren. Die dadurch geringeren Ernteerträge konnten akzeptiert werden, da dadurch die zentralen Versuchsfragen (siehe oben) nicht wesentlich berührt wurden.

4. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Untersuchungen zum zeitlichen Auftreten von *T. apicalis* (JKI)

4.1.1 Flug- und Befallsüberwachung

Punktuelles Monitoring zur Feststellung der Flugaktivität und Populationsdynamiken

Das punktuelle Monitoring wurde mit zwei Klebefallen pro Flächen durchgeführt. In beiden Gebieten hat die Anzahl *T. apicalis* von 2017 bis 2020 kontinuierlich abgenommen. Abgesehen von dem Ausreißer in Ostniedersachsen. 2021 stiegen die Zahlen wieder etwas an. In diesem Jahr waren die Temperaturen wieder moderater und es fiel auch etwas mehr Niederschlag (

Tabelle 13).

Tabelle 13: Durchschnittliche Anzahl *T. apicalis* pro Fläche in den Jahren 2017 bis 2021 im Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen und Untersuchungsgebiet Weserbergland.

	Jahr	Anzahl Flächen im Monitoring	Anzahl <i>T. apicalis</i> von Klebetafeln auf allen Flächen	Durchschnittliche Anzahl <i>T. apicalis</i> pro Fläche
ON	2017	8	291	36,4
	2018	7	237	33,9
	2019	5	77	15,4
	2020	3	192	64 * (12,5 ohne Ausreißer)
	2021	4	91	22,8 ** (14,5 ohne Ausreißer)
WBL	Jahr	Anzahl Flächen im Monitoring	Anzahl <i>T. apicalis</i> von Klebetafeln auf allen Flächen	Durchschnittliche Anzahl <i>T. apicalis</i> pro Fläche
	2017	9	80	8,9
	2018	7	38	5,4
	2019	5	23	4,6
	2020	2	5	2,5
	2021	2	17	8,5

*Auf einer Fläche wurden 167 *T. apicalis* gefangen, was als Ausreißer zu betrachten ist. Auf den anderen beiden Flächen wurden nur 15 bzw. 10 *T. apicalis* gefangen.

** Auf einer Fläche gab es 52 *T. apicalis* = Ausreißer; auf den anderen beiden Flächen waren es nur 10 und 19 *T. apicalis*.

Der Beginn der Flugaktivität hat sich innerhalb der fünf Jahre nicht wesentlich geändert. Die ersten Fallenfänge wurden in den Kalenderwochen 19/20 bis 21/22 festgestellt. Der Höhepunkt der Aktivität lag immer in den Wochen 22 bis 25. Nur die letzten Fallenfänge variierten etwas. 2017 und 2018 wurden in den Wochen 30/31 die letzten *T. apicalis* gefangen. In den darauffolgenden Jahren bis 2021 lag dieser Zeitpunkt etwas früher in den Wochen 28 bis 30.

Die meisten Betriebe halten aufgrund der Möhrenfliegenproblematik in der Regel Abstände von mindestens 1000 m Metern zwischen ihren Möhrenflächen des Vorjahres und des Folgejahres ein. Exemplarisch sind in Abbildung 24 die Flächen des Betriebes B1 von 2017 bis 2021 dargestellt, die abgesehen von 2019 sehr dicht beieinander lagen. Obwohl die Flächen z.T. direkt nebeneinander lagen, konnte kein wesentlicher Anstieg der *T. apicalis* Zahlen beobachtet werden. 2019 war die Möhrenfläche 400-700 m Luftlinie entfernt. Dort wurden 26 *T. apicalis* gefangen. Ab dem Jahr 2020 lagen die Flächen wieder in dem Gebiet in der Nähe der Flächen von 2017 und 2018.



Abbildung 24: Lage der Möhrenflächen des Betriebes B1 im Untersuchungsgebiet ON 2017-2021.

2021 wurden zwei Flächen ins Monitoring genommen um den Einfluss von Wald/Koniferen auf die Besiedelung der Möhrenfläche mit *T. apicalis* zu dokumentieren. Eine Fläche lag direkt am Wald/Koniferenbestand und die zweite war von einer Straße vom Wald getrennt, der überwiegend aus Laubbäumen und einigen Koniferen bestand. Interessanterweise wurden auf der Fläche, die direkt an Koniferenbestände reichte, weniger *T. apicalis* gefangen als auf der anderen Fläche.

Fallenraster zur Feststellung der Einflugrichtung und Attraktivität der Möhrenflächen

Mit dem Fallenraster aus 20 Klebetafeln pro Fläche sollte geklärt werden, aus welcher Richtung *T. apicalis* in die Flächen einfliegen. Zusätzlich wurde die Flächen charakterisiert und Faktoren untersucht, die einen Einfluss auf die Besiedelung einer Fläche mit *T. apicalis* haben könnten. Die Gesamtanzahl *T. apicalis* auf den Fallenrastertafeln (FR), ist wie erwartet höher als auf den beiden punktuellen Klebetafeln (GF), da es insgesamt mehr Tafeln waren (

Tabelle 14). Jedoch war der Zuwachs an *T. apicalis* deutlich geringer als erwartet. Im Gegenteil waren die Zahlen auf den zwei punktuellen Tafeln auf zwei Flächen (Betrieb V 2020 und Betrieb B1 2021) sogar höher. Auch wenn man die fünf Klebetafeln, welche an der Westseite der Flächen (FR W) standen, mit denjenigen aus dem punktuellen Monitoring vergleicht, ergibt sich kein einheitliches Bild. Auch hier wurde erwartet in etwa zwei bis dreimal so viele *T. apicalis* auf fünf Klebetafeln im Vergleich zu zwei Klebetafeln zu sehen, was nur einmal (Betrieb V 2021) der Fall war.

Tabelle 14: Anzahl *T. apicalis* im Vergleich auf punktuellen (GF) und Fallenraster Klebetafeln (FR) auf drei Flächen in Ostniedersachsen 2019 bis 2021.

	2019			2020			2021			Gesamt
	Betrieb V	Betrieb B1	Betrieb G1	Betrieb V	Betrieb B1	Betrieb G1	Betrieb V	Betrieb B1	Betrieb G1	
GF	36	26	2	167	15	10	10	52	10	328
FR	108	32	2	153	19	11	44	17	19	405
FR W	37	7	0	87	7	0	24	4	4	133

Insgesamt wurden innerhalb des fünfjährigen Projektzeitraumes 732 *T. apicalis* auf den Klebetafeln der drei Flächen gefangen; 455 Männchen und 277 Weibchen (Abbildung 25). Interessanterweise entspricht dies nicht dem 1:1 Verhältnis, welches in der Literatur beschrieben wird (Rygg 1976, Laska 2013). Allerdings ist die Anzahl Weibchen sehr ähnlich in beiden Monitors (130 punktuell vs. 147 Fallenraster), wohingegen die Anzahl der Männchen stärker variiert (197 vs. 258).

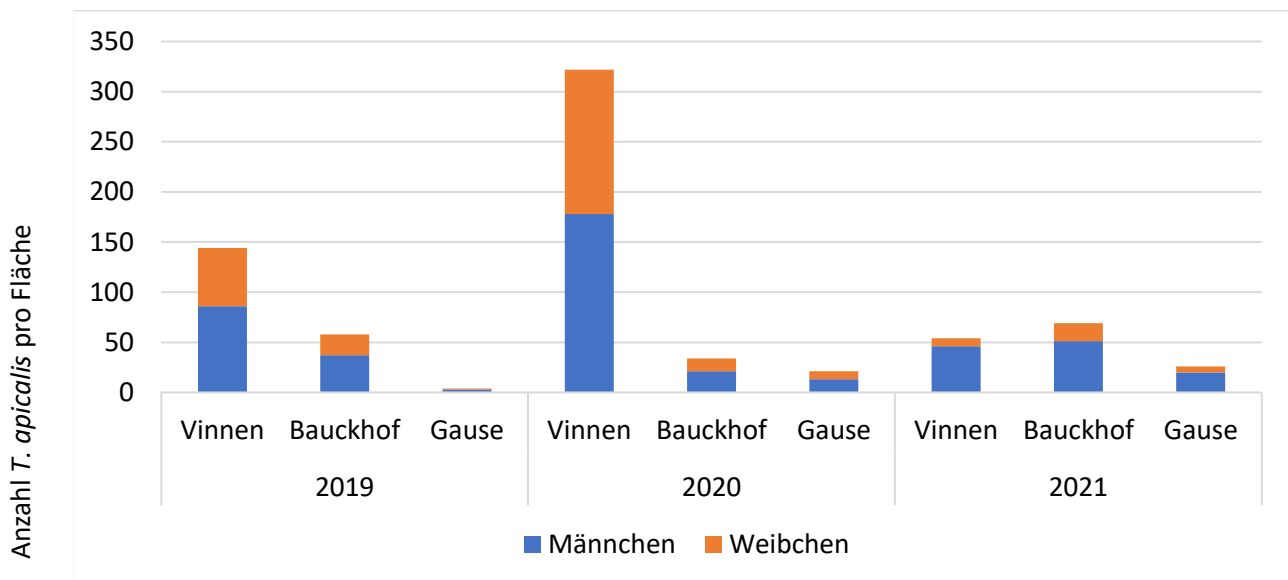


Abbildung 25: Anzahl gefangener männlicher und weiblicher *T. apicalis* mit 22 Klebetafeln pro Fläche 2019 bis 2021 im Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen

Es gab keine wesentlichen Unterschiede aus welcher Richtung die männlichen und weiblichen *T. apicalis* auf die Flächen einflogen. Exemplarisch sind in Abbildung 26 die Zahlen für die beiden Flächen des Betriebes V von 2019 bis 2021 dargestellt.

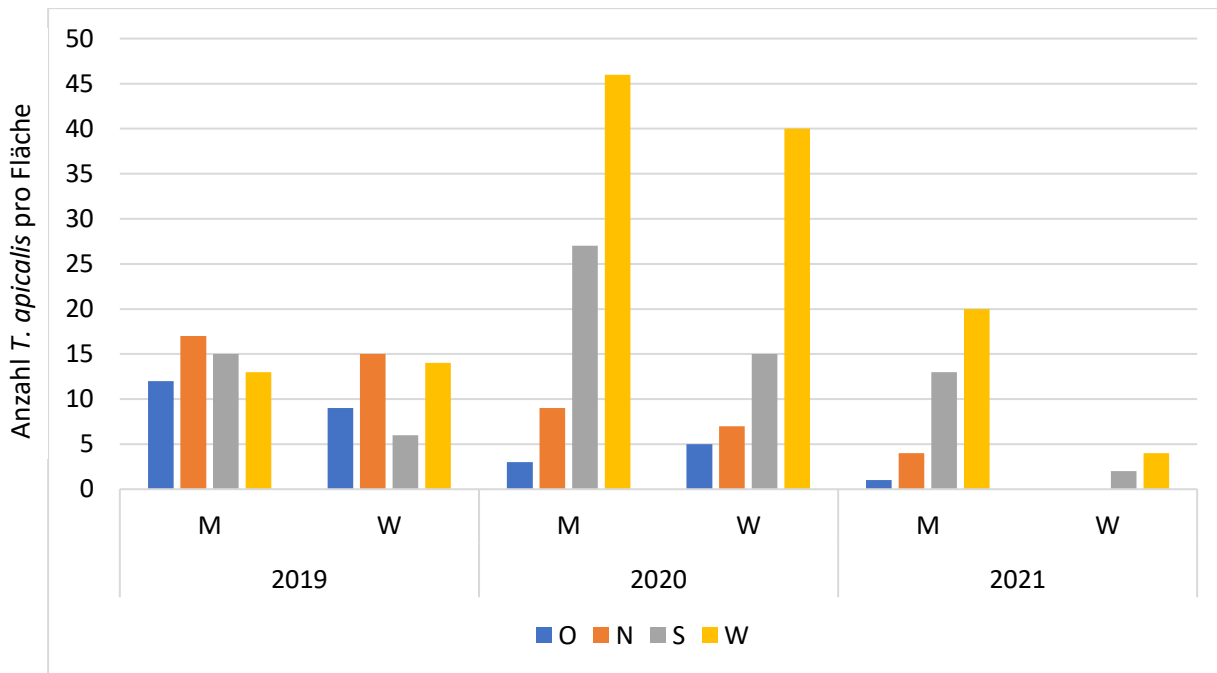


Abbildung 26: Anzahl männliche und weibliche *T. apicalis* auf den Flächen Betrieb V 2019 und 2021 auf 20 Klebefallen des Fallenrasters in Abhängigkeit der Windrichtung.

Die meisten *T. apicalis* wurden 2019 auf den Klebetafeln an der Westseite und der Nordseite der Möhrenflächen gefangen. 2020 und 2021 wurden die meisten Insekten an der Westseite gefangen. Für eine näherungsweise Beurteilung der Attraktivität der Möhrenflächen für *T. apicalis* wurden verschiedene Parameter definiert. Fünf Versuchsflächen im Untersuchungsgebiet ON wurden auf diese Parameter untersucht und die Anzahl gefangener *T. apicalis* im punktuellen Monitoring in Verbindung gesetzt.

Die Fläche „Rohstorfer Straße“ wies 2017 mit 161 die meisten *T. apicalis* auf den punktuellen Monitoringtafeln auf. Zu dieser Fläche gab es keine Möhren auf Nachbarflächen im Vorjahr und im aktuellen Jahr. Die Fläche war auf zwei Seiten windoffen. Wald war an der nördlichen Flächenseite vorhanden. Niedriges Gebüsch befand sich an zwei Seiten. Einzelne Laubbäume standen an vier Flächenseiten und eine Laubbaumgruppe auf einer Seite. Interessanterweise war in unmittelbarer Nähe zur Möhrenfläche kein Nadelbaum gestanden. Im Wäldchen, das in einigen hundert Metern Entfernung stand, überwogen ebenfalls Laubbäume. Die Fläche mit den wenigsten *T. apicalis* (11 Stück auf der Fläche Loge), hatte im Vorjahr und im aktuellen Jahr keine Möhrennachbarflächen. Sie wies zur Hälfte eine windoffene Seite auf, es gab weder Wald noch Koniferen in der Umgebung. Niedriges Gebüsch und Laubbäume waren jedoch zahlreich vorhanden. Die Flächen an denen Koniferen zu finden waren, wiesen jedoch deutlich weniger *T. apicalis* im Monitoring auf als die Fläche Rohstorfer Straße. Auf der Fläche Tannenkamp wurden 58 *T. apicalis* gefangen. Dort standen auf einer Seite einzelne Koniferen und es gab ein Wäldchen mit überwiegend Laubbaumbestand. Die Fläche Reitkoppel wies Wald, sowie eine Koniferengruppe auf, aber es wurden nur 26 *T. apicalis* gefangen.

Partielles Fallenraster

Insgesamt wurden 29 *T. apicalis* gefangen, davon 2 Weibchen (

Tabelle 15).

Tabelle 15: Anzahl *T. apicalis* auf Klebefallen im partiellen Fallenraster.

Variante	Falle	Woche 1 = KW 23		Woche 2 = KW 24		Woche 3 = KW 25	
		♂	♀	♂	♀	♂	♀
1	1	1	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0
	3	0	1	0	0	1	0
2	4	7	0	4	0	3	0
	5	2	0	2	0	2	0
	6	4	0	1	0	0	0

Auffallend ist, dass nur sehr wenige Weibchen auf den Klebefallen gefangen wurden. Von den 27 Männchen wurde die überwiegende Anzahl (25 Individuen) auf den Klebefallen der Variante 2 gefangen. Die Fallen der Variante 2 hingen zunächst bodennah und sind mit dem Aufwuchs der Pflanzen etwas weiter nach oben gerückt. Offensichtlich ist es entscheidend in welcher Höhe und damit Entfernung zur Möhre die Fallen aufgehängt werden. Je weiter die Falle von der Pflanze entfernt ist, desto weniger *T. apicalis* wurden darauf gefangen. Im Durchschnitt wurden auf den Fallen 4 bis 6 (Variante 2) in der ersten/zweiten/dritten Woche 4,3/2,3/1,7 *T. apicalis* pro Falle gefangen. Davon abgesehen hat auch der Standort der Fallen eine Auswirkung. Die Klebefallen des punktuellen Monitorings, waren immer in Höhe der aufwachsenden Pflanze angebracht. Auf Falle B, die 20 m im Bestand stand, waren in KW 23/24/25 zwei Männchen/zwei Männchen/zwei Männchen und ein Weibchen. Abgesehen davon, dass auch hier die Männchen auf den Klebetafeln überwiegen, sind auch im Durchschnitt weniger Individuen gefangen worden (2/2/1,5 pro Falle und Woche).

Für ein effektives Monitoring, vor allem bei geringer Populationsdichte von *T. apicalis* ist es daher sinnvoll, die Klebefallen möglichst weit innerhalb der Fläche aufzustellen und die einzelnen Fallen möglichst in gleicher Höhe des Pflanzenaufwuchses zu befestigen.

Larvenbonitur von *T. apicalis*

Die Larvenbonitur erfolgte von 2017 bis 2021 an unterschiedlich vielen Möhrenflächen. 2017 wurden zufällig ausgewählten Pflanzen untersucht und ab 2018 das Boniturschema standardisiert und an das Schema der Schadsymptome Bonitur angepasst.

Die Ergebnisse der Larvenbonitur von 2017 sind in Tabelle 16 zusammengefasst.

Tabelle 16: Ergebnisse der Larvenbonitur 2017.

Untersuchungsgebiet	Fläche	Anzahl Larven insgesamt
ON	Betrieb V - Tannenkamp	76
	Betrieb B1 - Rohstorfer Straße	32
	Betrieb S - Loge	15
	Betrieb B2 - Reitkoppel	12
WBL	Betrieb G2 - Weiberkriegsfeld	61
	Betrieb K	38
	Betrieb M - Lachem	0
	Betrieb G3 – Drake	5
	Betrieb G4 – Hinter den Höfen	2

Im Untersuchungsgebiet ON war die Spannweite mit 12 bis 76 gefundenen Larven pro Fläche recht groß. Im WBL schwankte die Anzahl noch stärker zwischen 0 und 61 Larven.

2018 wurden auf keiner der 11 bonitierten Fläche *T. apicalis* Larven gefunden. Daraufhin wurden für die Larvenbonitur der folgenden Saison Bedingungen festgelegt. Diese waren 2019 nicht erfüllt, weshalb keine Bonitur erfolgte.

2020 wurden im Durchschnitt 2,0 Larven pro Pflanze gefunden.

2021 wurden insgesamt 46 Larven in den Larvenstadien L2 bis L5 gefunden, was im Durchschnitt 2,4 Larven pro Pflanze waren.

4.1.2 Schadsymptome an Möhren

Bonitiert wurden die deformierten Blätter der Möhre (Kräusel) als Schadsymptom nach Befall mit *T. apicalis*. Tabelle 17 zeigt den Anteil Pflanzen mit Schadsymptomen in den Jahren 2017 bis 2021 in den beiden Untersuchungsgebieten.

Tabelle 17: Anteil von Schadsymptomen an Möhren im Freiland in den Jahren 2017 bis 2021 in den beiden Untersuchungsgebieten.

	Jahr	Anzahl bonitierte Flächen	Anteil Pflanzen mit Schadsymptomen [%]	Anzahl Flächen auf denen keine Pflanzen mit Schadsymptomen gefunden wurden
ON	2017	4	4,3 bis 23,7	
	2018	6	0,3 bis 6,8	
	2019	3	0 bis 2,7	1
	2020	3	0 bis 4,8	1
	2021	3	0 bis 5,7	1
WBL				
	2017	5	1,3 bis 8,5	
	2018	4	1,3 bis 4,2	
	2019	5	0 bis 0,3	2
	2020	0		
	2021	0		

In den Jahren 2019, 2020 und 2021 gab es in Ostniedersachsen jeweils eine Fläche, die keine Schadsymptome aufwies. Dies Flächen gehören alle zum Betrieb G1. In 2019 gab es zwei Flächen im Weserbergland, die keine Schadsymptome aufwiesen.

Zumindest die Gierschblattlaus ist in hohen Stückzahlen auf den Klebefallen zu finden gewesen. Zudem berichteten die Landwirte ebenfalls von einem Befall der Möhren mit dieser Blattlaus. Allein an der starken Kräuselung eines Blattes, lässt sich eindeutig unterscheiden ob *T. apicalis* dafür verantwortlich ist.

Schadsymptome an Möhren durch stechend-saugende Insekten (Laborversuch)

T. apicalis saßen im Laborversuch überwiegend an den Blättern, sodass davon auszugehen ist, dass sie auch gesaugt haben. *L. rugulipennes* war im Laborversuch sehr aktiv und saß oft nicht an den Pflanzen, sondern oben an der Gaze der Zylinder. An keiner Pflanze wurden Kräusel, Verfärbungen oder andere Schadsymptome gefunden. Die Pflanzen waren zum Teil so viel gewachsen, dass sie oben an die Zylinder anstießen. Neben *L. rugulipennes* gibt es eine Vielzahl weiterer Wanzenarten, die im Freiland an Karotten vorkommen und Schaden verursachen können. Überraschend ist, dass auch von *T. apicalis* keinerlei Schadsymptome unter den Laborbedingungen im Versuch hervorgerufen wurden.

4.2 Ergebnisse zur Biologie von *T. apicalis* (JKI)

4.2.1 Aufbau einer dauerhaften Zucht am JKI-GF

Im September 2017 wurden von einer Fläche in ON Lebendfänge *T. apicalis* gesammelt. Mit dieser Startpopulation konnte am JKI-G erfolgreich eine Zucht aufgebaut werden.

Nach anfänglichen Schwierigkeiten wie dem Befall mit Echtem Mehltau (*Erysiphe heraclei*), konnte die Zucht Anfang 2018 nach ca. 4 Monaten etabliert werden. Die Zucht wurde in einer Klimakammer bei über das ganze Jahr gleichbleibenden Bedingungen geführt. Etwa alle 3-4 Monate wird eine neue Generation *T. apicalis* hervorgebracht.

Im März 2019 ist die Zucht zusammengebrochen. Somit standen 2019 keine Insekten für Versuche zur Verfügung. Erst Ende August 2019 wurden *T. apicalis* auf den Freilandflächen gefunden und zum Aufbau einer neuen Zucht eingefangen. Bis die Zucht stabil etabliert ist, vergehen erfahrungsgemäß mindestens vier bis fünf Monate. Da die Zucht mit Freilandfängen gestartet wurde, war sie von Anfang an mit Blattläusen und Echtem Mehltau kontaminiert. Nach mehrmaliger aufwändiger mehrtägiger Desinfektion der Klimakammer ist die Zucht im Frühjahr 2020 zum wiederholten Mal eingebrochen. Mit einigen wenigen *T. apicalis* Weibchen, die im Sommer 2020 im Freiland gefangen wurden, konnte ein erneuter Versuch gestartet werden. Es existieren so gut wie keine detaillierten Informationen zur Zuchtführung von *T. apicalis*. Alle Parameter, von der Temperatur über die Luftfeuchte, Art und Anzahl der Futterpflanzen etc. müssen kontinuierlich überprüft und unter den gegebenen Vorortbedingungen etabliert werden. Ab Ende 2020 stand eine stabile und ab 2021 eine gut etablierte Zucht mit ausreichend Insekten für Versuche zu Verfügung.

4.2.2 Beobachtung und Beschreibung der Entwicklung vom Ei bis zum Imago und Erfassung entwicklungsrelevanter Parameter

Die Entwicklungsdauer in der Zucht am JKI-GF stimmt überwiegend mit den Angaben von Rygg (1977) überein. Einzig die Dauer im Eistadium ist in der JKI-GF Zucht länger.

Die Anzahl der abgelegten Eier pro Weibchen erreichte einen Peak und fiel danach wieder ab. Die Eier wurden innerhalb von 10-20 Tagen abgelegt, danach erfolgte keine Eiablage mehr. Die Eier wurden vermehrt tagsüber und vereinzelt auch abends/nachts abgelegt. Im Durchschnitt wurden pro Weibchen 145 Eier abgelegt, die Spannweite war jedoch mit 13-246 Eiern sehr groß. In unserem Versuch wurden *T. apicalis* Weibchen aus der JKI-GF Zucht verwendet, deren exaktes Alter nicht bestimmt wurde. Es kann daher sein, dass auch Weibchen verwendet wurden, die schon etwas älter waren und daher weniger Eier abgelegt haben. Allerdings ist auch die hohe Anzahl von 246 Eiern noch deutlich geringer als die Angaben der anderen Autoren, die um das 1,7 bis 3,8 fache höher liegen.

Es machte keinen Unterschied, ob nur ein einzelnes Weibchen oder ein Paar von einem Weibchen und einem Männchen an der Pflanze saugt. In beiden Fällen werden nach 5-8 Tagen die Schadsymptome in Form von Kräuseln an den jungen Möhren sichtbar. Die Pflanze hatten zu diesem Zeitpunkt bereits das erste bzw. zweite Laubblatt ausgebildet, welches gekräuselt war. Die Keimblätter kräuseln sich nicht. Die Pflanzen wurden nach 14 Tagen bonitiert. Auffällig war, dass an den Pflanzen, die sich zu Beginn des Experimentes im Keimblattstadium befanden, deutlich mehr Eier abgelegt wurden. Rygg (1977) stellte fest, dass Möhrenpflanzen mit zwei bis vier Blättern (BBCH 12 – 14) gegenüber Pflanzen mit Keimblättern (BBCH 10) für die Eiablage bevorzugt werden. In diesem Versuch, der aufgrund zu geringem Stichprobenumfang nicht aussagekräftig ist, waren die Pflanzen im Keimblattstadium anfälliger für einen Befall. An diesen Pflanzen wurden deutlich mehr Eier abgelegt. Im Feldanbau war das Zusammentreffen von Möhren in diesem frühen Entwicklungsstadium der Möhren (KW 18/19/22 bei Aussaat im März/April/Mai) und die Ankunft von *T. apicalis* (KW 23/22/21) auf den bonitierten Möhrenversuchsflächen kaum gegeben. Das Befallsfenster wäre in Abhängigkeit des Aussaattermins nur sehr klein. Im Untersuchungsgebiet ON war ein Zusammentreffen 2021 z.B. nur auf der Fläche mit der Aussaat im April gegeben. Dort wurden in KW 21 der erste *T. apicalis* gefangen und die Pflanzen waren zu diesem Zeitpunkt in BBCH 12.

4.2.3 Sessilität von *T. apicalis* an Möhren

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass *T. apicalis* zwischen Pflanzen wandert. Insgesamt fand in 3 Käfigen eine Wanderung von *T. apicalis* zu einer anderen Pflanze statt und in jeweils einem Käfig eine Wanderung nur zu einer anderen Pflanze bzw. keine Wanderung. Am Versuchsende hatten die Pflanzen im Mittel bereits 7,9 Blätter. Das durchschnittliche Gewicht der Rübenwurzel von Pflanzen mit Schadsymptomen betrug 16,1 g (unbeschädigte Pflanzen hatten ein durchschnittliches Rübengewicht von 27,4 g). Allerdings war die Spannweite mit 1,8 g bis 49,2 g sehr weit, woraus sich schließen lässt, dass *T. apicalis* einen sehr unterschiedlichen Effekt auf die einzelnen Pflanzen hatte.

4.2.4 Abwanderungsverhalten von *T. apicalis* im Spätsommer

Die visuelle Kontrolle mit der Handlupe blieb ohne Befund. Abgeschnittene Äste wurden unter dem Binokular untersucht. Es wurden jedoch auch hier keine *T. apicalis* gefunden.

4.2.5 Überwinterung von *T. apicalis* (Freilandversuch)

Von Oktober 2020 bis April 2021 gab es in Braunschweig insgesamt 40 Frosttage mit Temperaturen unter 0 °C (Tabelle 18). Die tiefste Temperatur lag im Februar 2021 bei -17,6 °C. Die Ausgangspopulation *T. apicalis* hat diesen strengen Winter gut überstanden und konnte sich im Frühsommer 2021 erfolgreich fortpflanzen. Insgesamt wurden 302 neue Adulte plus 33 Larven gezählt. Die Ausgangspopulation von 106 Individuen hat sich also in etwa verdreifacht, wobei die Weibchen leicht in der Überzahl waren (167 Weibchen; 135 Männchen). Auch in den kalten Monaten und bei Frost wurden *T. apicalis* an den Möhren gefunden. Es ist davon auszugehen, dass *T. apicalis* außer an Koniferen auch an anderen Pflanzen überwintern kann. Ausschlaggebend dafür könnte die Möglichkeit sein, einen geeigneten Unterschlupf zu finden, der Schutz bietet und wo die Temperaturen etwas erhöht sind. Das muss nicht zwangsläufig eine Konifere sein. In Frage kämen auch andere immergrüne Gehölze oder z.B. Zwischenräume von Rinden anderer Bäume.

Tabelle 18: Frosttage und Minimumtemperatur in Braunschweig im Winter 2020/2021.

Monat	Anzahl Frosttage (Temperaturen unter 0 °C)	Tiefste Temperatur [°C]
Oktober 2020	1	-0,5
November 2020	1	-0,7
Dezember 2020	2	-1,0
Januar 2021	10	-4,4
Februar 2021	12	-17,6
März 2021	7	-3,7
April 2021	7	-2,7

Es konnte festgestellt werden, dass sich *T. apicalis* so lange wie möglich an der Karotte aufhält und insgesamt nur sehr wenige Insekten auf der Konifere waren.

4.2.6 Auswirkung von Trockenstress der Futterpflanze auf die Vermehrung von *T. apicalis* im Laborversuch

Die Gesamtzahl *T. apicalis* an den trocken gestressten Pflanzen betrug 307 (158 Weibchen und 149 Männchen). An den normal gewässerten Pflanzen wurden insgesamt 751 neue Adulte gezählt, davon 360 (48 %) Weibchen und 391 (52 %) Männchen. Der Trockenstress auf die Futterpflanze wirkt sich entgegen der Annahme nicht positiv auf die Vermehrungsrate von *T. apicalis* aus. An den trocken gestressten Pflanzen wurden 48,5 % Weibchen und 51,5 % Männchen gezählt.

Die Pflanzen wurden mit den Insekten nach Versuchsende in die Gefriertruhe gestellt zur erleichterten Auszählung der Insekten. Aufgrund der hohen Anzahl von Versuchspflanzen und Insekten, verblieben

einige Pflanzen über Nacht bei $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ in der Gefriertruhe. Bei der weiteren Auszählung am nächsten Tag, lebten viele *T. apicalis* noch. Daraus ergibt sich, dass *T. apicalis* Temperaturen von $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ überleben kann. Darüber hinaus waren die Weibchen etwas robuster, was sich in der höheren Überlebensrate zeigt.

4.3 Ergebnisse zum Verhalten von *T. apicalis* (LUH)

4.3.1 Migrationsverhalten von *T. apicalis*

Herbstmigration von *T. apicalis* in Richtung Winterwirt (Versuche 2017)

2017 wurde an dem Standort „Betrieb B1“ ein stark befallenes Möhrenfeld genutzt, auf dem es auch Möhren mit deutlichen visuellen Schadsymptomen (insb. rötliche Blattverfärbungen) gab. Mit Leimtafeln konnte die Flugaktivität von *T. apicalis* gut nachgewiesen werden. Im August gab es noch keine Nachweise, ab September nahm die Flugaktivität des Möhrenblattfloh mit einem Peak in der Woche vom 13.09. - 20.09 zu. Dann nahm die Flugaktivität wieder ab und in der Woche von 11.10. - 18.10. gab es auf Leimtafeln keine Nachweise mehr (Abbildung 27). Am 18.10. begann auch die Möhrenernte. Gleichzeitig konnte mit den Klopfproben im Möhrenfeld eine hohe Populationsdichte bis zur Woche vom 06.09. - 13.09. nachgewiesen werden. Diese nahm dann mit ansteigender Flugaktivität ab und von der Woche 04.10. - 11.10. an, konnten keine *T. apicalis* mehr geklopft werden (Tabelle 19). Auf den Fallen wurden sowohl Männchen (7) als auch Weibchen (10) gefangen, wobei erst nur Männchen (Anfang September), und Ende September/Anfang Oktober nur noch Weibchen gefangen wurden. Die Verteilung auf den Leimtafelseiten (zum Feld/vom Feld abgewandt) war nicht ausgewogen, auf den Seiten zum Feld wurden insg. 11 Individuen, auf den vom Feld abgewandten Seiten 6 Individuen gefunden (Abbildung 28). Die Verteilung der Fänge an Leimtafeln (Abbildung 28) war nicht gleichmäßig: an feldnahen Tafeln wurden mehr Blattflöhe nachgewiesen, an einem Standort nördlich zum Möhrenfeld (ca. 300 m Abstand) wurden keine Möhrenblattflöhe gefangen. Die weiteste Distanz zum Möhrenschlag waren ebenfalls etwa 300 m (Fallen 5a, b).

Als weitere Blattfloharten wurden *Cacopsylla mali* (Schmidberger 1836), *Trioza urticae* (L. 1758), *T. remota* Förster, 1848 und *Cacopsylla ulmi* Förster 1848 (alle det. Q. Schorpp) nachgewiesen.

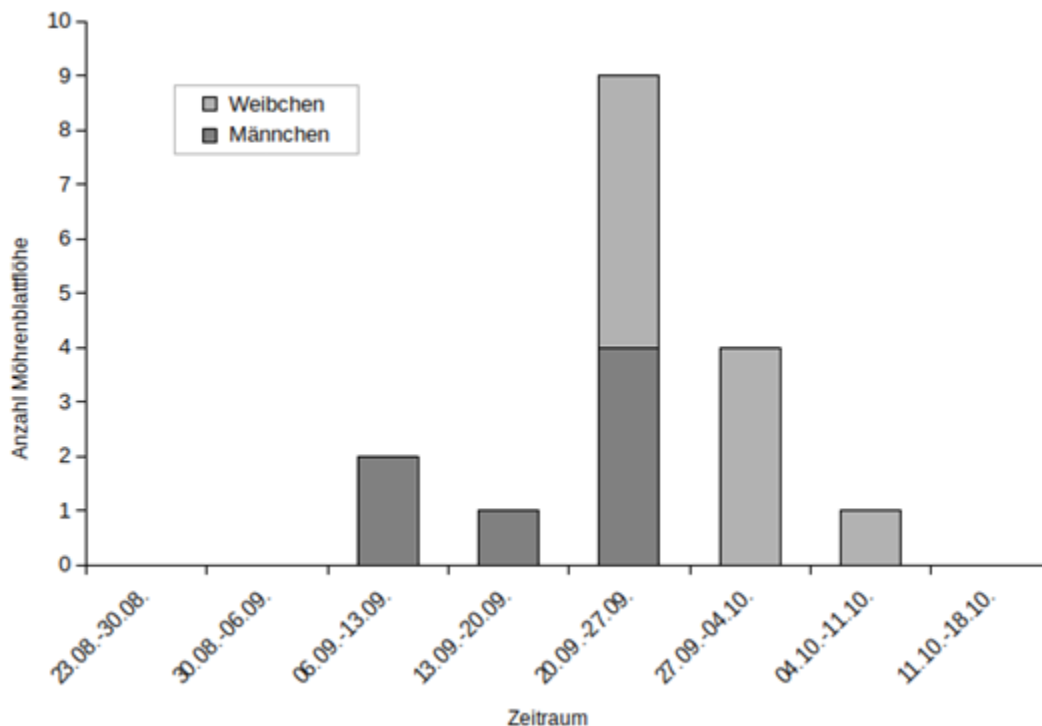


Abbildung 27: Nach Geschlecht getrennte Möhrenblattfloh-Fänge auf orangefarbenen Leimtafeln am Standort „Betrieb B1“ 2017.

Tabelle 19: Anzahl von Möhrenblattflöhen im Möhrenfeld geschätzt nach Klopfproben (++ = sehr viele; + = viele; - = vereinzelt; -- = keine Nachweise) sowie die Summen der Möhrenblattflöhe (nach Geschlecht getrennt) auf Leimtafeln und entsprechende Fallnummer, Untersuchungen im Zeitraum 2017.

Zeitraum	Anzahl Möhrenblattflöhe im Feld	Anzahl Möhrenblattflöhe an Leimtafeln (gesamt)	Fallnummer an denen Möhrenblattflöhe gefunden wurden
23.08.-30.08.	++	0	n. a.
30.08.-06.09.	++	0	n. a.
06.09.-13.09	++	2 ♂	4b, 5b
13.09.-20.09.	n. a.	1 ♂	2a
20.09.-27.09.	+	4 ♂, 5 ♀	1a/b, 2a
27.09.-04.10.	-	4 ♀	1a/b
04.10.-11.10	--	1 ♀	4a
11.10.-18.10.	--	0	n. a.



Abbildung 28: Summierte *T. apicalis* Fänge (je 2 Fallen kombiniert) bei dem Möhrenfeld „Betrieb B1“ (Nähe Vastorf) im Jahr 2017. Kreisgröße proportional zur Anzahl der gefangenen Individuen. Dunkelblau = Fallenseite zum Feld, hellblau = vom Feld abgewandt.

Frühjahrsmigration von *T. apicalis* in Richtung Sommerwirt (Versuche 2018)

Im Jahr 2018 wurde der Versuch im Weserbergland im Frühjahr wiederholt. Es wurden zwei Standorte ausgewählt, die in den Vorjahren hohe *T. apicalis* Populationsdichten aufwiesen.

Insgesamt wurden sechs Möhrenblattflöhe am Standort „Eichberg rechts“ innerhalb einer Woche (28.05. - 04.06.18) gefangen (Tabelle 20). Am Standort „Schwöbber Berg“ konnten keine Möhrenblattflöhe nachgewiesen werden. Trotz des sehr geringen *T. apicalis* Fanges wurden an beiden Standorten hohe Individuenzahlen anderer Blattfloharten nachgewiesen (insg. 4065 Blattflöhe; Tabelle 29). Es wurden im Frühjahr sowohl Männchen als auch Weibchen gefangen, wobei die Anzahl Weibchen höher war (Tabelle 20). Möhrenblattflöhe konnten bis zu einer Entfernung von etwa 1,2 km vom Möhrenschatz nachgewiesen werden.

Die Hauptwindrichtung am Standort „Eichberg rechts“ war Nordost entlang der Waldgrenze, die anderen Windrichtungen waren relativ gleich verteilt (Abbildung 29). Die Luftbewegung war mit einem Anteil von etwa 30 % Windstille und 56 % Windstärke 1 gering (Tabelle 21). Stärkerer Wind (maximal 4 Bft.) war mit einem Anteil von ca. 0,02 % selten und wurde bei der grafischen Darstellung und Tabelle der Übersicht halber zu Windstärke 3 dazu gerechnet. Am Standort „Schwöbber Berg“ war die Hauptwindrichtung Südwest; aus dem Süden und Nordwesten kamen auch relativ große Anteile. Stärkerer Wind (3 Bft. und mehr) kam meist aus Osten und Südosten (Abbildung 32). Auch war die Windstärkenverteilung ausgeglichener, bei nur knapp 20 % der Messungen war Windstille und bei weniger als 50 % Windstärke 1. Windstärke 2 und 3 kamen mit 24 bzw. 9 % häufiger vor (Tabelle 202).

Auch höhere Windgeschwindigkeiten (4 Bft. und mehr) kamen mit 0,4 % häufiger vor, wurden aber wegen der Vergleichbarkeit wieder zu Windstärke 3 zugerechnet

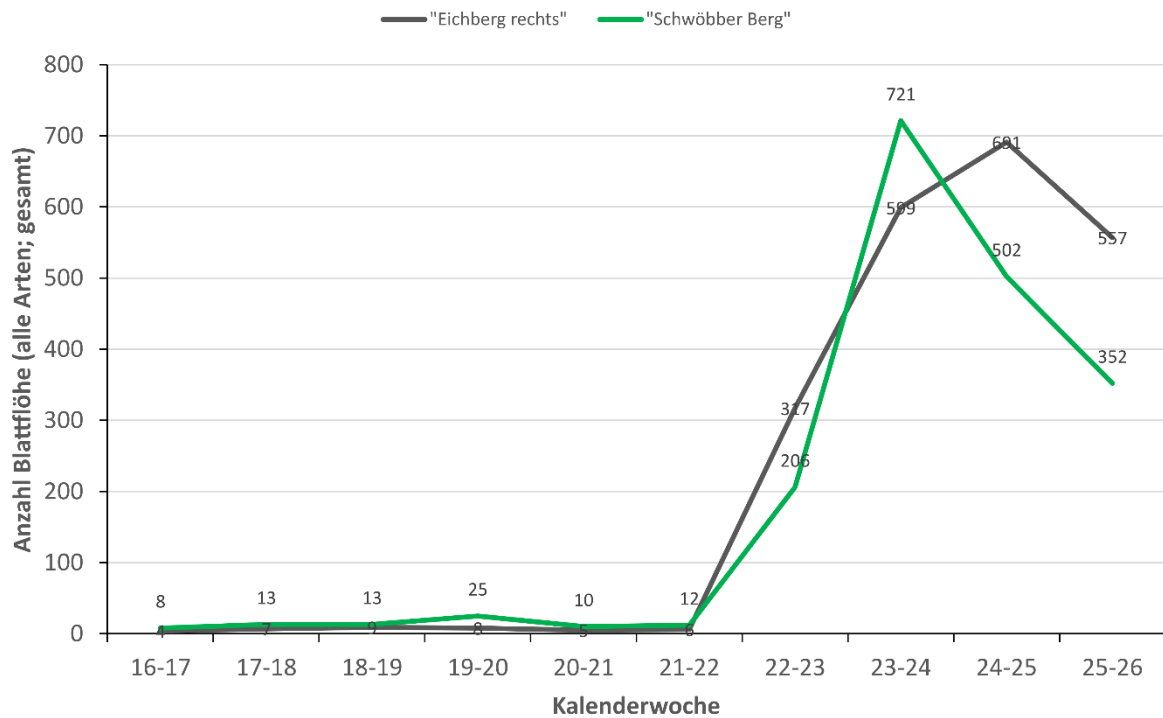


Abbildung 29: Verlauf des Fangs von Blattflöhen aller Arten an orangefarbenen Leimtafeln an zwei Standorten im Weserbergland (2018). Fänge von je 10 Leimtafeln pro Standort wurden je Woche addiert (inkl. Masten).

Tabelle 20: Fallnummer, Anzahl und Geschlecht von an Leimtafeln gefangenen Möhrenblattflöhen in der Woche 28.05. - 04.06.18 am Standort „Eichberg rechts“.

Fallnummer	Anzahl <i>T. apicalis</i> und Geschlecht
1a	2 ♀, 1♂
2a	1♂
2b	1 ♀
3a	1 ♀

Auch mit beiden Masten wurden in drei und fünf Meter Höhe Blattflöhe nachgewiesen, aber keine Möhrenblattflöhe. Zwischen beiden Höhenstufen gab es keine Unterschiede (3 m: 36 Individ., 5 m: 40 Individ.). Die Gesamtzahlen der Fänge mit den Masten waren insgesamt geringer als mit den Fallen in ein Meter Höhe (Abbildung 30): Mit den Fallen an Masten wurden über den gesamten Zeitraum im Durchschnitt 19 Blattflöhe pro Falle gefangen, mit den anderen Fallen 249.

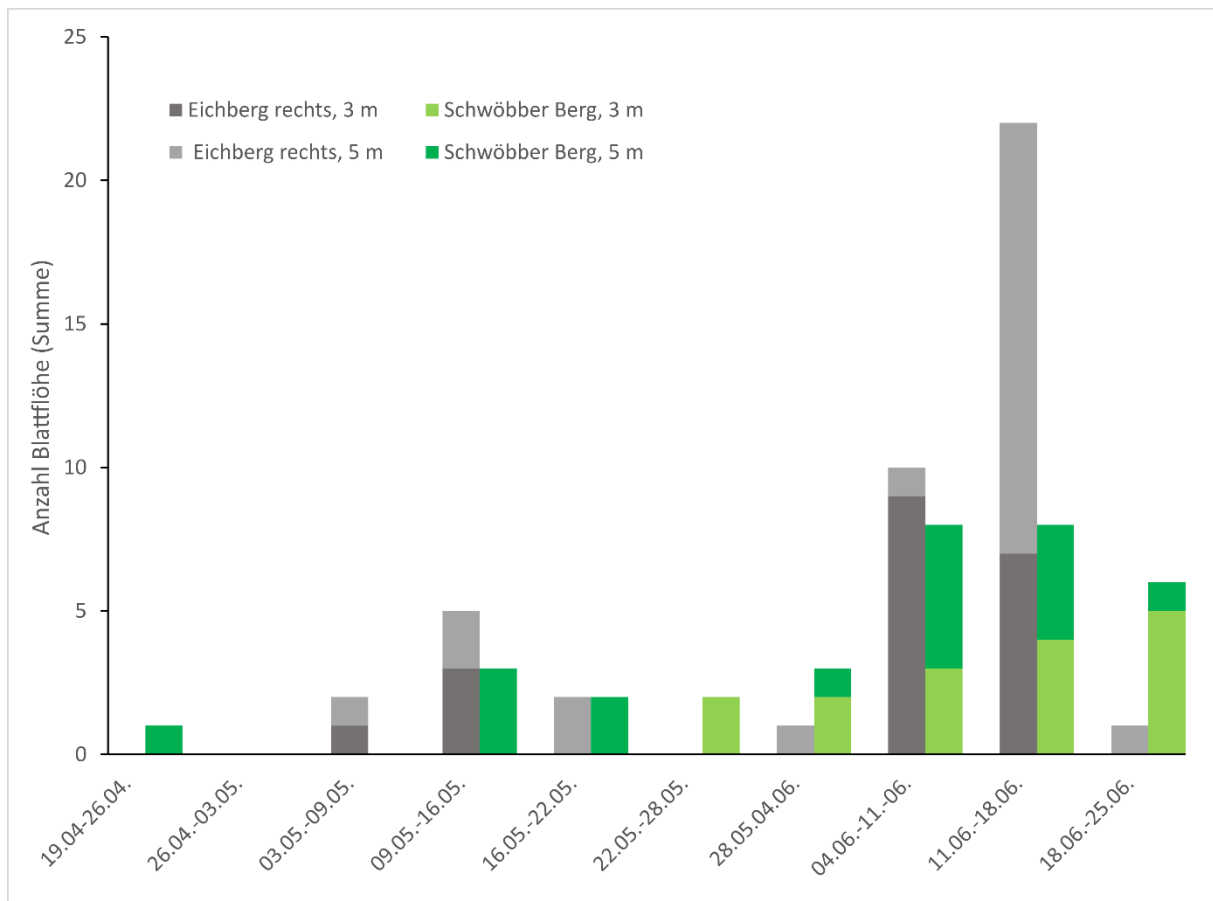


Abbildung 30: Verlauf des Blattflohfangs (alle Arten) im Jahr 2018 an zwei Fallenmasten mit je zwei orangefarbenen Leimtafeln in 3 und 5 m Höhe im Weserbergland (Standorte „Eichberg rechts“ und „Schwöbber Berg“).

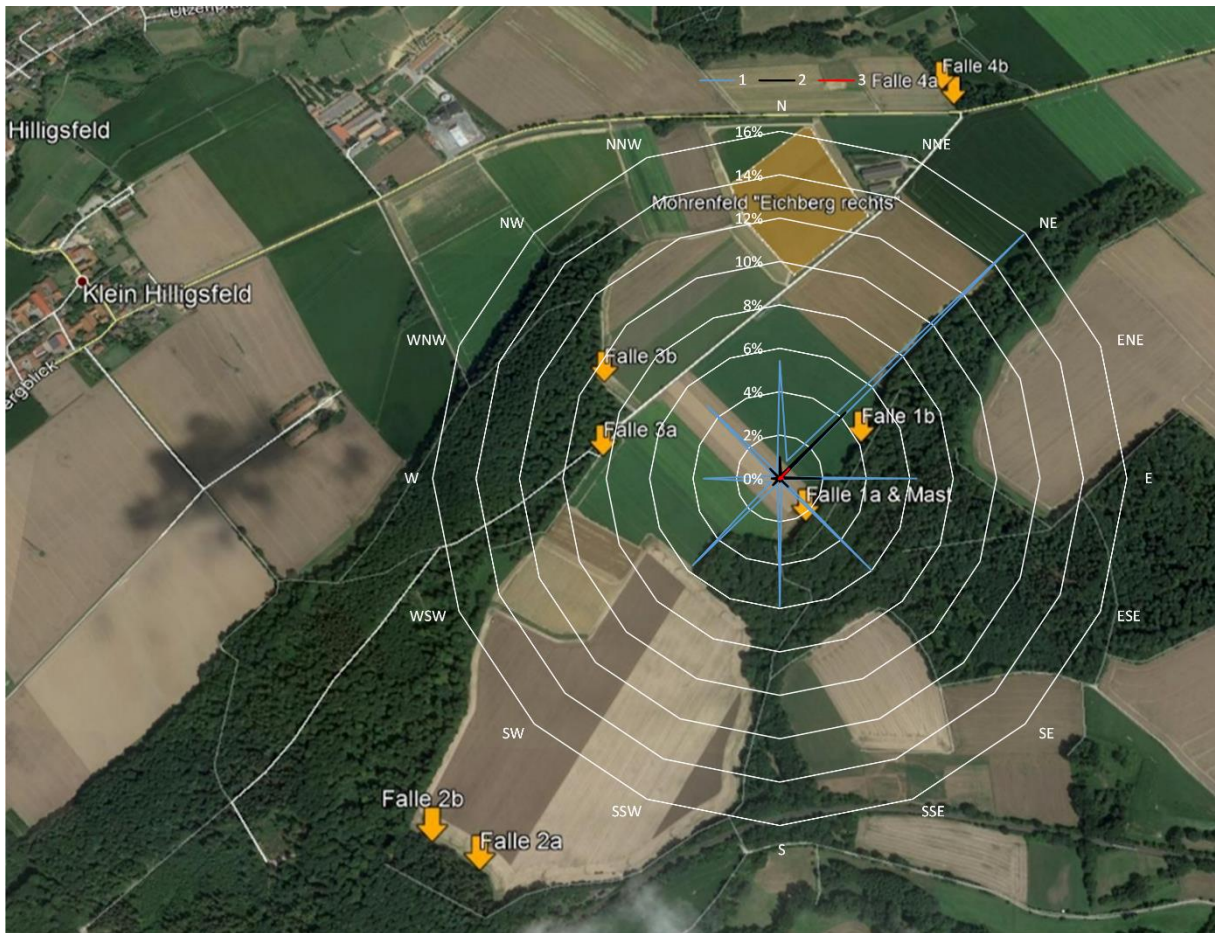


Abbildung 31: Windverteilung (Anteil aller Windrichtungen in %) und Windstärken (1 - 3 Bft.) am Standort „Eichberg rechts“ im Weserbergland 2018.

Tabelle 21: Erfasste Windstärken-Anteile am Standort „Eichberg rechts“ 2018 (Weserbergland).

Windstärke (Bft.)	Km/h	Anteil (%)
0	0 – 1,0	33,07
1	1,1 – 6,0	56,12
2	6,1 – 12,1	9,80
3	>12,1	1,01

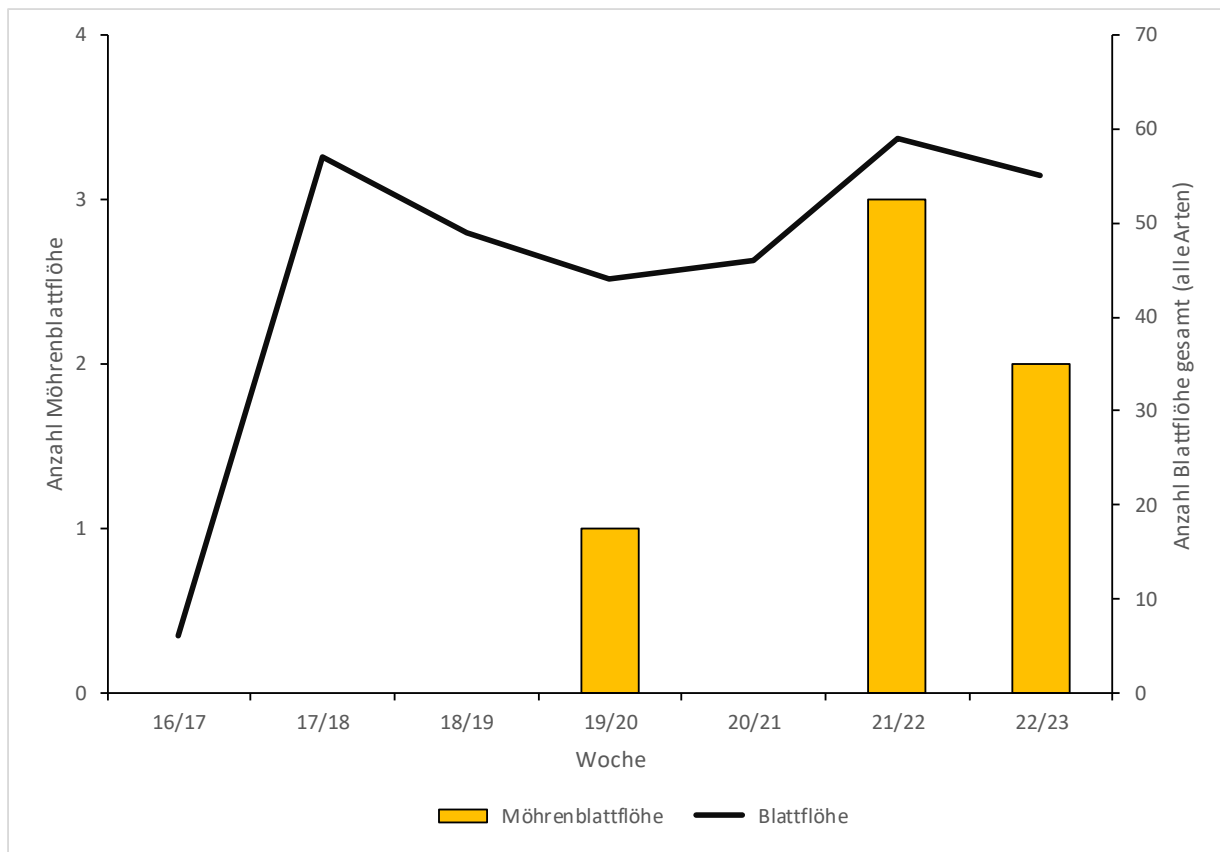


Abbildung 33: Populationsdynamik von Blattflöhen aller Arten (Linie) und Möhrenblattflöhen (Säulen) nach Fängen an orangefarbenen Leimtafeln (summierte Gesamtfänge aller Fallen pro Woche) vom 17.04. – 05.06.19 im Umkreis eines Möhrenfeldes (Schlag „Priorsfeld“ bei Vastorf, Landkr. Lüneburg, Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen)

Tabelle 23: Details zu den Möhrenblattflöhfängen bei dem Schlag „Priorsfeld“ bei Vastorf, Landkr. Lüneburg Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen, 2019. Angaben inkl. Fänge an Fangmasten. Innen = Innenring; Außen = Außenring (Vergl. Abb. 6).

Fangwoche	Anzahl <i>T. apicalis</i>	Fallenstandort
08.05.-15.05	1 ♀	Innen Ost
22.05.-29.05.	3 ♀	Innen Ost (2); Außen Nord-2 (1)
29.05.-05.06.	2 ♀	Innen Ost (1); Außen Nord-2 (1)

An den beiden Fangmasten wurden insgesamt 127 Blattflöhe aller Arten nachgewiesen (Abbildung 34). Hiervon waren zwei Individuen weibliche Möhrenblattflöhe, die beide am Standort „Ost“ in den Wochen 22.05. -29.05. und 29.05.-05.06. je einmal in drei und einmal fünf Metern Höhe nachgewiesen wurden (Abbildung 34). Der Verlauf des Psyllidenfangs war zwischen den beiden Höhenstufen ähnlich, wobei bis auf die ersten beiden Wochen in drei Metern Höhe mehr Individuen gefangen wurden.

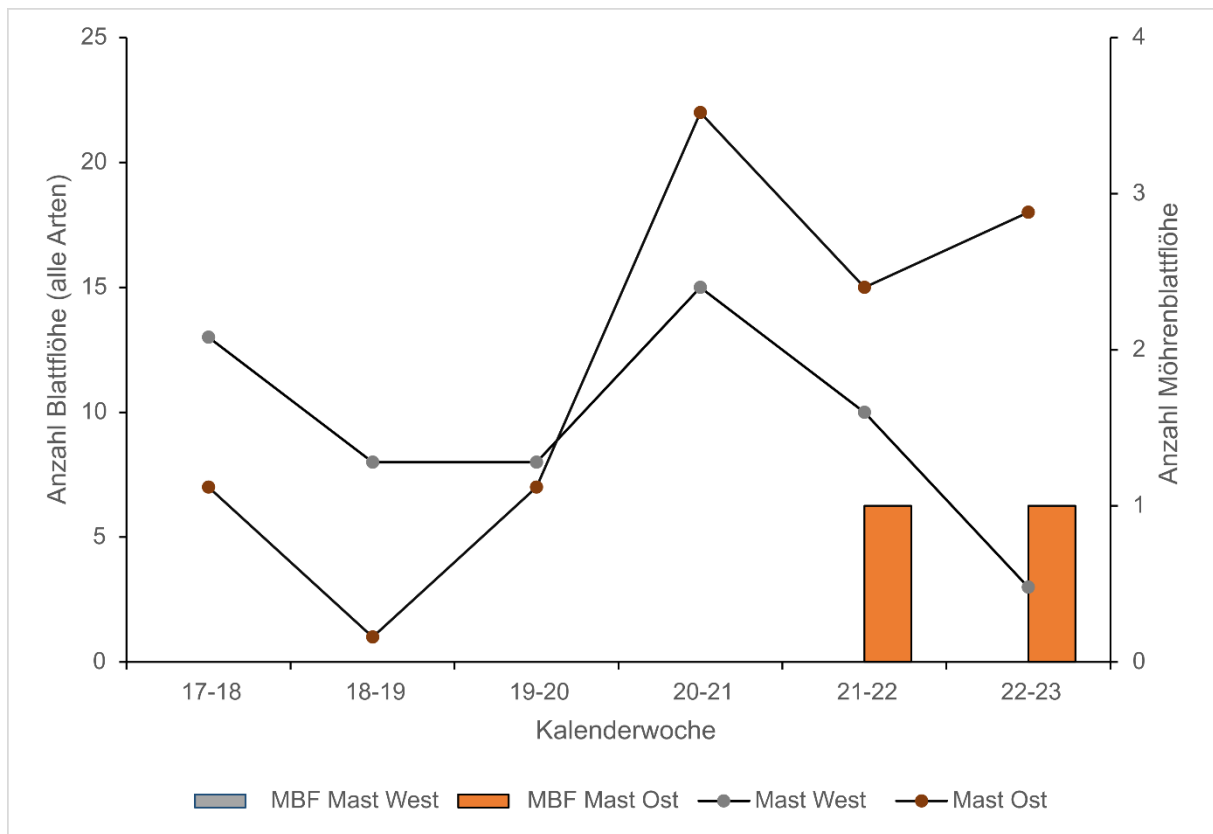


Abbildung 34: Fang von Blattflöhen aller Arten (Linien) Möhrenblattflöhen MBF (Säulen) mit zwei Fangmasten (West und Ost) bei dem Schlag „Priorsfeld“ bei Vastorf, Landkr. Lüneburg, Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen, 2019.

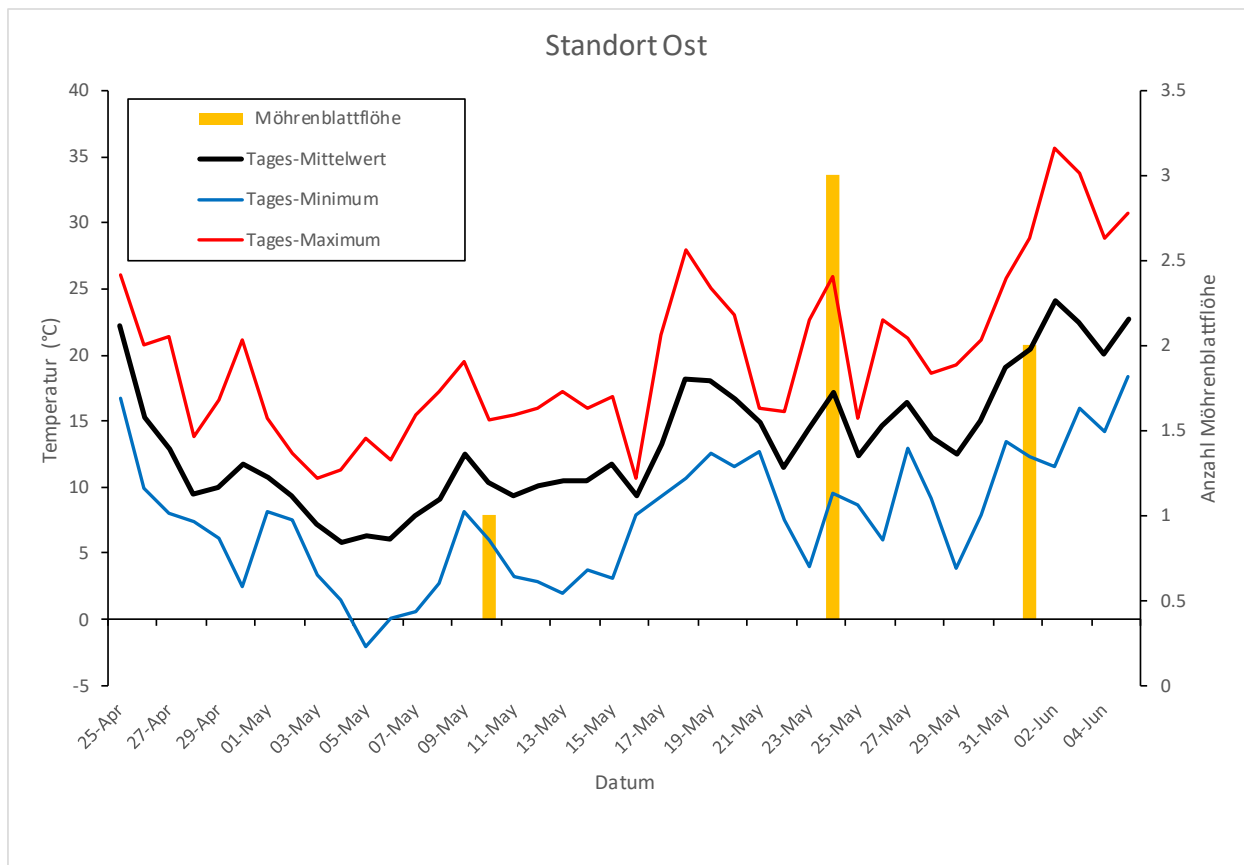


Abbildung 35: Durchschnittstemperaturen in °C mit Minimal- und Maximalwerten pro Tag bei einem Möhrenfeld bei Vastorf (Messstandort östlich zum Feld bei ‚Mast Ost‘) und Nachweisen von Möhrenblattflöhen in diesem Zeitraum (Gesamtfänge pro Tag an Leimtafeln).

Am Standort West war die Hauptwindrichtung Nordwest (ca. 17 %), dies entspricht der Schneisenrichtung in dem Feldgehölz, vor dem der Fallenmast und die Wetterstation aus Platzgründen gestellt wurden (Abbildung 36). Weitere wichtige Windrichtungen sind Südwest und Nordost, also etwa parallel zum Feldgehölzrand. Allerdings waren diese Winde meist schwach (Windstärke 1). Stärkere Winde kamen meist aus nördlicher und östlicher Richtung (ca. 2,6 %; Tabelle 24). Am Standort Ost war der Wind stärker und gleichmäßiger verteilt. Hauptwindrichtung war mit 21 % Nordwest. Stärkere Winde kamen meist aus Nordwest und Nord (Tabelle 24).



Abbildung 36: Windverteilung (Anteil aller Windrichtungen in %) und Windstärken (1 - 5 Bft.) am Standort „Priorsfeld“ im Landkreis Lüneburg, Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen 2019.

Tabelle 24: Erfasste Windstärken-Anteile am Standort „Priorsfeld“ 2019 (Landkr. Lüneburg, Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen) mit zwei Wetterstationen westlich und östlich des Möhrenfeldes (siehe Abb. 19).

Windstärke (Bft.)	Km/h	Anteil (%)	
		Standort West	Standort Ost
0	0 – 1,0	35,7	22,8
1	1,1 – 6,0	47,4	38,3
2	6,1 – 12,1	14,0	23,8
3	>12,1	2,8	13,1
4	12,2 – 20,3	0,1	2,0

Etablierung einer Dauerzucht an der LUH (Versuche 2020)

Im Jahr 2020 konnte aufgrund der Corona Pandemie nur ein Bruchteil der geplanten Versuche durchgeführt werden. Der Fokus lag auf der Etablierung einer stabilen *T. apicalis* Zucht. Als Grundlage wurden zum einen *T. apicalis* aus dem Freiland mit Hilfe eines Klopfschirms gefangen und in Käfige zur Etablierung einer Zucht an der LUH überführt und zum anderen wurden *T. apicalis* aus der laufenden Zucht des JKI-G entnommen und ebenfalls in separate Zuchtkäfige überführt. Auf Grundlage des Zuchtprotokolls, das am JKI-G entwickelt wurde, konnte am Jahresende eine stabile und funktionierende Zucht an der LUH etabliert werden. Parallel dazu fand die Versuchsplanung zur optischen Orientierung mit Hilfe von mit LED-Klebefallen Lichtfallen statt.

4.3.2 Visuelle Orientierung von *T. apicalis* (Versuche 2021-22)

Farbpräferenz von *T. apicalis* in abgedunkelter Umgebung

Die Ergebnisse des Choice Versuchs zur Farbpräferenz von *T. apicalis* zeigen deutliche Verhaltenspräferenzen. Sowohl beim Vergleich der Farben Grün und Orange (Exact Wilcoxon-Pratt Signed-Rank Test, $Z=-3,6742$, p-Wert $<0,001$) als auch bei den Farben Grün und Gelb (Exact Wilcoxon-Pratt Signed-Rank Test, $Z=-4,4907$, p-Wert $<0,001$) gab es eine hoch signifikante Präferenz von *T. apicalis* für die Farbe Grün (siehe Tabelle 25). 21 (87%) der 24 untersuchten *T. apicalis* entschieden sich für die Farbe Grün, lediglich 3 Individuen entschieden sich für die Farbe Orange. Bei dem Vergleich zwischen Grün und Gelb fiel das Verhältnis noch deutlicher aus. 23 (95%) der 24 untersuchten *T. apicalis* entschieden sich hier für die Farbe Grün. Nur ein männlicher Möhrenblattfloh war auf der gelben LED-Lichtfalle zu finden. Trennt man das Ergebnis für die Geschlechter auf, dann ist zu erkennen, dass beide Geschlechter die Farbe Grün präferieren (Exact Wilcoxon-Pratt Signed-Rank Test, $Z = -2.8868$, p-Wert = 0.006348).

Tabelle 25: *T. apicalis* Fänge auf den LED-Klebefallen (Grün vs. Orange und Grün vs. Gelb) bei abgedunkelter Umgebung.

	Grün vs. Orange		p-Wert	Grün vs. Gelb		p-Wert
Fänge insgesamt	21	3	$P=<0,001$	23	1	$P=<0,001$
Männchen	10	2	$P=<0,05$	11	1	$P=<0,01$
Weibchen	11	1	$P=<0,01$	12	0	$P=<0,001$

Farbpräferenz von *T. apicalis* in heller Umgebung

Die Farbpräferenz von *T. apicalis* in heller Umgebung konnte, im Vergleich zu den vorhergehenden Versuchen in Dunkelheit, nicht so eindeutig verifiziert werden. Das Ergebnis ist zwar nicht signifikant, jedoch ist eine starke Tendenz von *T. apicalis* für die Farbe Grün erkennbar (Exact Wilcoxon-Pratt Signed-Rank Test, $Z = -1,633$, p-Wert = 0,1516). 16 (66.7 %) Möhrenblattflöhe entschieden sich für die Farbe Grün. Lediglich 8 (33,3 %) Möhrenblattflöhe entschieden sich für die Orange LED-Lichtfalle (siehe Tabelle 26). Wenn man das Ergebnis für die beiden Geschlechter auftrennt, dann lässt sich erkennen, dass sich das Entscheidungsverhalten zwischen den Geschlechtern ebenfalls identisch war (8 *T. apicalis* auf Grün versus 4 *T. apicalis* auf Orange). Es gab weder bei den Männchen noch bei den Weibchen einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Farben Grün oder Orange (Exact Wilcoxon-Pratt Signed-Rank Test, $Z=-1.1547$, p-Wert = 0,3877). Eine Tendenz für die Farbe Grün ist aber erneut zu sehen.

Tabelle 26: *T. apicalis* Fänge auf den LED-Klebefallen (Grün vs. Orange) bei beleuchteter Umgebung.

	Grün vs. Orange		p-Wert
Fänge insgesamt	16	8	$P=<0,1516$
Männchen	8	4	$P=<0,3877$
Weibchen	8	4	$P=<0,3877$

Attraktivität der LED-Lichtfalle im Vergleich zu konventionellen Klebefallen

Im direkten Vergleich einer konventionellen orangenen Klebefalle und einer orangenen LED-Klebefalle in heller Umgebung, ist keine signifikante Präferenz von *T. apicalis* gegenüber einer der beiden Varianten festzustellen. Neun Individuen entschieden sich für die konventionelle Klebefalle, 10 Individuen entschieden sich für die LED-Klebefalle (Exact Wilcoxon-Pratt Signed-Rank Test, $Z = 0.022942$, p-Wert = 1). Wenn man das Ergebnis für die beiden Geschlechter auftrennt, dann lässt sich ebenfalls kein Unterschied bzw. eine Tendenz für eine der Varianten feststellen. Jedoch war die

Wiederholungszahl der Versuche aufgrund der auslaufenden Projektzeit nicht so hoch wie in den Versuchen vorher.

Tabelle 27: T. apicalis Fänge auf konventionellen orangen Klebefallen und auf orangen LED Klebefallen bei beleuchteter Umgebung.

	Konventionell vs. LED		p-Wert
Fänge insgesamt	9	10	P = 1
Männchen	4	3	/
Weibchen	5	7	/

4.4. Ergebnisse der Laboruntersuchungen von Möhren und Insekten auf Infektion mit *Candidatus Liberibacter solanacearum* (JKI)

4.4.1 Nachweis von Lso in Möhren

Die Ergebnisse der Lso Analyse variieren stark zwischen den Jahren und auch zwischen den Flächen (Abbildung 37). Auffällig ist der Abfall des Anteils Lso infizierter Möhren von 2019 auf 2020. Auch 2021 blieb die Infektionsrate auf einem niedrigen Niveau, vergleichbar dem Vorjahr.

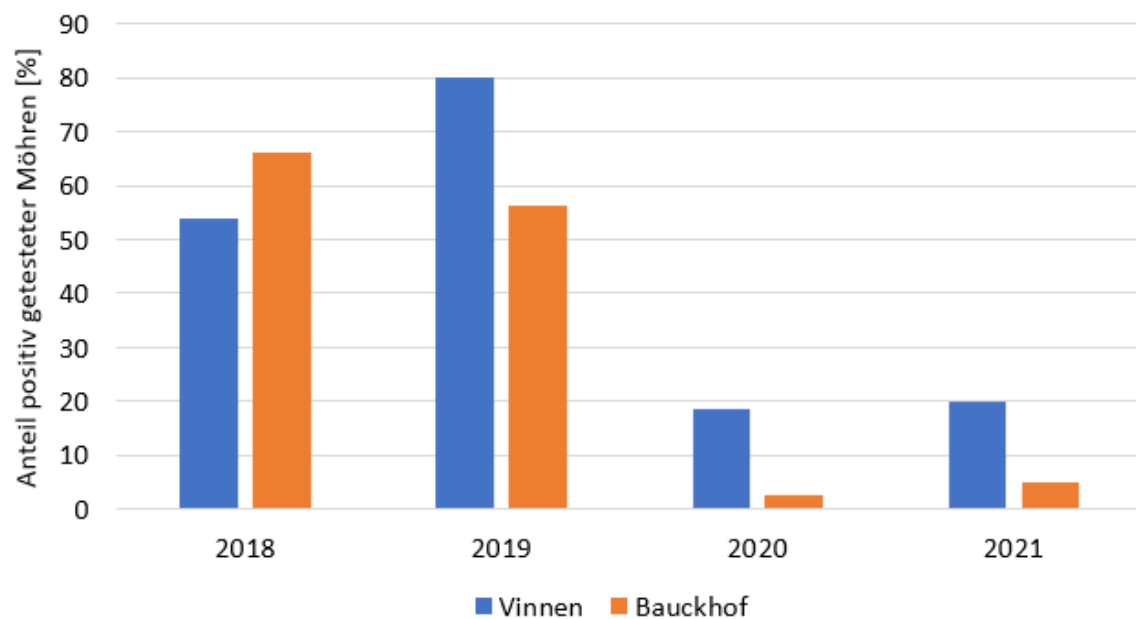


Abbildung 37: Anteil Lso positiv getesteter Möhren von 2018-2021 der Betriebe V und B1 im Untersuchungsgebiet ON.

Eine gestaffelte Beprobung wurde 2019 durchgeführt. An drei Terminen wurden Möhren der frühen Aussaat beprobt und an einem Termin die Möhren der späteren Aussaat. Auf beiden Flächen nahm der Anteil Lso infizierter Möhren von August bis September zu. Überraschenderweise war der Anteil Lso positiver Möhren auf der Fläche vom Betrieb B1 im Oktober aber deutlich geringer als in den beiden Vormonaten (Abbildung 38).

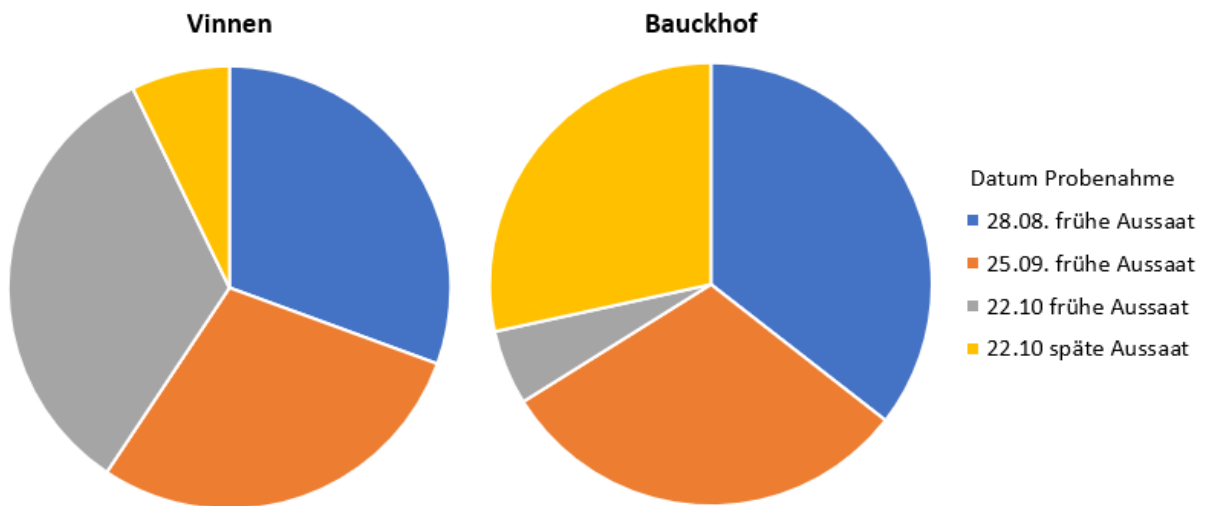


Abbildung 38: Anteil Lso positiv getesteter Möhren in % in Abhängigkeit vom Termin der Probenahme 2019

4.4.2 Nachweis von Lso in *T. apicalis* und anderen Insekten

T. apicalis, sowie weitere Insekten als mögliche Vektoren wurden auf Lso getestet. Nur in drei von insgesamt 176 untersuchten *T. apicalis* wurde Lso nachgewiesen (Tabelle 28). Alle anderen getesteten Insekten waren Lso negativ.

Tabelle 28: Ergebnisse der Lso Analyse von *T. apicalis* und weiteren Insekten von 2018-2021.

	Getestete Insekten					
	2018		2019		2021	
	Getestet	Positiv	Getestet	Positiv	Getestet	Positiv
<i>T. apicalis</i>	49	1	37	0	90	2
<i>T. urticae</i>	3	0	49	0	-	-
Blattläuse	6	0	9	0	-	-
Wanzen	9	0	9	0	-	-
Zikaden	6	0	6	0	-	-

Es ist zu berücksichtigen, dass bei den Proben, die von Klebetafeln stammen, nicht vollkommen ausgeschlossen werden kann, dass die DNA Extraktion durch den Kleber gehemmt wurde und damit das Ergebnis negativ beeinflusst wurde.

4.4.4 Erfassung von Schadsymptomen, Möhrengroße und -gewicht

Art der Laubverfärbungen

Der Betrieb V hat während der gesamten Versuchsdauer die Sorte Bolero F1 angebaut und im April ausgesät. Wohingegen im Betrieb Betrieb B1 erst im Mai die Sorte Solvita ausgesät wurde. Allein daraus ergeben sich Sortenunterschiede in Wachstum und Entwicklung der Pflanzen. Die Farben rot und gelb dominierten die Verfärbungen des Laubes (Abbildung). In manchen Literaturstellen wird auch noch von bronzenen oder violetten Verfärbungen berichtet. Deren Anteil war, wenn überhaupt vorhanden, sehr gering und sie sind hier als andere Verfärbungen bezeichnet.

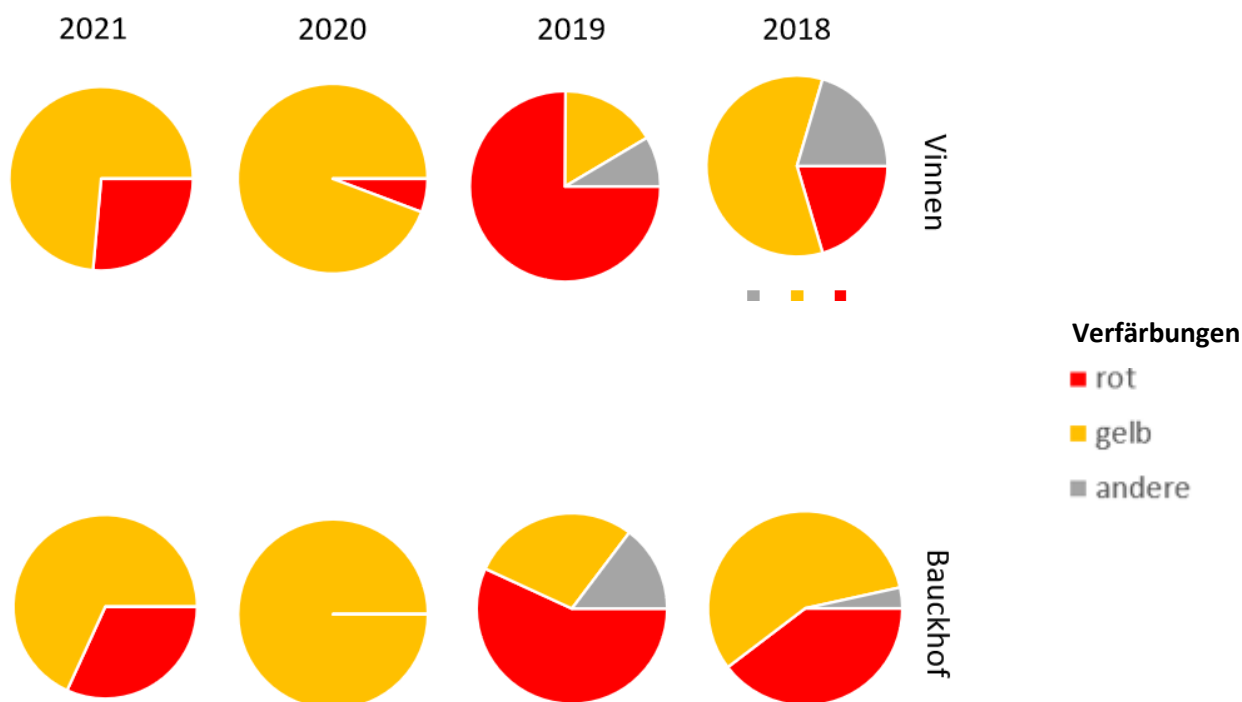


Abbildung 39: Anteil der Verfärbungen der untersuchten Möhren der Betriebe V und B1 in den Jahren 2018 bis 2021.

Weitere Schadsymptome

Zusätzlich zu den Lso Analysen wurden verschiedene Parameter erhoben, die während der Bonitur aufgetreten sind. In Tabelle 29 sind die dokumentierten Schadsymptome der Jahre 2018 bis 2021 zusammengefasst.

Tabelle 29: Schadsymptome an Möhren 2018-2021 auf den Flächen 1 und 2 im Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen. Angegeben ist in Prozent der Anteil Pflanzen, die das jeweilige Schadsymptom zeigen.

	2018		2019		2020		2021	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Fläche								
Gekräuseltes Laub [%]	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Beinigkeits [%]	21,3	6,3	-	-	16,3	51,3	1,3	12,5
vermehrte Seitenwurzeln [%]	8,8	2,5	32,5	12,5	10,0	7,5	30,0	1,3
Echter Mehltau [%]	10,0	25,3	0,0	13,8	21,3	40,0	1,3	10,0
Wurzelläuse [%]	-	-	-	-	10,0	11,3	15,0	0,0

Größe und Gewicht der Möhren

Größe und Gewicht der Proben (Tabelle 30) wurden für eine Aussage über den Einfluss einer Lso Infektion auf den Ertrag ermittelt.

Tabelle 30: Gewicht und Größe Lso freier und Lso infizierter Möhren 2018-2021.

		2018		2019		2020		2021	
		1	2	1	2	1	2	1	2
+ Lso	Fläche								
	Ø Gewicht Rübe [g]	-	-	149,1	124,9	147,6	205,5	114,0	145,0
	Ø Größe Rübe [cm]	-	-	20,1	20,3	18,9	20,0	22,1	23,5
- Lso	Ø Gewicht Rübe [g]	-	-	185,2	132,2	145,6	162,9	139,0	239,0
	Ø Größe Rübe [cm]	-	-	22,1	22,2	20,1	18,5	22,9	23,4

4.5 Ergebnisse zur Regulierung des Befalls von Möhren mit *T. apicalis* (ÖBG)

4.5.1 Direkte Regulierung von *T. apicalis*

Feldversuche zur direkten Regulierung von *T. apicalis* im Untersuchungsgebiet Hameln (WBL) (2018 - 2019)

Die Versuche wurden im ersten Projektabschnitt in den Jahren 2018 – 2019 in der Region Hameln/Weserbergland durchgeführt. Aufgrund des unerwartet starken Rückgangs von *T. apicalis* in den Untersuchungsgebieten wurde dieser Aspekt im Zuge der Projektverlängerung ab 2020 nicht weiterverfolgt.

Tabelle 31: Versuchsanlage Untersuchungsgebiet WBL

	2018			2019		
PLZ	31855			31855		
Standort	Aerzen-Schwöbber			Aerzen-Schwöbber		
Fläche	Schwöbber Berg			Große Limpke		
Boden	Lößlehm			Lößlehm		
Sorte	Romance F1			Romance F1		
Saatstärke	1,7 Mio Korn/ha			1,7 Mio Korn/ha		
Bestandesdichte (Pflanzen/m ²)	45	55	61	119	113	107
Variante	1) Kontrolle 2) Spinosad (0,2 l/ha) mit 200 l/ha Wasser 3) Wetcit (0,6%ig), Diatomeenerde flüssig 20%ig (3%ig) u. Sonnenblumenöl (3%ig) mit 200l/ha Wasser			1) Kontrolle 2) Spinosad (0,2 l/ha) mit 200 l/ha Wasser 3) Wetcit (0,6%ig), Diatomeenerde flüssig 20%ig (3%ig) u. Sonnenblumenöl (3%ig) mit 200l/ha Wasser		
Aussaat	09.05.2018			08.05.2019		
Behandlungstermine / Pflanzenstadium (BBCH)	29.5. (KW* 22) / BBCH 9/10 7.6. (KW 23) / BBCH 12 13.6. (KW 24) / BBCH 13-14 18.6. (KW 25) / BBCH 14-16			24.5. (KW 21) / BBCH 9/10 29.5 (KW 22) / BBCH 10 4.6. (KW 23) / BBCH 11-12		
Ernte (Hand)	24.09.2018			17.09.2019		
Vegetationstage	138			132		
Laubbonitur	25.06.2018			19.06.2019		
Versuchsanlage	Streifenanlage, teilrandomisiert					
Parzellengröße	3 x 15-20 m, Kernparzelle für Bonituren und Beerntung 5m ²					

*Kalenderwoche

Schaderregermonitoring

Die Versuche wurden durch das *T. apicalis* -Monitoring begleitet.

Aussaat

Die Aussaat erfolgte am 9. Mai 2018 bzw. am 8. Mai 2019 mit der Sorte Romance F1 (120 Tage-Sorte) und einer für Frischmarktsorten üblichen Saatstärke von 1,7 Mio Korn/ha. Die Wahl des Aussaattermins orientierte sich am Ziel der Koinzidenz, d.h., dem zeitgleichen Aufeinandertreffen von jungen, gegenüber dem Möhrenblattfloh schadempfindlichen Möhren im Stadium BBCH 10 - 14 und dem erwarteten Auftreten des Schädling ab etwa Ende Mai. Obwohl das Schaderregeraufkommen

sehr gering war, kann davon ausgegangen werden, dass das Ziel der Koinzidenz in beiden Versuchsjahren erreicht worden wäre.

Feldaufgang / Bestandesdichten

2018: Bedingt durch die langanhaltende Trockenheit 2018 kam es zu einem verzögerten und ungleichmäßigen Auflaufen der Möhren. Die Bestandesdichten lagen zwischen 45 – 61 Pflanzen/m² (siehe Versuchsanlage). Die Pflanzendichte ist aus Praxissicht als unzureichend einzustufen. Die Pflanzenentwicklung war im weiteren Verlauf sehr heterogen.

2019: Die Bestandesdichten aller drei Varianten lagen mit 119, 113 und 107 Pflanzen/m² (s. Versuchsanlage) im gewünschten Bereich für die Produktion von Frischmarktmöhren.

Pflanzenschutzanwendungen

2018 wurden an vier bzw. 2019 an drei Terminen die Pflanzenschutzmittel Spintor (Spinosad) sowie eine Mischung aus Wetcit (Orangenölkonzentrat), Diatomeenerde (Kieselgur) und Sonnenblumenöl zur *T. apicalis* Abwehr eingesetzt (siehe Versuchsanlage oben). Die Anwendungen erfolgten ab dem Keimblattstadium etwa im wöchentlichen Abstand.

In beiden Jahren konnte ein hoher Besatz der jungen Möhren mit Gierschblattläusen festgestellt werden. 2019 wurden die Behandlungen aufgrund einer sehr hohen Besiedlung der Möhren mit räuberischen Larven des Marienkäfers frühzeitig eingestellt.

Laubkräuselungen / Blattrollen

2018: Zum Zeitpunkt der Laubbonitur am 25.6.2018 hatten die Möhren 5 – 6 Laubblätter ausgebildet. Variante 2 (Spintor) zeigte mit rund 8% der Möhrenpflanzen den höchsten Besatz mit krausem, gerolltem Fiederblatt (Abbildung 41). Am besten schnitt die Variante 3 Wetcit + Diatomeenerde + Sonnenblumenöl ab. Hier konnten Symptome lediglich 2% der Pflanzen nachgewiesen werden. Bei Variante 1 (Kontrolle) wurden rund 5% der Pflanzen mit Laubkräuselungen bonitiert.

2019: Zum Zeitpunkt der Laubbonitur am 19.6.2019 hatten die Möhren 4 – 5 Laubblätter ausgebildet. Variante 3 (Wetcit + Diatomeenerde + Sonnenblumenöl) zeigte mit 1,8% der Möhrenpflanzen den höchsten Anteil mit krausem Fiederblatt. Am besten schnitt die Variante 1 (Kontrolle) ab. Hier konnten Symptome an lediglich 0,5% der Pflanzen nachgewiesen werden. Bei Variante 2 (Spintor) wurden 0,8% der Pflanzen mit gekräuseltem Laub bonitiert (Abbildung 40).

Die durch *T. apicalis* verursachten Laubsymptome sind als gering einzustufen (Abbildung 40). Eine Unterscheidung der Befallsintensität (früh/spät, partiell/gesamtes Blatt) zeigte, dass Schäden oft schon sehr früh (BBCH 11-12) auftraten.

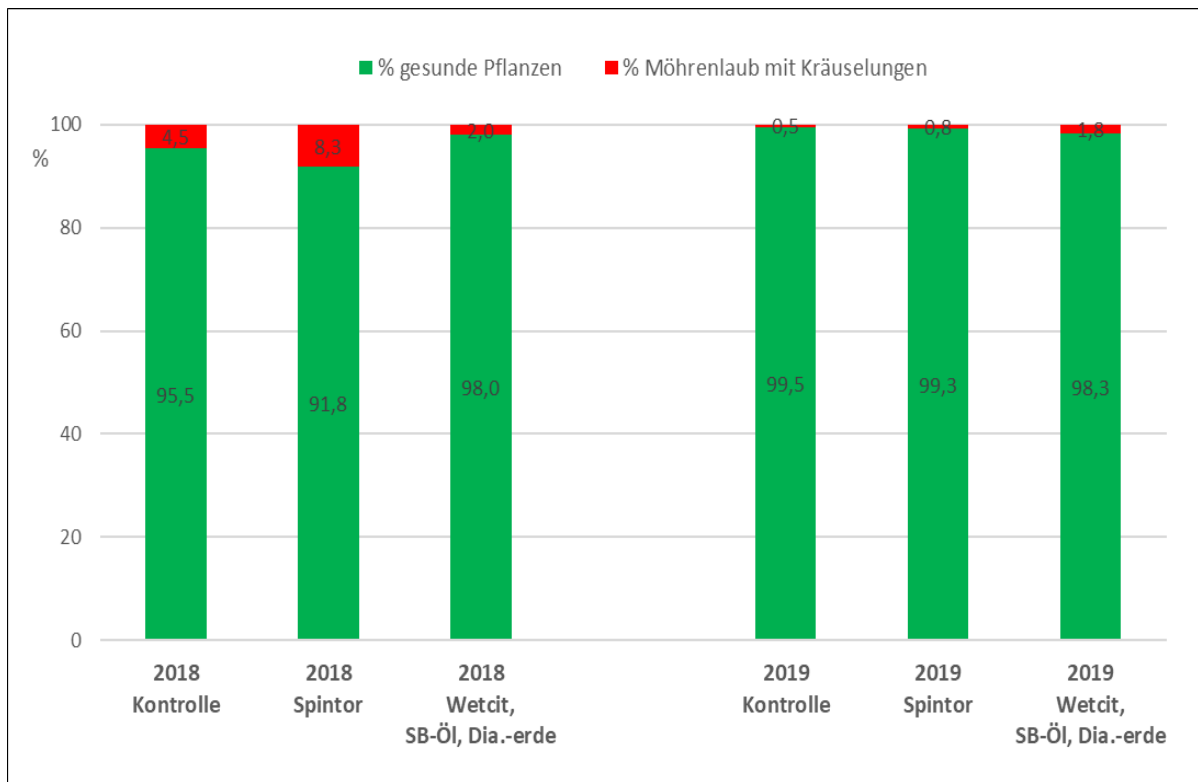


Abbildung 40: Laubgesundheit direkte Regulierungsstrategien 2018 – 2019



Abbildung 41: Sehr frühe und starke Befallssymptome und Wachstumsdepressionen durch den Möhrenblattfloh an jungen Möhrenpflanzen in der Bildmitte (Aussaat 9.5.2018) – qualitativ hoher Laubschaden mit intensiven Laubkräuselungen am gesamten 1. und 2. Laubblatt (BBCH 11-12) am 26.06.2018, Versuchsstandort Weserbergland. (Foto: H. Buck)

Möhrenerträge

2018: Die Beerntung der Parzellen wurde von Hand durchgeführt. Die Bewertung der Ertragsserhebung ist vor dem Hintergrund langanhaltender Trockenheit sowie der sehr niedrigen Bestandesdichte und heterogener Pflanzenbestände als unsicher und wenig belastbar einzustufen. Das Bruttoertragsniveau war über alle Varianten mit 533 – 560 dt/ha niedrig (Abbildung). Der Anteil vermarktungsfähiger Möhren lag mit 230 – 314 dt/ha auf einem entsprechend niedrigen Niveau. Es gab keine signifikanten Ertragsunterschiede zwischen den Varianten und der Kontrolle. Den höchsten Ertrag vermarktungsfähiger Möhren erzielte die Variante 3 (Wetcit + Diatomeenerde + Sonnenblumenöl) mit 314 dt/ha, gefolgt von der Variante 2 (Spintor) mit 234 dt/ha. Kurz dahinter folgt die Variante 1 (Kontrolle) mit 230 dt/ha (Abbildung 42).

Der überdurchschnittlich hohe Anteil nicht marktfähiger Möhren war bedingt durch Hitze und Trockenheit im Anbaujahr 2018 sowohl auf zu große als auch auf zu kleine und unförmige Möhren (221 – 330 dt/ha) zurückzuführen (Abbildung).

2019: Die Erträge wurden durch Handbeerntung der Kernparzelle (5 m²) ermittelt. Das Bruttoertragsniveau lag zwischen 740 – 778 dt/ha und ist als gut einzustufen (Abbildung 42).

Der Anteil marktfähiger Möhren war ebenfalls zufriedenstellend. Die Ausbeuten lagen zwischen 634 – 684 dt/ha (Abbildung 42). Zwischen den Varianten inklusive Kontrolle ließen sich auch 2019 keine signifikanten Ertragsunterschiede feststellen.

In den Varianten 1 - 3 traten zudem größere Schäden durch Mäusefraß auf, eine exakte mengenmäßige Bezifferung des Schadens war zum Zeitpunkt der Ernte jedoch nicht mehr möglich.

Der Wirkstoff Spinosad im Produkt Spintor war in beiden Jahren zum Zeitpunkt der Ernte nicht mehr in den Möhren nachweisbar.

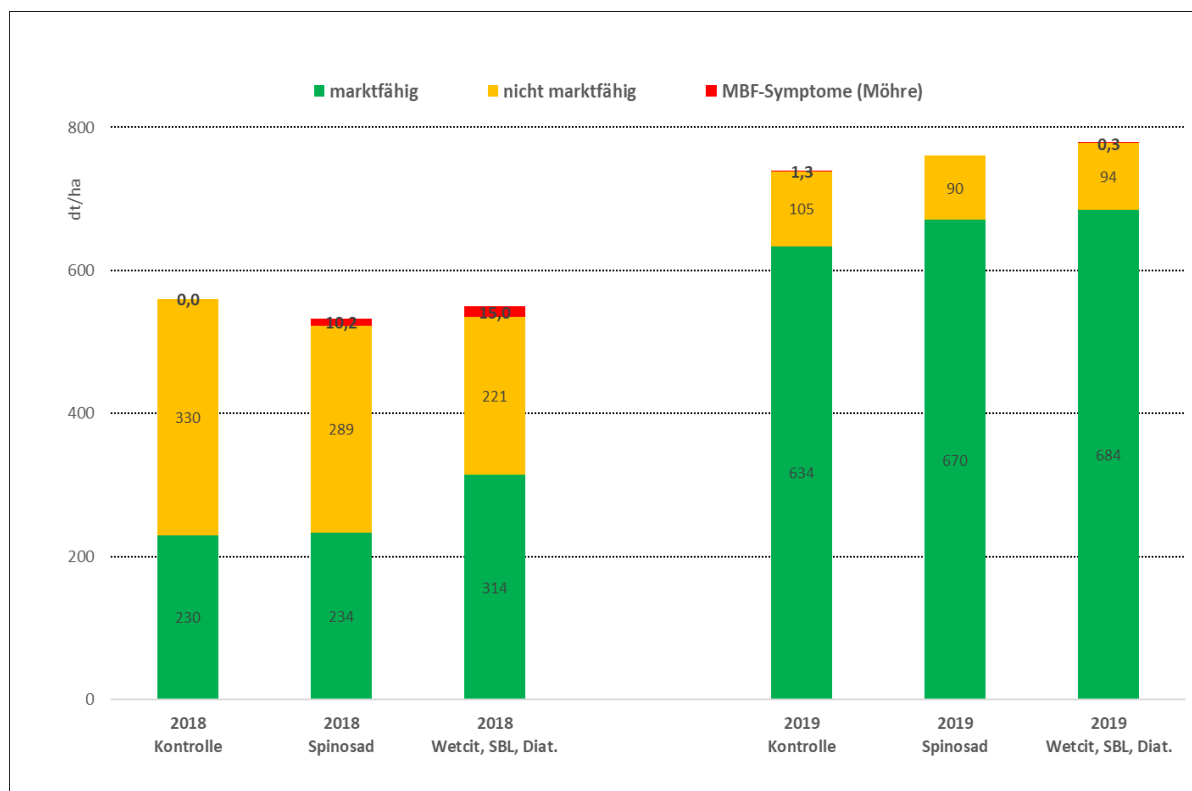


Abbildung 42: Erträge (dt/ha) direkte Regulierungsstrategien 2018 - 2019

Tabelle 32: Geringe Ertragsausfälle zur Ernte verursacht durch *T. apicalis*

Variante	2018		2019	
	dt/ha	%	dt/ha	%
Kontrolle	8,3	1,5	1,3	0,2
Spinosad	10,2	1,9	0	0
Wetcit, Diatomeenerde, Sonnenblumenöl	15	2,7	0,3	0,04

Schadsymptome am Möhrenkörper zur Ernte

2018: Die Bestimmung von Schadsymptomen am Rübenkörper erwies sich bei dieser Versuchsreihe als unproblematisch. Bis zur Ernte wurden die Möhren mit sechs Beregnungsgängen intensiv bewässert und entwickelten sich sortentypisch bis zur Ernte.

T. apicalis war in diesem Versuch von geringer Bedeutung und hatte mit Blick auf die Bruttoerträge wenig ertragsmindernden Einfluss (vgl. Abschnitt Möhrenerträge oben).

2019: An Laub und Rübenkörper der geernteten Versuchsmöhren konnten kaum Schadsymptome nachgewiesen werden. Lediglich die Varianten 1 und 3 zeigten ein paar wenige Möhren mit typischen Wuchsdepressionen und Verformungen (Abbildung). Die Möhren wurden im Versuchsjahr 2019 mit vier Beregnungsgängen wiederholt intensiv bewässert, sie entwickelten sich sortentypisch bis zur Ernte und waren von guter Qualität.

Der Möhrenblattfloh war in der gesamten Region Weserbergland, einschließlich der Versuchsfläche zur direkten Bekämpfung von geringer Bedeutung und hatte mit Blick auf die Möhrenerträge und -qualitäten einen sehr geringen Einfluss (Tabelle 13).

Laubgesundheit und -farbe

Bei den Versuchsparametern Laubgesundheit und -färbung konnte in beiden Versuchen 2018 und 2019 neben der Blattkräuselungen während der gesamten Vegetationszeit bis zum Zeitpunkt der Versuchsernte keine Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden. Das Laub war entsprechend der Sorte und des Reifegrades normal entwickelt, es gab keinerlei Krankheitssymptome.



Abbildung 43: Versuchsfläche 2018 am Standort Schwöbber – nicht *T. apicalis*, sondern extreme Trockenheit beeinflusst Bestandesdichten, Qualitäten und Erträge



Abbildung 44: Links nicht marktfähige Möhren, Sorte Nerac F1 am Versuchsstandort Weserbergland, mit Schadsymptomatik verursacht durch *T. apicalis* (nicht abgerundete Möhren mit weißer Wurzelspitze), rechts gesunde und normal ausgereifte Möhren, Sorte Nerac F1, mit abgerundeter Spitze - typisches Zeichen abreifender Möhren im Typ Nantaise (Foto: H. Buck)

4.5.2 Indirekte Regulierung von *T. apicalis*

Feldversuche zur indirekten Regulierung von *T. apicalis* - frühe Aussaatvarianten im Untersuchungsgebiet Uelzen (ON) (2017 – 2021)

In den fünf Projektjahren 2017 – 2021 wurden die Feldversuche in der Region Uelzen/Ostniedersachsen „frühe Aussaatvarianten“ planmäßig durchgeführt. Die Versuche wurden auf Praxisflächen im Raum Uelzen, in den Gemeinden Natendorf (OT Lutmissen und Wessenstedt) und Gerdau, OT Barnsen, angelegt.

Ziel des Versuches war die zeitliche Staffelung verschiedener Aussaattermine bei früh gesäten Verarbeitungsmöhren und deren Bewertung bzw. Vorzüglichkeit hinsichtlich einer Befallsvermeidung durch *T. apicalis*.

Tabelle 33: Versuchsanlage Untersuchungsgebiet ON.

	2017				2018				2019			2020				2021									
PLZ	29587				29581				29581			29581				29587									
Standort	Natendorf-Lutmissen				Gerdau-Barnsen				Gerdau-Barnsen			Gerdau-Barnsen				Natendorf-Wessenstedt									
Fläche	Tannenkamp				Westerwohld				Hofkoppel			Flügelstücken				Heidland									
Boden	lehmiger Sand				lehmiger Sand				lehmiger Sand			lehmiger Sand				lehmiger Sand									
Sorte	Kamaran F1				Bolero F1				Bolero F1	Kamaran F1		Bolero F1				Bolero F1									
Saatstärke	0,95 - 1,0 Mio Korn/ha				0,95 - 1,0 Mio Korn/ha				0,95 - 1,0 Mio Korn/ha			0,95 - 1,0 Mio Korn/ha				0,95 - 1,0 Mio Korn/ha									
Bestandesdichte (Pflanzen/m ²)	44	26	21	36	69	92	83	71	72	62	60	69	77	31	37	51	77	87	52						
Aussaat	10.4.	13.4.	17.4.	27.4.	9.4.	18.4.	27.4.	8.5.	10.4.	30.4.	11.6.	5.5.	14.5.	23.5.	12.6.	13.4.	21.4.	11.5.	21.5.						
Variante	17-1	17-2	17-3	17-4	18-1	18-2	18-3	18-4	19-1	19-2	19-3	20-1	20-2	20-3	20-4	21-1	21-2	21-3	21-4						
Ernte (Hand)	14.09.2017				30.08.2018				25.09.2018			04.09.2019		24.10.				14.09.2020				13.09.2021			
Vegetationstage	157	154	150	140	143	134	151	140	147	127	135	132	123	114	94	153	145	125	115						
Laubbonitur	20.06.2017				26.06.2018				18.06.2019			16.07.2019		29.06.2020				08.06.2021		02.07.2021					
Versuchsanlage	teiltrandomisierte Blockanlage																								
Parzellengröße	3 x 15-20 m, Kernparzelle für Bonituren und Beerntung 5m ²																								

Schaderregermonitoring

Die Versuche wurden durch das *T. apicalis* -Monitoring begleitet.

Aussaat

Die Aussaat erfolgte über alle fünf Versuchsjahre im Zeitraum 10.4. – 12.6. mit den Sorten Kamaran F1 (140 Tage-Sorte) bzw. Bolero F1 (120 Tage-Sorte) und einer für Verarbeitungszwecke üblichen Aussaatstärke von 0,95 - 1,0 Mio Korn/ha. In der Saison 2020 konnten die Möhren wegen der Corona Pandemie mit einer etwa vierwöchigen Verspätung auf der Versuchsfläche eingesät werden (Tabelle 33).

Feldaufgang / Bestandesdichten

Die Auflaufergebnisse bzw. Bestandesdichten waren in den meisten Fällen gut und lagen zwischen 31 – 92 Pflanzen/m². Lediglich in Variante 17-3 konnte mit nur 21 Pflanzen/m² eine sehr niedrige Pflanzendichte ausgezählt werden (siehe Versuchsanlage oben).

Laubkräuselungen / Blattrollen

Das Laub der Möhren wurde auf die durch *T. apicalis* verursachten, typischen Symptome Blattkräuselungen bzw. Blattrollen untersucht. In den einzelnen Versuchsjahren bewegte sich der Anteil symptomtragender Pflanzen auf unterschiedlichen Niveaus (Abbildung 45).

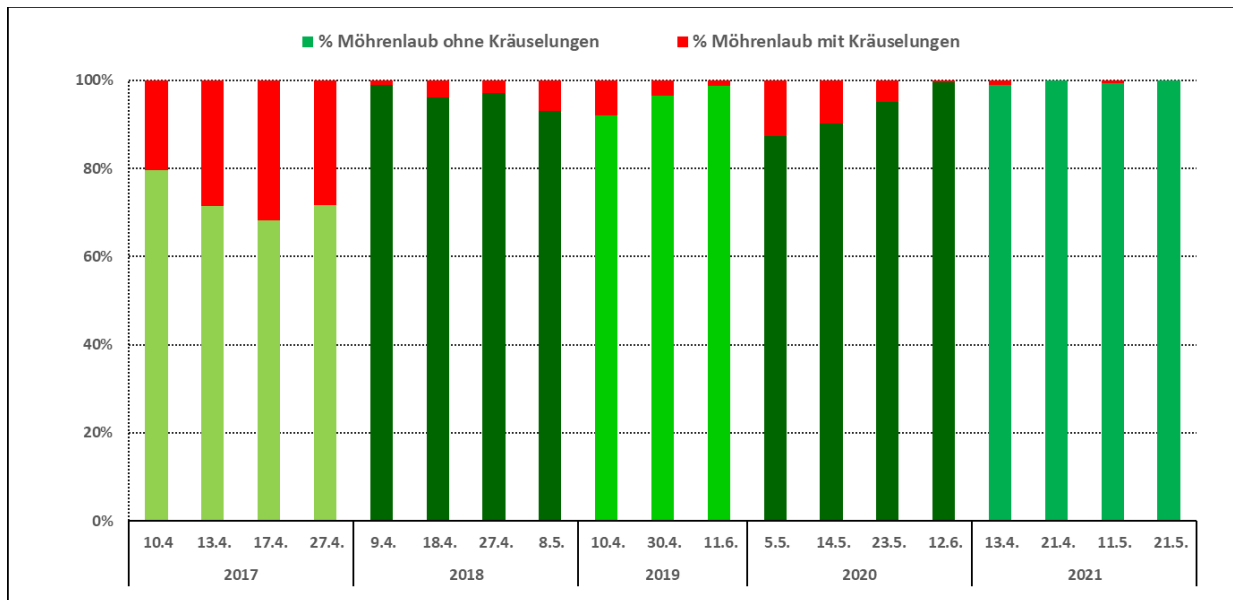


Abbildung 45: Laubgesundheit am Versuchsstandort Ostniedersachsen 2017 - 2021

Die Schlüsselfrage dieser Versuchsreihe war herauszufinden, in welchem Pflanzenstadium der Möhrenblattfloh die Pflanzen schädigt. Abbildung 46 zeigt die Laubkräuselungen nach BBCH-Stadien. Es bestätigte sich die Annahme, dass sich lediglich früh gesäte Möhrensätze ungestört in der empfindlichen Startphase entwickeln können (Abbildung 46). Nach Literaturangaben sind Möhren im Zeitraum Keimblattstadium bis 3. Laubblatt (BBCH 10 – 13) besonders gefährdet. Sehr frühe und intensive Blattsymptome (Abbildung 41) konnten in allen Versuchsjahren nur vereinzelt identifiziert werden.

20	10. Laubblatt																					10. Laubblatt
19	9. Laubblatt																					9. Laubblatt
18	8. Laubblatt																					8. Laubblatt
17	7. Laubblatt																					7. Laubblatt
16	6. Laubblatt																					6. Laubblatt
15	5. Laubblatt																					5. Laubblatt
14	4. Laubblatt																					4. Laubblatt
13	3. Laubblatt																					3. Laubblatt
12	2. Laubblatt																					2. Laubblatt
11	1. Laubblatt																					1. Laubblatt
9 - 10	Auflaufen/ Keimblatt	Symptome Laubkräuselungen / Blattrollen an Keimblättern nicht identifizierbar																			Auflaufen/ Keimblatt	
BBCH	Sätermin	10.4.	13.4.	17.4.	27.4.	9.4.	18.4.	27.4.	8.5.	10.4.	30.4.	11.6.	5.5.	14.5.	23.5.	12.6.	13.4.	21.4.	11.5.	21.5.	Sätermin	
	Variante	17-1	17-2	17-3	17-4	18-1	18-2	18-3	18-4	19-1	19-2	19-3	20-1	20-2	20-3	20-4	21-1	21-2	21-3	21-4	Variante	
		2017				2018				2019			2020				2021					

Abbildung 46: Laubkräuselungen/Blattrollen nach Aussatterminen (= Versuchsvarianten) und BBCH-Stadien am Versuchsstandort Ostniedersachsen 2017 - 2021

■ = Schadempfindliche Phase laut Literatur ■ = Laubkräuselungen/Blattrollen Versuchsvarianten



Abbildung 47: Späte, partielle Laubkräuselungen (qualitativ geringer Laubschaden) am 3. und 4. Laubblatt (BBCH 13 - 14) - Variante 17-4 (Aussaat 27.4.2017) Versuchsstandort Ostniedersachsen 2017 (Foto: H. Buck)



Abbildung 48: Links frühe, nur partielle Laubkräuselungen (geringer qualitativer Laubschaden) am 1. - 4. Laubblatt (BBCH 11-14) - rechts symptomfreie Pflanzen, Variante 20-2 (Aussaat 14.5.2020), Versuchsstandort Ostniedersachsen 2020 (Foto: H. Buck)

Möhrenerträge

Im Allgemeinen können die erreichten Erträge mit etwa 600 - 850 dt/ha als gut eingestuft werden. In den Trockenjahren 2018 und 2019 war es zwar noch möglich die spät gesäten Bestände gut zu etablieren, jedoch fehlte es den Möhren in der Folge erheblich an Wasser bis zur Ernte. Entsprechend lagen die Erträge nur um die 400 dt/ha oder darunter (Abbildung 49).

Eine Beerntung der Varianten 3 und 4 (Versuchsjahre 2020 und 2021) vor dem sortentypischen Reifezeitpunkt erschien sinnvoll, da aufgrund des Saisonverlaufs und der allgemeinen Bestandsentwicklung kaum nennenswerte Mehrerträge zu erwarten waren. Die durch *T. apicalis* potenziell verursachten Symptome am Rübenkörper konnten zum Erntezeitpunkt auch bereits an diesen Varianten identifiziert werden.

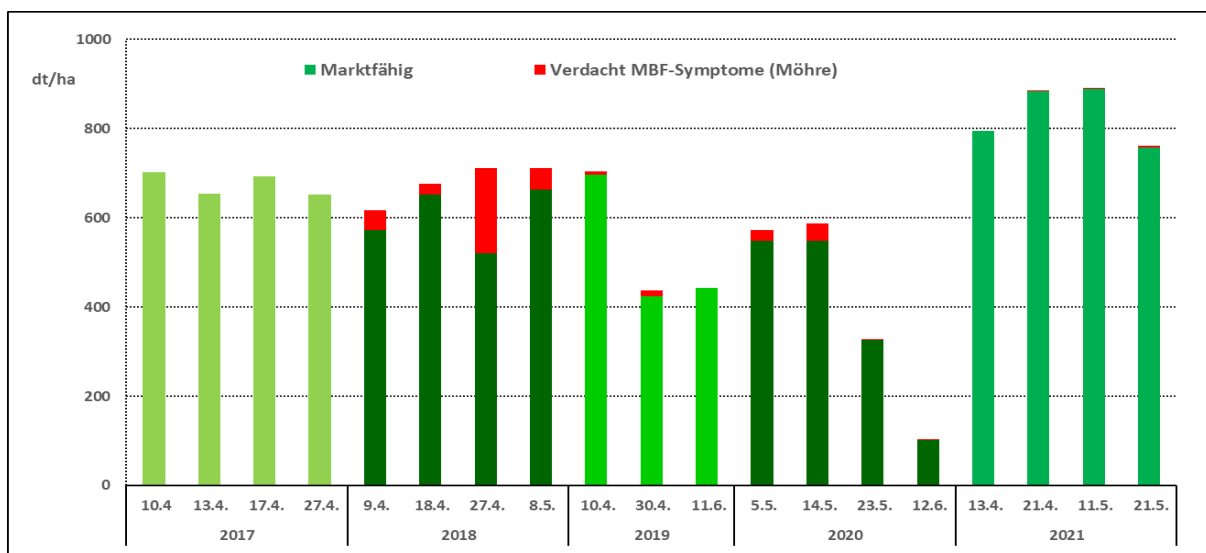


Abbildung 49: Möhrenerträge am Versuchsstandort Ostniedersachsen 2017 - 2021

Schadsymptome am Möhrenkörper zur Ernte

Die Bestimmung von Schadsymptomen am Rübenkörper erwies sich an diesem Standort in allen Versuchsjahren als schwierig. Vor allem in den Jahren 2018 - 2020 fielen die Niederschläge auf der

Versuchsfläche im Vergleich zum langjährigen Mittel deutlich zu gering aus, bei gleichzeitig hoher Evapotranspiration.

Aus vergleichbaren regenarmen Jahren ist bekannt, dass Möhren in Folge langanhaltender Trockenheit (Wachstumsstopp) bei wiedereinsetzendem Wachstum verstärkt Seitenwurzeln und sehr ringelige, spitze Rübenkörper ausbilden können. Auch ein sogenannter Regrow-Effekt kann sich nach ausgeprägten Trockenphasen mit einhergehenden Wachstumsstockungen und anschließender Wiederaufnahme des Wachstums einstellen (Abbildung). Diese Merkmale können den Symptomen ähneln, welche durch *T. apicalis* verursacht werden. Entsprechend schwierig war auch in den jeweiligen Versuchsjahren die Zuordnung verdächtiger Möhren. Auffällige Möhren wurden daher als *Verdachtsfälle* bewertet (vgl. Abschnitt Möhrenerträge oben).

Unklare Ertragsausfälle, potenziell verursacht durch *T. apicalis* oder durch Trockenstress sind der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen.

Tabelle 34: Unklare Ertragsausfälle – Symptome verursacht durch T. apicalis oder Trockenstress.

	2017				2018				2019			2020				2021			
Variante	17-1	17-2	17-3	17-4	18-1	18-2	18-3	18-4	19-1	19-2	19-3	20-1	20-2	20-3	20-4	21-1	21-2	21-3	21-4
Aussaat	10.4.	13.4.	17.4.	27.4.	9.4.	18.4.	27.4.	8.5.	10.4.	30.4.	11.6.	5.5.	14.5.	23.5.	12.6.	13.4.	21.4.	11.5.	21.5.
Ertragsausfall dt/ha	0	0	0	0	45	24	192	47	7	13	0	24	39	2	1	0	3	2	3
Ertragsausfall %	0	0	0	0	7	3	27	7	1	6	0	4,3	6,6	0,5	1	0	0,3	0,2	0,4

Rechnet man die Verdachtsfälle zur ‚Kategorie Trockenstress‘, erreichten auch diese Varianten akzeptable Erträge. Es ist davon auszugehen, dass die sogenannten Verdachtsfälle (Abbildung 50) der saisonbedingten Trockenheit zuzuschreiben und ursächlich nicht bei *T. apicalis* anzusiedeln sind. Demnach wäre der Einfluss von *T. apicalis* auf den Ertrag im gesamten Versuchszeitraum als sehr gering einzustufen.

Laubgesundheit und -farbe

Bei den untersuchten Parametern Laubgesundheit und -färbung konnte in allen Versuchen mit Ausnahme der bereits erwähnten Blattkräuselungen während der gesamten Vegetationszeit bis zum Zeitpunkt der Versuchsernte keine weiteren Auffälligkeiten festgestellt werden. Das Laub aller Varianten war entsprechend der Sorte und des Reifegrades normal entwickelt, es gab keinerlei Krankheitssymptome in Verbindung mit *T. apicalis*.



Abbildung 50: Möhren zur Versuchsernte 2019 - Trockenstresssymptome und Regrow-Möhren, Tendenz zur Ringelung – Verwechslungsgefahr mit den Symptomen verursacht durch den Möhrenblattfloh (Foto: H. Buck)

Feldversuche zur indirekten Regulierung von *T. apicalis* - späte Aussaatvarianten im Untersuchungsgebiet Hameln (WBL) (2018 – 2021)

In der Region Hameln/Weserbergland konnten die Feldversuche zu „späten Aussaatvarianten“ in den Jahren 2018 – 2021 wie geplant umgesetzt werden.

Tabelle 35: Versuchsanlage 2018-2021

	2018			2019			2020				2021			
PLZ	31855													
Standort	Aerzen-Schwöbber			Aerzen-Schwöbber			Aerzen-Schwöbber				Erzen-Schwöbber			
Fläche	Schwöbber Berg			Große Limpke			Surprise				Kirchbreite		Futterfeld	
Boden	Lößlehm			Lößlehm			Lößlehm				Lößlehm			
Sorte	Nerac F1			Nerac F1	Romance F1		Nerac F1	Romance F1			Nerac F1		Romance F1	
Saatstärke	1,6 Mio Korn/ha			1,6 Mio Korn/ha			1,8 Mio Korn/ha		1,6 Mio Korn/ha		1,7 Mio Korn/ha			
Bestandesdichte (Pflanzen/m ²)	134	59	66	66	69	90	103	107	114	93	116	111	109	144
Aussaat	10.06.	15.06.	20.06.	10.06.	15.06.	18.06.	02.06.	08.06.	23.06.	30.06.	11.06.	16.06.	25.06.	27.06.
Variante	18-1	18-2	18-3	19-1	19-2	19-3	20-1	20-2	20-3	20-4	21-1	21-2	21-3	21-4
Ernte (Hand)	09.10.2018			23.10.2019			06.10.2020				28.09.2021			
Vegetationstage	121	116	111	135	130	127	126	119	105	98	109	104	95	93
Laubbonitur	23.07.2018			16.07.2019			17.07.2020				30.07.2021			
Versuchsanlage	Streifenanlage, teilrandomisiert													
Parzellengröße	3 x 15-20 m, Kempzelle für Bonituren und Beerntung 5m ²													

Schaderregermonitoring

Die Versuche wurden durch das *T. apicalis* -Monitoring begleitet.

Aussaat

Die Aussaat erfolgte über alle vier Versuchsjahre gestaffelt im Zeitraum Juni mit den Sorten Romance F1 (115 Tage-Sorte) bzw. Nerac F1 (130 Tage-Sorte) und einer für den Anbau von Frischmarktlagermöhren üblichen Aussaatstärke von 1,6 - 1,8 Mio Korn/ha (Tabelle).

Feldaufgang / Bestandesdichten

2018 – 2019: Die Auflaufergebnisse der Möhren waren 2018 und 2019 aufgrund anhaltender Trockenheit und Hitze unbefriedigend. Die Bestandesdichten lagen 2018 zwischen 59 – 66 Pflanzen/m². Ausnahme bildete die Variante 18-1. Durch einen technischen Fehler bei der Aussaat kam es zu einer zu hohen Kornablage. In dieser Variante wurden 134 Pflanzen/m² gezählt (s. Versuchsanlage). Die Auflaufergebnisse der Varianten 19-1 und 19-2 waren aufgrund der erwähnten, starken Trockenheit und Rekord-Temperaturwerte im Juni 2019 ebenfalls unbefriedigend und führten bei einigen Varianten zu einer hohen Sterblichkeit von Keimlingen bzw. jungen Möhrenpflanzen.

2020 – 2021: Die Auflaufergebnisse der Möhren waren 2020 und 2021 befriedigend, die mittlere Anzahl Pflanzen/m² lag zwischen 93 – 144 (s. Versuchsanlage).

Laubkräuselungen / Blattrollen

2018 - 2019: Die Präsenz des Möhrenblattflohs (vgl. Fangzahlen Tabelle 13) lag auf einem geringen Niveau, es wurden kaum Schaderreger gefangen. Entsprechend zeigten sich auch Blattsymptome in Form von Kräuselungen bzw. Blattrollen nur sehr selten. Sie können mit 0,5 – 2,2% beziffert werden. Je später gesät wurde, desto geringer fallen die Symptome an den Laubblättern aus (Abbildung). 2019 konnten Befallssymptome an noch weniger Möhrenpflanzen bonitiert werden. Lediglich am ersten Aussaattermin 10.6.2019 (Variante 19-1) war starkes Blattrollen an 0,3% der Pflanzen sichtbar.

Wenn 2018 und 2019 Schadsymptome an den Pflanzen auftraten, dann zumeist sehr früh am 1. - 2. Laubblatt und sehr stark (vgl. Abbildung 41). Es kann dementsprechend von einem ‚hohen qualitativen Schaden‘ an betroffenen Pflanzen ausgegangen werden. Da der Schaden in Summe relevanter Pflanzen jedoch nicht von Bedeutung war, ist es sehr wahrscheinlich, dass bei möglichen Pflanzenausfällen benachbarte Möhren diesen Ausfall ertraglich kompensieren konnten.

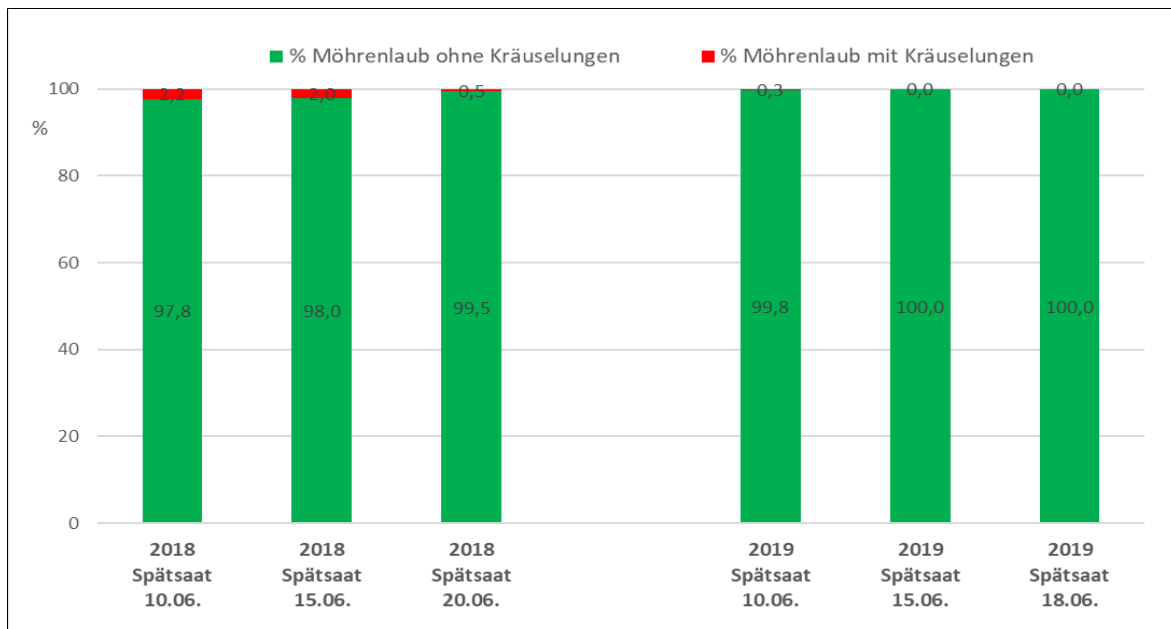


Abbildung 51: Laubgesundheit Spätsaatvarianten am Versuchsstandort Schwöbber 2018 – 2019

2020 – 2021: Zum Zeitpunkt der Laubbonituren Mitte Juli 2020 bzw. Ende Juli 2021 konnte bei keiner Variante Schadsymptome anhand von Laubkräuselungen festgestellt werden (Abbildung 52).

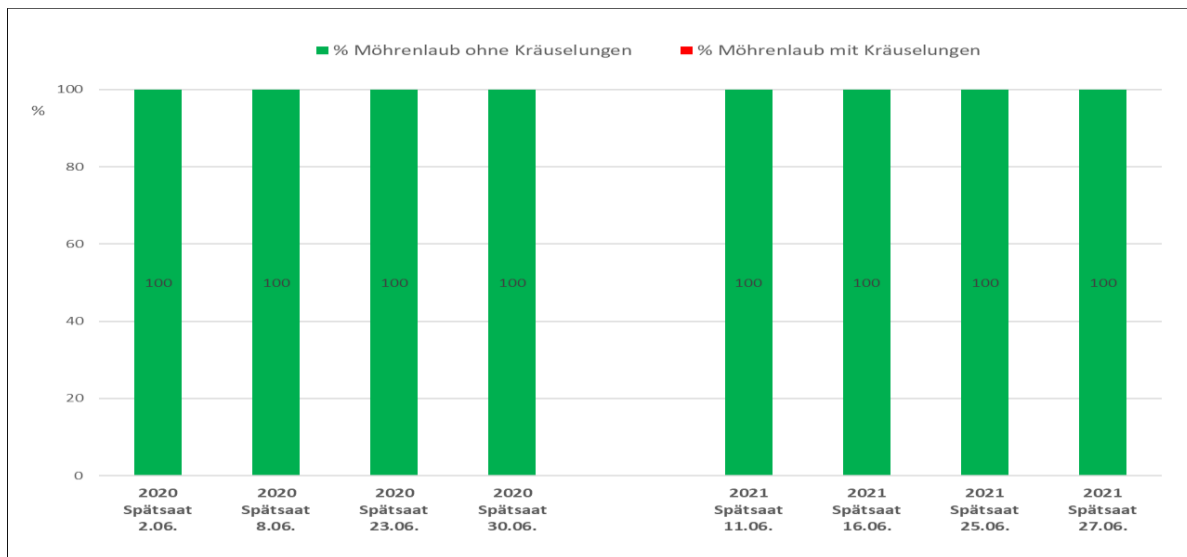


Abbildung 52: Laubgesundheit Spätsaatvarianten am Versuchsstandort 2020 - 2021

Möhrenerträge

2018 – 2019: Das Bruttoertragsniveau war 2018 mit 386 – 542 dt/ha sehr niedrig (Abbildung). Hauptursache war, wie oben erwähnt, die geringe Bestandesdichte. Mit Blick auf den Anteil vermarktungsfähiger Möhren erzielte die Varianten zwischen 272 und 337 dt/ha. *T. apicalis* hatte kaum Einfluss auf den Ertrag und die Qualität der Möhren zur Ernte (Abbildung Abbildung 53).

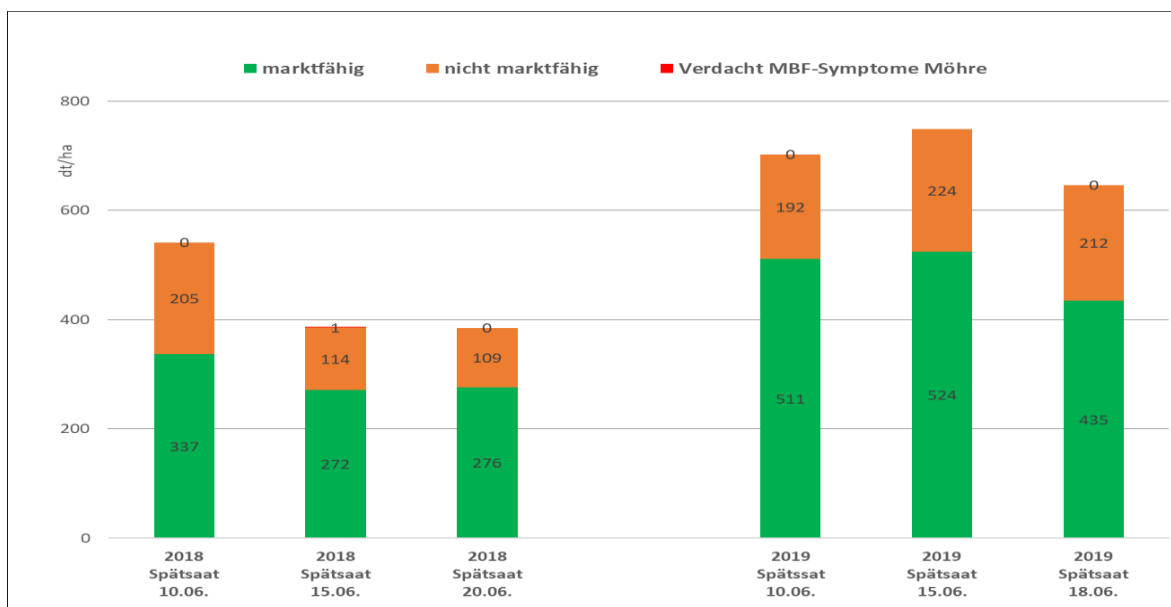


Abbildung 53: Erträge Spätsaatvarianten am Versuchsstandort Schwöbber 2018 – 2019

2020 – 2021: Die Erträge wurden durch Handbeerntung der Kernparzellen (5 m²) ermittelt. Das Bruttoertragsniveau lag 2020 mit 742 dt/ha (Variante 20-1) und 730 dt/ha (Variante 20-2) auf einem guten Niveau (Abbildung 54). Variante 20-3 (508 dt/ha) und Variante 20-4 (521 dt/ha) konnten aufgrund des vorgezogenen Erntetermins am 6.10.2020 nicht ihr volles Ertragspotential ausschöpfen. Der Möhrenblattfloh hatte 2020 keine Auswirkungen auf den Ertrag.

Der Erntetermin 28.9.2021 lag ebenfalls deutlich vor der Abreife der verwendeten Sorten. Die Ausbeuten (marktfähiger Ertrag) lagen über alle Varianten jedoch in einem guten bis sehr guten Bereich. *T. apicalis* war auch 2021 nicht ertragswirksam.

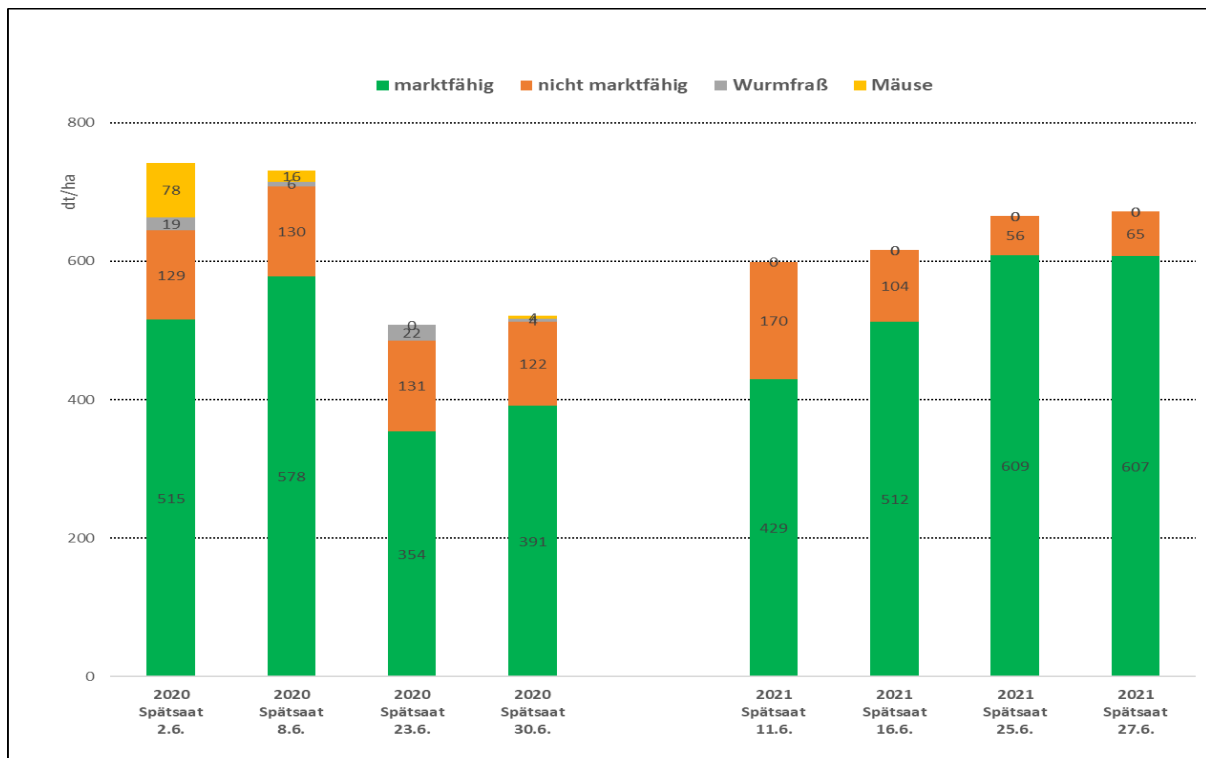


Abbildung 54: Erträge Spätsaatvarianten am Versuchsstandort Schwöbber 2020 - 2021

Eine Beerntung der Varianten 20-3 und 20-4 bzw. 21-3 und 21-4 vor dem sortentypischen Reifezeitpunkt erschien sinnvoll, da durch das sehr geringe Schaderregeraufkommen im Vorfeld der Ernte keine sichtbaren Schadsymptome an Laub und Rübenkörper zu verzeichnen waren. Die Ertragsdaten belegen, dass es zu keinen Schäden durch den Möhrenblattfloh kam, und der Schädling in den beiden letzten Versuchsjahren am Standort Aerzen-Schwöbber nicht ertragsbeeinflussend war. Ein Vorziehen des Erntetermins erschien daher aus Zeit- und Kostengründen erstrebenswert.

Schadsymptome am Möhrenkörper zur Ernte

Lediglich im ersten Versuchsjahr 2018 zeigten ein paar geerntete Möhren Schadsymptome, hervorgerufen durch *T. apicalis*. Die Möhren entwickelten sich ansonsten sortentypisch. Der Möhrenblattfloh war in diesen Versuchen kein ertrags- und qualitätsbestimmender Faktor.

Laubgesundheit und -farbe

Bei den untersuchten Parametern Laubgesundheit und -färbung konnte in allen Versuchen mit Ausnahme der bereits erwähnten Blattkräuselungen während der gesamten Vegetationszeit bis zum Zeitpunkt der Versuchsernte keine weiteren Auffälligkeiten festgestellt werden. Das Laub aller Varianten war entsprechend der Sorte und des Reifegrades normal entwickelt, es gab keinerlei Krankheitssymptome oder andere Auffälligkeiten (Abbildung 55).



Abbildung 55: Möhrenernte Spätsaatvarianten am 28.9.2021 Versuchsstandort Schwöbber – gesunde Möhren mit einer dem Reifegrad entsprechenden, typischen Laubqualität

5. Diskussion der Ergebnisse

5.1 Zeitliches Auftreten von *T. apicalis* (JKI)

Flug- und Befallsüberwachung

Zu Beginn des Projektes 2017 wurden die höchsten Zahlen *T. apicalis* im Monitoring gemessen. Danach sanken die Zahlen kontinuierlich in den beiden Untersuchungsgebieten ON und WBL. 2018 und 2019 herrschten in den Sommermonaten hohe Temperaturen und es fiel nur sehr wenig Niederschlag. In diesen beiden Jahren nahmen die Populationen anderer Insekten ebenfalls ab, was sicherlich auch auf die Witterungsbedingungen zurückzuführen ist. 2021 war die Witterung wieder gemäßigter und die Zahl *T. apicalis* stieg im Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen wieder etwas an. Die Population erholte sich langsam nach den drei Jahren mit schwierigen Klimabedingungen. Ob sie allerdings das Ausgangsniveau von 2017 erreichte oder sogar überschritt, bleibt fraglich. In den Jahren vor Projektstart, unterlagen die Klimabedingungen keinen solch starken Extremwetterereignissen wie 2018-2020. Es ist also davon auszugehen, dass die Population, die sich 2017 im Monitoring gezeigt hat, die momentan höchste dokumentierte Populationsdichte ist.

Bereits 1977 hat Rygg (1977) festgestellt, dass die Populationsdichte von *T. apicalis* stark schwankend ist. Aus Untersuchungen in Schweden sind ebenfalls stark schwankende Populationen von *T. apicalis* bekannt (Ragnarsson and Wikström 2016). 2006 wurden in dieser Studie 25 *T. apicalis* pro Woche und Falle gefangen. Danach sank die Anzahl kontinuierlich bis sie 2012 nur noch null bis einen *T. apicalis* pro Woche und Falle betrug. Fischer berichtet ebenfalls davon, dass die Population dieser Blattflohart etwa alle zehn Jahre steigt, zwei bis drei Jahre auf diesem erhöhten Niveau bleibt und dann wieder sinkt (Fischer & Auer 2008). Während der Projektlaufzeit von 2017-2021 wurde keine Populationsdichte gemessen, die zu gravierenden ökonomischen Schäden geführt hat, weder direkt durch Saugschäden noch indirekt durch Lso Infektion. Ob bei günstigeren Witterungsbedingungen eine solche Populationsdichte erreicht werden kann, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht beantwortet werden.

Fischer und Terrettaz (2002) haben die Schadschwelle ausgehend von der in 2002 in der Schweiz herrschenden Zulassungssituation und dem finanziell zu erwartenden Ertrag berechnet. In den Folgejahren wurde die Schadschwelle von Sauer und Fischer (2014) angepasst und mit 0,2 *T. apicalis* pro Falle und Tag angegeben. Fischer et al. (2013) beschreiben 30 bis 60 *T. apicalis* pro Woche auf fünf

Fallen, als moderaten Befall. Diese Schadschwellen sind für den Möhrenanbau in der Schweiz und entsprechenden Verhältnisse (Witterung, Anbauverfahren etc.) definiert. Diese Verhältnisse treffen auf den Möhrenanbau in den beiden Untersuchungsgebieten in Deutschland nicht zu, weshalb auch die für die Schweiz definierte Schadschwelle nicht angewendet werden kann (siehe auch Sauer et al. 2020). Sowohl die definierte Schadschwelle als auch der „moderate Befall“ wurden in der fünfjährigen Projektlaufzeit jeweils auf mindestens einer Fläche pro Jahr überschritten. Jedoch blieben gravierende Ertragseinbrüche und damit ökonomische Schäden aus.

Es ist davon auszugehen, dass sowohl die Ausgangspopulation als auch die vorherrschenden Klimabedingungen, der Anbauumfang und konventionelle, integrierte oder ökologische Bewirtschaftung der Flächen die aktuelle Populationsdichte von *T. apicalis* beeinflussen. In Finnland wurden 2016 und 2017 bis zu 100 *T. apicalis* pro Falle gefangen (Nissinen et al. 2020). Ein Rekordhoch wurde 2014 mit etwa 500 *T. apicalis* pro Falle verzeichnet (Haapalainen et al. 2018). Solche Zahlen wurden in Niedersachsen während der fünfjährigen Projektlaufzeit nicht annähernd erreicht. Die höchste wöchentliche Fangzahl lag bei 56 Individuen (Betrieb B1 2018) und die höchste Gesamtzahl *T. apicalis* über einen Zeitraum von 12 Wochen bei 169 Individuen (Betrieb V 2020). Je geringer die Ausgangspopulation ist, desto weniger Nachkommen werden produziert und desto geringer ist der Befallsdruck im Folgejahr.

In Finnland sind Möhren die wichtigste Feldfrucht (Haapalainen et al. 2017). Der Anbau ist klimatisch bedingt auf den südlichen Landesteil begrenzt. In Deutschland hingegen werden auf 14900 ha Möhren angebaut und das Anbauggebiet verteilt sich über die gesamte Fläche Deutschlands, wobei eine Konzentration u.a. in mehreren norddeutschen Regionen liegt. Je häufiger und großflächiger eine Kultur räumlich begrenzt angebaut wird, desto höher kann auch der Schaderregerdruck sein. Aufgrund der klimatischen Bedingungen unterscheidet sich die Entwicklungsdauer der Möhren in den verschiedenen Ländern. In Finnland sind die Möhren zum Zeitpunkt des Befalls mit *T. apicalis* erst am Auflaufen und damit besonders empfindlich gegenüber dem Schadinsekt (Nissinen et al. 2020).

2019 wurden fünf Versuchsflächen im Untersuchungsgebiet ON charakterisiert, um näherungsweise beeinflussende Faktoren für einen *T. apicalis* Befall zu identifizieren. Koniferen im Allgemeinen und Fichten und Kiefern im Besonderen gelten als die Überwinterungshabitate von *T. apicalis* (Valterova et al. 1997). Interessanterweise war in unmittelbarer Nähe zur Möhrenfläche *Rohstofer Straße* auf der im Monitoring die meisten *T. apicalis* gezählt wurden, kein Nadelbaum gestanden. Die Flächen an denen Nadelbaumbestände zu finden waren, wiesen deutlich weniger *T. apicalis* im Monitoring auf als die Fläche *Rohstofer Straße*. Koniferen als Überwinterungshabitat werden hauptsächlich aus skandinavischen Ländern berichtet. Dort gibt es im Winter kaum krautige oder immergrüne Pflanzen im Winter (Nehlin et al. 1996). Ganz anders in Deutschland, wo es auch im Winter immergrüne Pflanzen und daher potenziell mehr Schutzmöglichkeiten für die Überwinterung gibt. Bereits Bey (1931) hat von *T. apicalis* an Obstbäumen berichtet und Mühle (1953), dass *T. apicalis* sich auch an Bäumen oder Hecken aufhalten. An der Fläche *Rohstorfer Straße* standen mehrere Laubbäume und sogenannte Knicks mit verschiedenen Büschen. Es besteht die Möglichkeit, dass *T. apicalis* nicht zwingend ausschließlich Koniferen zur Überwinterung nutzt, wenn andere Möglichkeiten zur Verfügung stehen. 2017 und 2018 lagen die Möhrenflächen des Betriebes B1 direkt nebeneinander, nur getrennt durch einen Feldweg. 2017 konnten nicht alle Möhren geerntet werden, sodass ein Teil der Möhren über den gesamten Winter auf der Fläche verblieb. 2018 lag die Anzahl *T. apicalis* auf der gegenüber liegenden Fläche deutlich höher als auf allen anderen Flächen in diesem Jahr. Möglich ist, dass *T. apicalis* auch auf zurückgelassenen Möhren überwintern kann, wenn diese nicht geerntet werden. Laska (1974) und Ozols (1925) berichten ebenfalls von einer Überwinterung von *T. apicalis* auf Möhren. Im gesamten Projektzeitraum lagen die Flächen vom Betrieb B1 nur wenige Meter voneinander entfernt, abgesehen von 2018. Die Flächen wiesen in den Jahren 2017, 2018 und 2021 die höchsten *T. apicalis* Fangzahlen aller untersuchten Flächen auf. Je geringer der Abstand zwischen Möhrenflächen in Folgejahren ist, desto höher kann der Befallsdruck durch *T. apicalis* werden. 2019 lag die Möhrenfläche etwa 300 m entfernt zu den beiden Vorjahresflächen. Dies könnte ein Grund für den vergleichsweise niedrigen *T. apicalis* Befall auf der Fläche 2020 sein. Die Fläche 2021 lag wieder im

gleichen Gebiet wie die Flächen 2017, 2018 und 2020, was wiederum zu einem erhöhtem *T. apicalis* Aufkommen auf der Fläche 2021 geführt haben könnte. Möhren sollten daher nicht auf direkt angrenzenden Flächen in Folgejahren angebaut werden.

Aus den Monitoringzahlen 2019 könnte man schließen, dass sich *T. apicalis* für den Zuflug in die Möhrenflächen an dem Vorhandensein bzw. dem phänologischen Stadium der Möhren orientieren. Was allerdings im Widerspruch zu Ergebnissen von Laska (2013) steht, der behauptet die Migration von *T. apicalis* sei unabhängig von der lokalen Phänologie der Wirtspflanze. Die Möhren der Fläche Hofkoppel wurden Mitte April gesät, die meisten *T. apicalis* (15 Individuen) wurden in KW 23/24 (Anfang/Mitte Juni) gefangen. Zu diesem Zeitpunkt waren die Möhren in BBCH 15-16. Die höchste Anzahl *T. apicalis* (13 Individuen) auf der Fläche Priorsfeld wurde in KW 25/26 (vorletzte/letzte Juniwoche) gefangen, also drei Wochen später als auf Hofkoppel. Die Möhren wurden in KW 19 Mitte Mai, also 4 Wochen später gesät als auf Hofkoppel. Die Möhren befanden sich zu diesem Zeitpunkt in BBCH 10-12, also im empfindlichen Stadium. In der Studie von Nissinen et al. (2020) in Finnland sind die Möhren zum Zeitpunkt des Zufluges im Keimblattstadium und damit hoch vulnerabel gegenüber einem Befall mit *T. apicalis*. Das erklärt auch die höheren Ertragsausfälle im Vergleich zu deutschen Möhrenflächen und Befallsereignissen.

Ein Zusammenhang zwischen dem Zuflug von *T. apicalis* auf die Möhrenflächen und dem phänologischen Stadium der Möhrenpflanzen wurde vermutet. Weitere Faktoren wie Temperatur und Luftdruck dürften aber ebenfalls eine Rolle spielen. Insgesamt schwankte der Beginn der Flugaktivität auf den untersuchten Möhrenflächen während der Projektlaufzeit aber nur in geringem Maße. Zwischen den beiden Untersuchungsgebieten schwankte der Flugbeginn jedoch zum Teil erheblich. 2020 wurden in ON die ersten *T. apicalis* bereits in KW 21/22 (vorletzte Maiwoche) gefangen, im WBL jedoch erst in KW 24/25 (Mitte Juni). Auch im Jahr darauf wurden im WBL erst zwei Wochen später erste *T. apicalis* gefangen. Aufgrund des Schadpotentials durch *T. apicalis* im Zeitraum unmittelbar vor Projektbeginn, wird im WBL seit einigen Jahren oft sehr viel später ausgesät (ab etwa Mitte Juni), als in ON (ab März/April). Das bedeutet, wenn *T. apicalis* im Mai/Juni anfängt aus den Überwinterungsquartieren auszuschwärmen, findet er im WBL keine bzw. nur wenige, verstreut liegende Möhrenflächen vor. Bis der Großteil der Möhren aufgelaufen sind, ist die Schwärmerei im WBL von *T. apicalis* bereits mehr oder weniger vorbei, sodass kein oder nur geringer Befall stattfindet.

Mit dem Fallenraster sollte ermittelt werden, von welcher Seite *T. apicalis* auf die Flächen einfliegt. Die Hauptwindrichtung ist in Deutschland von West nach Ost. Kristoffersen & Anderbrandt (2006) vermuten aufgrund der geringen Größe von *T. apicalis* einen passiven windabhängigen Transport. In den Versuchen mit dem Fallenraster konnte kein Muster zwischen der Anzahl gefangener *T. apicalis* an den vier Flächenseiten und der vorherrschenden Windrichtung festgestellt werden. Allerdings waren die *T. apicalis* Fangzahlen des Fallenrasters sehr gering und schwankten statistisch gesehen alle um Null. Das kann vielfältige Ursachen haben. Die Fallen standen im Fallenraster alle am Feldrand und waren in etwa 65 cm Höhe angebracht. Im Gegensatz dazu standen die Fallen des punktuellen Monitorings auch im Bestand und wurden mit dem Aufwachsen der Kultur in der Höhe variiert.

Mit dem partiellen Fallenraster sollte der Einfluss des Standortes der Fallen, sowie der Abstand der Falle zur Möhre evaluiert werden. Die Fallen der Variante 1 waren in ca. 65 cm Entfernung zu den Möhren angebracht. Die Fallen der Variante 2 waren zunächst bodennah befestigt und wurden mit dem Aufwuchs der Pflanzen weiter nach oben gerückt. Es ist entscheidend in welcher Höhe und damit Entfernung zur Möhre die Fallen aufgehängt sind. Je weiter die Falle von der Pflanze entfernt war, desto weniger *T. apicalis* wurden darauf gefangen. Im Durchschnitt wurden auf den Fallen 4 bis 6 (Variante 2) in der ersten/zweiten/dritten Woche 4,3/2,3/1,7 *T. apicalis* pro Falle gefangen. Davon abgesehen hat auch der Standort der Fallen eine Auswirkung. Die Klebefallen des punktuellen Monitorings, waren immer in Höhe der aufwachsenden Pflanze angebracht. Auf Falle B, die 20 m im Bestand stand, wurden in KW 23/24/25 zwei Männchen/zwei Männchen/zwei Männchen und ein Weibchen gefangen. Im partiellen Fallenraster wurden ebenfalls mehr *T. apicalis* auf den Fallen der Variante 2 gefangen. Insgesamt wurden im Durchschnitt im partiellen Fallenraster jedoch weniger *T. apicalis* gefangen (2/2/1,5 pro Falle und Woche) als im punktuellen Monitoring.

Auffallend ist, dass unabhängig von der Monitoringmethode auf allen Flächen mehr Männchen als Weibchen auf den orangefarbenen Klebetafeln gefangen wurden. Auf den Fallen des partiellen Fallenrasters wurde dies besonders deutlich. Von anderen Blattfloharten ist bekannt, dass die Anzahl der vorhandenen Männchen eine Rolle in der Ausbildung der Fertilität der Weibchen spielt. Bei *Cacopsylla pyri* (Gemeiner Birnblattsauger) müssen doppelt so viele Männchen wie Weibchen vorhanden sein (Burts & Fischer 1967) und bei *Trioza erytrea* (African citrus psyllid) sogar die fünffache Anzahl Männchen (Van den Berg et al. 1991). Für *T. apicalis* ist bisher nicht bekannt, welches Geschlechterverhältnis optimal ist, um die volle Fruchtbarkeit zu erreichen. Sollte, wie bei den beiden genannten Arten, das Verhältnis der Geschlechter in Richtung der Männchen verschoben sein, wäre diese Bedingung auf den untersuchten Flächen erfüllt. Trotzdem wurden kaum Larven an den Pflanzen gefunden, was wiederum gegen eine optimale Vermehrung spricht. Villeneuve et al. (2017) haben in einem Versuch mit gelben Wasserfallen ebenfalls eine höhere Fangquote der Männchen von *Bactericera trigonica*, *Trioza galii* und *Trioza urticae* gemessen. Für *Bactericera trigonica* betrug diese sogar 94,5 %. 2019 wurde zusätzlich zum Monitoring eine Erhebung innerhalb der Fläche durchgeführt. Die Fangzahlen waren extrem gering; jedoch wurden überwiegend Weibchen gefangen. Unklar ist bisher, ob die Fallen aller Art durch ihre orange/gelbe Farbe eine erhöhte Attraktivität für Blattfloh Männchen im Allgemeinen und *T. apicalis* im Besonderen darstellen und deshalb mehr Männchen als Weibchen auf den Klebetafeln gefangen wurden.

Für ein effektives Monitoring, vor allem bei geringer Populationsdichte von *T. apicalis* ist es sinnvoll, die Klebefallen möglichst weit innerhalb der Fläche aufzustellen und die einzelnen Fallen möglichst in gleicher Höhe des Pflanzenaufwuchses zu befestigen und die Höhe mit dem Pflanzenaufwuchs zu variieren.

Befallssituation von Möhren auf Praxisflächen

Die Besiedelung der Möhrenflächen wurde anhand der Schadsymptome an Blättern und dem Vorhandensein von Larven gemessen.

Die Schadsymptome an den Blättern nahmen in beiden Untersuchungsgebieten kontinuierlich von 2017-2019 ab und stiegen danach ganz leicht wieder an. Wobei es auch 2020 und 2021 mehrere Flächen gab auf denen keinerlei Schadsymptome gefunden wurden. Auch die Populationsdichte von *T. apicalis* nahm in gleichem Maße ab. Ein Zusammenhang zwischen der Anzahl *T. apicalis* und den Schadsymptomen konnte jedoch nicht festgestellt werden. Zum Beispiel wurden 2017 auf der Fläche Reinstorfer Straße (Untersuchungsgebiet ON) 161 *T. apicalis* gefangen und an 13 % der untersuchten Möhren Schadsymptome festgestellt. Auf der Fläche Tannenkamp mit lediglich 58 gefangenen *T. apicalis* wurden jedoch an 22 % der untersuchten Möhren Schadsymptome festgestellt. 2018 waren auf der Fläche Heide 144 *T. apicalis* verzeichnet und an 5 % der untersuchten Möhren Schadsymptome an den Blättern und 2020 auf der Fläche Flögel Stücken 169 *T. apicalis* und an 5 % der untersuchten Möhren Schadsymptome zu finden. Darüber hinaus wiesen die wenigsten Möhrenpflanzen mit Schadsymptomen eine starke Deformierung des Laubes auf. Im überwiegenden Anteil der Fälle handelte es sich lediglich um partielle Laubkräuselungen einzelner Blätter oder sogar nur um partielle Kräuselungen an einem einzelnen Blatt. Die Anzahl der auf den Klebtafeln gefangenen *T. apicalis* steht in keinem Zusammenhang mit den Schäden an den Möhrenpflanzen. Wie hoch die Anzahl *T. apicalis* sein muss, damit ein ökonomisch relevanter Schaden entsteht, konnte aufgrund der insgesamt sehr geringen Populationsdichten in diesem Projekt nicht ermittelt werden. Mit den Ergebnissen aus diesem Projekt lässt sich sagen, dass mit Fangzahlen unter 100 Möhrenblattflöhen pro Woche, nicht mit relevanten Ertragsminderungen zu rechnen ist. Sauer und Fischer (2014) geben die Schadschwelle mit 0,2 *T. apicalis* pro Falle und Tag, sowie 3 % verkrüppelte Keimlinge bis zum 5-Blattstadium an. Sowohl die Anzahl *T. apicalis* als auch der Anteil geschädigter Möhren waren auf den in diesem Projekt untersuchten Möhrenflächen zum Teil um ein Vielfaches über dem oben genannten Schwellenwert. Dennoch erfolgten keine Ertragseinbußen oder gar – ausfälle. Eine Übertragung der für Schweizer Verhältnisse von Sauer und Fischer (2014) definierten Schadschwelle auf die Untersuchungsgebiete ON und WBL ist somit nicht möglich (siehe auch Sauer et al. 2020).

In einem Vorversuch wurde zusätzlich untersucht, ob es Unterschiede in den Schadsymptomen verursacht durch männliche und weibliche *T. apicalis* und *Lygus rugulipennes* an Karotten gibt. Die Schadsymptome in Form von Kräuseln und Verfärbungen am Laub wurden bonitiert. Interessanterweise wurden an keiner einzigen Möhrenpflanze Kräuseln hervorgerufen; weder durch *T. apicalis* noch durch *L. rugulipennes*. Aus Zeitgründen konnte dieser Versuch nicht wiederholt werden.

Auch die Anzahl der Larven des MBF an den Möhren auf den Praxisflächen lag auf einem sehr geringen Niveau. Im Durchschnitt wurden 2020/2021 nur 2,0/2,6 *T. apicalis* pro Pflanze gefunden. In Untersuchungen von Nissinen et al. (2014), haben 10 und mehr Larven signifikant mehr gekräuselte Blätter hervorgerufen und den Ertrag reduziert (nicht signifikant). Dies wird nochmals deutlich, indem keine Ertragsausfälle in Möhren durch die im Projekt involvierten Landwirte gemeldet wurden.

5.2 Biologie von *T. apicalis* (JKI)

Beobachtung und Beschreibung der Entwicklung vom Ei bis zum Imago und Erfassung entwicklungsrelevanter Parameter

Kontinuierlich wurden die Ablage von Eiern und das Auftreten der Larven und neuen Adulten in jedem Zuchtkäfig beobachtet, um die Entwicklungsdauer vom Ei bis zum Imago zu dokumentieren. Rygg (1977) gibt die Entwicklungsdauer vom Ei bis zum Imago inklusive Präoviposition bei 21 °C mit durchschnittlich 63 Tagen an. Allerdings werden keine Angaben zu Luftfeuchte oder Tageslängen bzw. Lichtdauer gemacht. Die Zucht am JKI-G ist mit 20/4 Stunden Licht/Dunkel und 20/17 °C eingestellt. Ebenfalls in der Zucht dokumentiert wurden die Temperatur- und relative Luftfeuchtwerte in der Klimakammer und deren Einfluss auf die Entwicklung von *T. apicalis*. In bisherigen Veröffentlichungen wird die relative Luftfeuchte mit 40-50 % angegeben (Nissinen et al. 2007, Nissinen et al. 2008). In der Klimakammer am JKI, lässt sich die Feuchte nicht einstellen und hängt von den Außentemperaturen und -feuchten ab. Im Durchschnitt herrschen ca. 70 % relative Luftfeuchte. Im Winter sank die relative Luftfeuchte auf etwa 30 % ab. In diesem Zeitraum wurde eine explosionsartige Vermehrung des Insekts verzeichnet. Es ist davon auszugehen, dass eine relative Luftfeuchte von 30 % bis 50 % optimal ist. Höhere relative Luftfeuchten werden bis zu einem gewissen Maß toleriert. Als die relative Luftfeuchte jedoch nahezu 100 % betrug, ist die Insektenpopulation in der Zucht eingebrochen.

Mit der stabilen Zucht standen auch genügend Insekten für weitere Vorversuche zur Fertilität und dem Eiablageverhalten von *T. apicalis* Weibchen Verfügung.

Die Eiablagekapazität pro Weibchen wird von Laska (2011) mit 834-946 angegeben, Ozols (1925) gibt 420-761 Eier pro Weibchen an und Husas (1940) hat bis zu 700 Eier pro Weibchen angegeben. In einem Versuch mit kleiner Stichprobe wurde die Fertilität von *T. apicalis* Weibchen untersucht. Einzelne *T. apicalis* Weibchen wurden an Möhrenkeimlinge gesetzt und die Eiablage über mehrere Tage/Wochen beobachtet. In dem Versuch wurden *T. apicalis* Weibchen aus der JKI Zucht verwendet, deren exaktes Alter nicht bestimmt wurde. Es kann daher sein, dass auch Weibchen verwendet wurden, die schon etwas älter waren und daher weniger Eier abgelegt haben.

Die Eier wurden vermehrt tagsüber und vereinzelt auch abends/nachts abgelegt. Im Durchschnitt wurden pro Weibchen nicht definierten Alters 145 Eier abgelegt, die Spannweite war jedoch mit 13-246 Eiern sehr groß.

Um das Eiablageverhalten im Feld nachvollziehen zu können, wurde ein weiterer kleiner Versuch im Labor durchgeführt. Es machte keinen Unterschied, ob nur ein einzelnes Weibchen oder ein Paar von einem Weibchen und einem Männchen an der Pflanze saugt. In beiden Fällen werden nach 5-8 Tagen die Schadsymptome in Form von Kräuseln an den jungen Möhren sichtbar. Die Pflanze hatten zu diesem Zeitpunkt bereits das erste bzw. zweite Laubblatt ausgebildet, welches gekräuselt war. Rygg (1977) stellte fest, dass Möhrenpflanzen mit zwei bis vier Blättern gegenüber Pflanzen mit Keimblättern für die Eiablage bevorzugt werden. Das Zusammentreffen von Möhren in frühen Entwicklungsstadium und die Ankunft von *T. apicalis* auf den Möhrenflächen gilt es auf den Anbauflächen zu vermeiden. Das Befallsfenster wäre in Abhängigkeit des Aussaattermins nur sehr klein. Im Untersuchungsgebiet ON war ein Zusammentreffen 2021 z.B. nur auf der Fläche mit der

Aussaat im April gegeben. Dort wurde in KW 21 der erste *T. apicalis* gefangen und die Pflanzen waren zu diesem Zeitpunkt in BBCH 12.

Sessilität von *T. apicalis* an Möhrenpflanzen

Für das Befallsgeschehen im Freiland ist es wichtig, die Aktivität eines Schadinsektes innerhalb einer Fläche zu kennen.

Laska (2011) hat festgestellt, dass *T. apicalis* Strecken von bis zu 60 cm überwinden kann. Im Gegensatz dazu stehen die Erkenntnisse von Rygg (1977), der *T. apicalis* als sehr stationär beschreibt. Fischer & Terrettaz (2002) haben festgestellt, dass der Möhrenblattfloh sich bevorzugt am Laub der Möhren aufhält, sobald er sich auf einer Möhrenfläche etabliert hat. Bisher konnte nicht geklärt werden, wann, aus welchem Grund und mit welcher Frequenz *T. apicalis* eine Futterpflanze verlässt und eine andere Futterpflanze aufsucht.

Abwanderungsverhalten im Spätsommer

Mit diesem Versuch sollte die Präferenz von *T. apicalis* für drei Koniferenarten ermittelt werden. In einer Studie von Kristoffersen und Anderbrant (2007) wurde die Vorliebe von *T. apicalis* für verschiedene Nadelbäume untersucht. In dieser Studie wurde die Gemeine Fichte (*Picea abies*) bevorzugt gegenüber der Waldkiefer (*Pinus Sylvestris*) und dem gemeinen Wacholder (*Juniperus communis*) (Kristoffersen und Anderbrant, 2007).

In den Untersuchungen wurden 36 ausgepflanzte Koniferen auf Befehl mit *T. apicalis* untersucht. An keiner Konifere wurden *T. apicalis* gefunden.

Überwinterungsstrategien: Freilandversuch zur Überwinterung von *T. apicalis* im Insektarium

In der Dauerzucht am JKI-G werden *T. apicalis* bisher dauerhaft bei Konditionen gehalten, die dem Sommer entsprechen. Im Freiland wandert *T. apicalis* im Herbst jedoch von der Möhre in ein Überwinterungsquartier bzw. auf Koniferen (Kristoffersen et al. 2007) ab. Es stellt sich die Frage nach der Notwendigkeit der Bereitstellung eines Überwinterungsquartiers und angepasster Klimaverhältnisse in der Zucht. Eine Teilpopulation von 106 *T. apicalis* aus der Zucht wurden zusammen mit zwei Möhren der Sorten Romance F1 und Bolero F1 sowie einer kleinen Kiefer (*Pinus sylvestris*) am 07.10.2020 in einem BugDorm Käfig im Freien aufgestellt. Den Möhrenblattflöhen standen während des Versuchs immer Möhrenpflanzen zur Verfügung. Ziel dieses Versuches war es, die Abwanderung von *T. apicalis* auf die Konifere zu untersuchen. Im Zeitraum 07.10.2020-07.01.2021 wurden insgesamt nur drei *T. apicalis* an der Kiefer beobachtet; das Insekt hält sich so lange wie möglich an der Möhre auf. Ab Dezember wurden nur noch vereinzelt Insekten an den Möhrenpflanzen gesehen, aber keine toten Individuen gefunden. Im März und April 2021, wurden interessanterweise *T. apicalis* sowohl an den Möhren als auch wieder vereinzelt an der Kiefer gesichtet. Der Versuch wurde Ende August 2021 beendet. Bis dahin hatten sich die im Oktober 2020 eingesetzten und den Winter überlebenden Adulten verpaart, Eier abgelegt und eine neue Generation produziert. Von Oktober 2020 bis April 2021 gab es in Braunschweig insgesamt 40 Frosttage mit Temperaturen unter 0 °C. Die tiefste Temperatur lag im Februar 2021 bei -17,6 °C. Die Ausgangspopulation *T. apicalis* hat diese natürlichen Winterbedingungen gut überstanden und konnte sich im Frühsommer 2021 erfolgreich fortpflanzen. Insgesamt wurden 302 Adulte und 33 Larven der neuen Generation gezählt. Die Ausgangspopulation von 106 Individuen hat sich also in etwa verdreifacht, wobei die Weibchen leicht in der Überzahl waren (167 Weibchen; 135 Männchen). Auch in den kalten Monaten und bei Frost wurden *T. apicalis* an den Möhren gefunden. Es ist davon auszugehen, dass *T. apicalis* für die Überwinterung einen geeigneten Unterschlupf benötigt. Das muss nicht zwangsläufig eine Konifere sein.

Abgleich mit Klimadaten (LUH)

2018 erfolgte der erste Nachweis eines *T. apicalis* in der Woche vom 28.05.-04.06. Da für diesen Zeitraum keine Temperaturmessdaten vorliegen (Defekt der Temperaturmessung), können keine Aussagen zur Temperaturabhängigkeit gemacht werden. Der erste Nachweis eines *T. apicalis* im Jahr 2019 erfolgte in der Woche vom 08.05.-15.05., innerhalb eines etwas wärmeren Zeitabschnitts nach einem Kälteeinbruch im Mai und damit fast 3 Wochen früher als im Vorjahr. Der Temperaturverlauf

deutet darauf hin, dass *T. apicalis* bei Temperaturen unter etwa 5 °C (Tagesminima) nicht aktiv ist, obwohl es eine Art mit mehr nördlicher Verbreitung ist. Von Láska (1974) wurde keine Rückmigration zu Winterwirten unterhalb von 11 °C beschrieben (wobei es hierbei die Sommergeneration war, die eventuell ein anderes Temperaturoptimum und -adaptation hat). Da mit den wöchentlich gewechselten Leimtafeln keine genaue Fanguhrzeit mit entsprechender Temperaturzuordnung erfasst wird, kann nicht exakt ermittelt werden, wo die Minimaltemperatur für den Flug liegt. Alle späteren Nachweise von *T. apicalis* in diesem Jahr erfolgten dann bei Tagesminimum-Temperaturen von über 5 °C. Generell scheint die Temperatur also die nachgewiesene photoperiodische Steuerung der Aktivität (Valterová et al. 1997) zu überlagern, was auch für andere Insektenarten gefunden wurde (z. B. Gill et al. 2017). Die kritische Photoperiode für Eiablage und den Übergang von Winter- zu Sommerwirten wurde von Valterová et al. (1997) bei 17:7 (L:D) für Schweden (Uppsala bzw. Stockholm) ermittelt, was dort passt, aber für Mitteleuropa eher unwahrscheinlich ist, da dort selbst im Juni keine Tageslängen von 17 Stunden erreicht werden. Die kritische Photoperiode in Mitteleuropa als möglicher Trigger für Flugaktivität und Wirtswechsel muss also noch im Detail untersucht werden.

Auswirkung von Trockenstress der Futterpflanze auf die Vermehrung von *T. apicalis*

Trockenstress auf die Möhre als Futterpflanze wirkt sich entgegen der Annahme nicht positiv auf die Vermehrungsrate von *T. apicalis* aus. Interessant ist jedoch, dass an den trocken gestressten Pflanzen etwas mehr Weibchen (51,5 %) als Männchen (48,5 %) gezählt wurden und sich das Geschlechterverhältnis im Gegensatz zu den normal gewässerten Pflanzen umgekehrt hat.

Die Pflanzen wurden mit den Insekten nach Versuchsende zur erleichterten Auszählung der Insekten in die Gefriertruhe gestellt. Aufgrund der hohen Anzahl von Versuchspflanzen und Insekten, verblieben einige Pflanzen über Nacht bei – 20 °C in der Gefriertruhe. Bei der weiteren Auszählung am nächsten Tag, lebten viele *T. apicalis* noch. Daraus ergibt sich, dass *T. apicalis* auch tiefe Temperaturen überleben kann. Darüber hinaus waren die Weibchen etwas robuster, was sich in der höheren Überlebensrate zeigte.

5.3 Verhalten von *T. apicalis* (LUH)

5.3.1 Migrationsverhalten zwischen Sommer- und Winterwirt

Um Entscheidungen über Bekämpfungsmaßnahmen gegen den Möhrenblattfloh sicher und schnell treffen zu können sind insbesondere die Prognose sowie einfache und effiziente Monitoringverfahren notwendig. In dieser Arbeit wurde unter anderem versucht, dafür Basiswissen zu sammeln, damit solche Ansätze zur Bekämpfung dieses Schädlings entwickelt und verbessert werden können. Allerdings war in den Jahren 2018 und 2019 die Anzahl von *T. apicalis* zu gering (geringe Populationsdichten bzw. kaum nachweisbare Individuen), um die Versuchsfragen in Bezug auf Habitatnutzung, genauere Zuflugtermine zu Sommerwirten in Abhängigkeit von Umweltfaktoren und verbessertes Monitoring/Prognose beantworten zu können bzw. ist die Aussagekraft der Ergebnisse dadurch stark beeinträchtigt. Das Versuchsdesign dieser Arbeit war von den geringen Dichten besonders betroffen, da, um die Dispersion aus weiter entfernten Winterwirten zu erfassen, die Fallen bis zu zwei Kilometer von Möhrenflächen entfernt waren. Dies führte zu einem zusätzlichen „Verdünnungseffekt“, da die Fallen naturgemäß nicht alle vorhandenen *T. apicalis* erfassen, so dass dann unter Umständen gar keine Individuen mehr nachweisbar waren, obwohl geringe, aber ausreichende Dichten vorhanden gewesen sein könnten. Die Gründe für die niedrigen *T. apicalis* -Dichten, die auch von den anderen Projektteilnehmern gefunden wurden, sind nicht genau bekannt.

Im Jahr 2017 wurde die Abwanderung von *T. apicalis* von Möhren zu Winterwirten an einem Möhrenschatz im Landkreis Lüneburg untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass Leimtafeln für das Monitoring in dieser Jahreszeit noch attraktiv und damit für solch ein Monitoring geeignet sind. Es konnte ein deutlicher inverser Zusammenhang zwischen abnehmenden *T. apicalis* -Dichten im Möhrenschatz (Klopfproben) und zunehmenden Fallenfängen (Leimtafeln um das Feld) gefunden werden. *T. apicalis* scheinen also bei der Abwanderung umliegende Koniferenbestände anzufliegen, bevorzugen offenbar aber keine feldnahen, kleinen Bestände oder Einzelbäume, was auch in der

Literatur so beschrieben wird (Kristoffersen & Anderbrant 2007). Dies hat zu der Hypothese geführt, dass kleine Koniferenbestände keine ausreichenden Mengen an Volatilen produzieren. Dadurch werden diese weniger gezielt angefliegen und es werden geringere Individuenzahlen an *T. apicalis* gefunden.

Kristoffersen & Anderbrant (2007) haben die tatsächlich gefangenen Individuenzahlen mit Erwartungswerten mittels einfacher Chi-Quadrattests verglichen. Sicherlich kommt es bei feldnahen Leimtafeln auch zum Fang von ungerichteten Flügen und Verdriftungen, so dass eine klare Aussage nicht möglich ist. Im Möhrenschnagel wurden in der Woche vom 04.10.-11.10.17 keine *T. apicalis* mehr mit dem Klopfschirm gefangen und an Fallen wurden eine Woche später keine *T. apicalis* mehr gefangen. Der Abflug der *T. apicalis* war vor dem Erntetermin weitgehend beendet und auf dem Feld war keine Aktivität des Möhrenblattfloh mehr zu beobachten. Hier ist eine Steuerung dieses Verhaltens zum Beispiel durch die Photoperiode (Valterová et al. 1997) oder andere externe Trigger (Temperatur, Wirtspflanzenqualität; Hodkinson 2009) zu vermuten. In der Arbeit von Láska (1974) wird hingegen ein Flug zu Winterwirten von August bis in den November berichtet, wobei der Median Anfang September lag und immer die Adulthäutung zur nächsten Generation als Abflugsignal (in Abhängigkeit von Temperatur) gedeutet wurde. Es ist auch die Frage ob *T. apicalis* sofort nach der Adulthäutung zu den Winterwirten abfliegen, wie von Láska (1974) postuliert, oder ob diese Individuen nicht noch Nahrung aufnehmen, um Reserven aufzubauen. Von Láska (1974) wurde zudem beschrieben, dass im Herbst keine Rückmigration zu Winterwirten unterhalb von 11 °C beobachtet wurde, eine Temperatur die 2017 im Oktober tagsüber immer deutlich überschritten wurde, so dass die Temperatur bei den Versuchen 2017 anscheinend keinen regulatorischen Effekt hatte. In der Literatur wird dessen ungeachtet auch eine olfaktorische Orientierung und sogar eine Funktion von Volatilen als Trigger für die Frühjahrsmigration diskutiert (Nissinen et al. 2008; Kristoffersen & Anderbrant 2007), die hier nicht untersucht werden konnte.

Im Jahr 2018 wurden Zuflug und Migration zum Sommerwirt an zwei Standorten im Weserbergland auf die Parameter Beginn, Ende und Reichweite. In den Vorjahren wurde der Möhrenblattfloh auf den Flächen gefangen, ausserdem waren Lage und Umgebungsstruktur der Flächen vergleichbar und haben somit die gewünschten Versuchsbedingungen erfüllt. Es wurden bei den jeweiligen Möhrenflächen orangefarbene Leimtafeln in jeder Himmelsrichtung an umliegenden Gehölze mit Entfernung von 300 – 1600 m zur Möhrenfläche platziert. Außerdem wurde an beiden Standorten je ein Fallenmast aufgebaut, um Flughöhen von *T. apicalis* zu ermitteln.

Insgesamt wurden 2018 nur sechs Blattflöhe an einem Standort in einer Woche (28.05.-04.06.) gefangen; beim zweiten Standort konnten keine *T. apicalis* nachgewiesen werden. Trotz des sehr geringen Fanges, der keine Rückschlüsse auf Migrationsereignisse und Überwinterungsquartiere zulässt, wurden an beiden Standorten sehr hohe Individuenzahlen anderer Blattfloharten nachgewiesen. Der Verlauf dieser Fänge (Start, Peak, Abfall) war in etwa synchron mit demjenigen von *T. apicalis* beim Monitoring auf der Fläche im Landkreis Lüneburg.

Im Jahr 2019 wurde der Versuch vom Vorjahr im Landkreis Lüneburg mit leicht verändertem Design wiederholt. Zum einen wurde erwartet, dass an diesem Standort mehr *T. apicalis* vorhanden sind, zum anderen wurde aus Zeit- und organisatorischen Gründen nur ein Standort verwendet. Die Fallen wurden so aufgestellt, dass sie unterschiedlich weit vom Möhrenfeld entfernt waren. Damit sollte die Fangwahrscheinlichkeit erhöht und größere Flugdistanzen zum Feld erfasst werden. Allerdings wurden auch 2019 nur sechs weibliche *T. apicalis*, bei einer Gesamtzahl von 316 gefangenen Psylliden, nachgewiesen.

Im Jahr 2018 wurden 4 weibliche und zwei männliche *T. apicalis* gefangen, während im Jahr 2019 nur Weibchen nachgewiesen wurden. Laut Literatur scheinen jedoch beide Geschlechter zu überwintern (z. B. Rygg 1977). Die Ursachen für die fehlenden Nachweise von Männchen im zweiten Jahr sind nicht bekannt.

Die Windrichtungen waren in beiden Jahren stark von der lokalen Topographie abhängig und weichen daher mehr oder weniger deutlich von der regionalen Hauptwindrichtung (West) ab. Verantwortlich dafür waren 2018 Waldränder („Eichberg rechts“) und 2019 beide Fallenstandorte, Schneisen (Standort „West“ 2019) und Hanglagen („Schwöbber Berg“ 2018). Vorteilhaft für *T. apicalis* ist hierbei, dass Kairomone aus den Möhrenschrägen zu den Überwinterungsquartieren geweht werden können. Bemerkenswert ist, dass in 2019 sogar in 1,5 km Entfernung *T. apicalis* nachgewiesen wurden. Kristoffersen & Anderbrant (2007) vermuten, dass *T. apicalis* eher schwache Flieger sind und meist passiv durch den Wind verbreitet werden. Allerdings konnten sie keinen Zusammenhang zwischen Auftreten von *T. apicalis* durch Windtransport und Hauptwindrichtung finden. Nach Hodkinson (2009) sind solche passiven Transporte aber Dispersionen, die eher in größeren Höhen stattfinden und über längere Distanzen führen.

Der Effekt der Windgeschwindigkeit auf die Flugaktivität von *T. apicalis* lässt sich in beiden Jahren anhand der vorliegenden Daten nicht ermitteln, da nicht bekannt ist, wann die *T. apicalis* genau gefangen wurden, da es Wochenfänge sind. Von Kristoffersen & Anderbrant (2007) wird nur erwähnt, dass ein Einfluss wahrscheinlich ist, der von anderen Insektenarten abgeleitet wurde.

Mit den Fallenmasten wurden 2018 in beiden Höhen Psylliden nachgewiesen, aber keine *T. apicalis*. Zwischen beiden Höhen gab es keine Unterschiede. Die Gesamtzahlen pro Falle waren insgesamt geringer als bei den Fallen in einem Meter Höhe, was mit Literaturangaben übereinstimmt (Johnson 1957) und erklärbar ist mit der Tatsache, dass viele Insekten, die nicht längere Migrationen machen, in etwa in Vegetationshöhe fliegen, um überhaupt gerichtete Flüge machen zu können (Srygley & Dudley 2008). Als Grund wird die mit steigender Höhe zunehmende Windgeschwindigkeit angesehen. „Diese ist höher als die Fluggeschwindigkeit der Insekten, so dass keine Steuerungsmöglichkeit mehr vorhanden ist. Blattflöhe können so verdriftet werden, was man auch als Migrationsstrategie auffassen kann (Hodkinson 2009; Parry 2013). Obwohl 2019 sowohl in drei als auch fünf Metern Höhe je ein *T. apicalis* gefangen wurde, lässt sich über die Flughöhe nur bedingt eine Aussage treffen, da die Anzahl zu gering war. Schlussendlich ist anzunehmen, dass ein zielgerichteter Zuflug von *T. apicalis* zu Wirtspflanzen in geringeren Höhen stattfindet, um Verdriftungen zu vermeiden.“

5.3.2 Visuelles Orientierungsverhalten von *T. apicalis*

Als Ergänzung zu den vorangegangenen Freilandversuchen wurden im Rahmen der Projektverlängerung vor allem Laboruntersuchungen zur visuellen Orientierung von *T. apicalis* durchgeführt. Die Versuche wurden als Wahlversuche mit verschiedenen farbigen LED-Fallen und Farbtafeln angelegt.

Die Ergebnisse der Choice-Versuche mit den LED-Lichtfallen zeigten eine deutlich höhere Attraktivität der Farbe Grün, im Vergleich zu den Farben Gelb und Orange. Das Ergebnis war zum einen überraschend, da in der Praxis orange und gelbfarbige Klebetafeln verwendet werden, die beiden Farben aber sehr unattraktiv im Vergleich zu grün sind. Zum anderen ist das Ergebnis aber auch logisch, da *T. apicalis* am Blattgrün der Möhre frisst und somit die Farbe der Hauptnahrungsquelle ebenfalls grün ist. Moir et al. (2021) konnten ebenfalls nachweisen, dass signifikant mehr Triozidae und Psylloidea sich für grüne Klebetafeln entschieden, anstatt für gelbe Klebetafeln.

Anhand der durchgeführten Versuche zur visuellen Orientierung von *T. apicalis* lassen sich Zweifel gegenüber dem in der Praxis gebräuchlichen Monitoring begründen. Da es eine hohe Farbpräferenz von *T. apicalis* für die Farbe Grün gibt, könnte es sein, dass es eine unzuverlässige Attraktivität der orangenen Klebetafeln gegenüber *T. apicalis* geben könnte. Jedoch ist die untersuchte Farbpräferenz nochmal im Feld zu validieren, um eine gesicherte Aussage geben zu können, ob das Verhalten von *T. apicalis* im Feld identisch ist zu den Ergebnissen in den Laborversuchen.

Bei dem direkten Vergleich von orangenen Klebetafeln und orangenen LED-Lichtfallen zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten. Bei den vorliegenden Versuchen muss aber beachtet werden, dass die Versuche bei derselben Lichtintensität der Umgebungsbeleuchtung

durchgeführt wurden. In der freien Natur ist die Umgebungsbeleuchtung durch die unterschiedliche Intensität der Sonnenstrahlen stetig fluktuierend. Somit sollten auch diese Versuche unter Feldbedingungen erneut überprüft werden.

Für das Monitoring im Feld bedeutet dieses Ergebnis, dass man das generelle Monitoring mit den orangen Klebetafeln erneut überprüfen sollte. Es gibt Fänge von *T. apicalis* auf orangen Klebetafeln, aber es ist unklar, wie hoch die Fänge auf den Klebetafeln wären, wenn man z.B. grüne Klebetafeln oder grüne LED-Klebefallen im Feld verwenden würde. Anhand der vorliegenden Ergebnisse könnte man davon ausgehen, dass die Fallen effizienter wären, wenn man von einer orangenen zu einer grünen Falle wechseln würde. Es ist aber zu beachten, dass die durchgeführten Versuche unter Laborbedingungen und ohne UV-Licht-, Wetter- und Windeinflüsse stattfanden. Im Vergleich der Farbpräferenz nahm die Präferenz für Grün in heller Umgebung im Vergleich zum Ergebnis bei dunkler Umgebung erheblich ab. Somit spielt nicht nur die Farbe allein eine Rolle, sondern auch der Kontrast zur Umgebung. Dort ist die LED-Klebefalle vermutlich im Vorteil zur konventionellen Falle, da sie einen gleichbleibend hohen Kontrast zur Umgebung darstellt, der unabhängig von Wettereinflüssen ist. Das vorliegende Ergebnis der Farbpräferenz könnte sich in Feldversuchen aufgrund der verschiedenen Faktoren ändern und zukünftige Versuche sollten diese Aspekte im Feld untersuchen.

Bei Fischer et al. (2013) konnten sehr viele *T. apicalis* (30-60 Individuen pro Woche) auf den Fallen gefangen werden. Im Vergleich zu unseren Ergebnissen aus dem Versuchsjahr 2018 (0-6 Individuen pro Woche) sind das um ein Vielfaches mehr *T. apicalis* pro Woche. Hier stellt sich nun die Frage, ob in der Publikation die *T. apicalis* Population so hoch war, dass es zu sehr vielen Zufallsfängen auf den Fallen kam, oder andere Faktoren, die nichts mit der Attraktivität der Falle selbst zu tun hatten, die Anzahl Fänge auf den Fallen stark erhöht haben.

Die schnelle Schlussfolgerung aus den durchgeführten Laborversuchen wäre, dass man alle Fallen in grüne LED-Lichtfallen ändern sollte, um die Attraktivität zu steigern, jedoch sind auch andere Faktoren wichtig, die man betrachten muss. Der Beifang von anderen Insekten (Schädlinge und Nützlinge) könnte bei grünen Klebefallen höher als bei orangenen Klebefallen ausfallen. Atakan et al. (2016) konnten z.B. eine signifikant höhere Attraktivität von grünen Klebefallen für Nützlinge nachweisen. Gegensätzlich dazu konnten Zhen et al. (2015) zeigen, dass grüne Klebefallen keine signifikant höhere Anzahl Nützlinge fängt im Vergleich zu andersfarbigen Klebefallen. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass mit orangenen Klebefallen nicht nur *T. apicalis*, sondern auch andere Möhrenschädlinge wie z.B. die Möhrenfliege gefangen werden. Sollte die Möhrenfliege nicht auf grünen Klebefallen landen, dann würde ein wichtiges Monitoringverfahren im Möhrenanbau fehlen. Der Landwirt müsste dann orangene und grüne Fallen aufstellen, was einen höheren Arbeits- und Kostenaufwand mit sich führen würde. Abschließend müsste somit auch der Einfluss der grünen Klebefalle auf andere Ziel- und Nicht-Zielorganismen und die Machbarkeit im Möhrenanbau getestet werden. Aphiden wären z.B. ebenfalls Zielorganismen im Möhrenanbau, die mit einer grünen Klebefalle gut zu überwachen wären. Döring & Chittka (2007) konnten in Ihrer Zusammenfassung von unterschiedlichen Veröffentlichungen eine generelle Attraktivität der Farbe Grün auf diverse Aphiden feststellen. Nicht-Zielorganismen wie z.B. Bestäuber sollten im besten Falle gar nicht, oder in geringem Maße auf den Klebefallen wiederzufinden sein. Zu der Problematik konnten Atakan & Pehlivan (2015) keine Attraktivität der Farbe Grün bei Bestäubern feststellen. Jedoch ist die Bandbreite der möglichen Organismen und deren individuelle Reaktion auf die grüne LED-Lichtfallen im Möhrenanbau noch nicht erforscht und müsste im Feld genau betrachtet werden.

Des Weiteren muss angemerkt werden, dass bei den Versuchen immer nur einzelne Individuen untersucht worden sind, die in dunkler oder heller Umgebung zwischen einer der angebotenen Fallen entscheiden konnten. Wenn man die Anzahl der ausgesetzten Insekten erhöht, könnte sich durch innerartliche Konkurrenz oder andere Wechselbeziehungen ein anderes Verhalten zeigen. Bei manchen Insekten konnte u.a. ein verändertes Verhalten durch Sexualpheromone gezeigt werden. Es ist zum Beispiel bekannt, dass es einen Sexualdimorphismus im Schwarmverhalten vom Kalifornischen Blütenthrips gibt (Terry & Gardner, 1990) und dass weibliche Thripse von männlichen

Sexualpheromonen angelockt werden (Kogel & Deventer, 2003). Beim *T. apicalis* hingegen hat man bei Untersuchungen herausgefunden, dass es keinen sensorischen Sexualdimorphismus im Aufbau der Antenne von *T. apicalis* gibt (Kristoffersen et al., 2006). Daraus folgt, dass *T. apicalis* entweder keine Sexualpheromone besitzt oder aber Männchen und Weibchen das gleiche Pheromon nutzen. In den vorliegenden Versuchen haben die Männchen und die Weibchen aber das gleiche visuelle Verhalten gezeigt und besaßen die gleiche Farbpräferenz. Somit ist davon auszugehen, dass sich das vorliegende Ergebnis auch bei einer erhöhten Anzahl von *T. apicalis* wahrscheinlich nicht verändert.

Für die Versuche wurde ein farbloser und geruchsloser Leim verwendet. Somit war in den absolvierten Versuchen das Licht der Haupteinflussfaktor auf das Entscheidungsverhalten von *T. apicalis*. Jedoch haben Versuche von van Tol et al. (2021) gezeigt, dass sich die Entscheidungspräferenz von *Frankliniella occidentalis* für gelbe Klebetafeln ändert, wenn ein eher weißer Leim verwendet wird, anstatt eines durchsichtigen. Dieser Einflussfaktor sollte in weiterführenden Untersuchungen unbedingt mitberücksichtigt werden. Weiterhin wurde die Wirtspflanze aus den Versuchen ausgeschlossen, sowohl betreffend der olfaktorischen wie auch betreffend der visuellen Reize.

Da das Auftreten des Möhrenblattflos im Feld während des Versuchszeitraums abnehmend war, muss kritisch evaluiert werden, ob der Nutzen einer solchen Falle den Aufwand rechtfertigt.

5.4 Lso Infektionsrate von Möhren und Insekten (JKI)

Untersucht wurden Möhren und Insekten aus den Untersuchungsgebieten ON von 2018-2021. In diesem Zeitraum nahm die Lso Infektionsrate der Möhren auf den Flächen des Betriebs B1 von knapp 70 % auf 5 % ab. Auf den Flächen des Betriebs V gab es einen deutlichen Abfall der Lso Infektionsrate vom Jahr 2019 zu 2020 auf 20%, die im Folgejahr bestätigt wurde.

Die Anzahl *T. apicalis* hat im gleichen Zeitraum abgenommen, jedoch lässt sich kein Zusammenhang zwischen Anzahl *T. apicalis* und der Lso Infektionsrate feststellen. Auch bei gleicher Anzahl *T. apicalis* im Monitoring schwankte die Lso Infektionsrate erheblich auf verschiedenen Flächen. Zum Beispiel gab es 10 *T. apicalis* auf den Flächen Betrieb B1 2020 und Betrieb V 2021 aber jeweils eine Lso Infektionsrate von 2,5% bzw. 20 %.

2019 wurden die Möhrenflächen der Betriebe V und B1 im Untersuchungsgebiet ON im August, September und Oktober beprobt. Auf der Fläche vom Betrieb V nahm der Anteil Lso infizierter Möhren von August bis Oktober zu. Das deutet daraufhin, dass das Bakterium eine gewisse Zeit benötigt, um sich in der Pflanze zu etablieren und zu vermehren. Nissinen (2014) gibt an, dass dazu mindestens vier bis sechs Wochen nötig sind. Eigene Untersuchungen legen nahe, dass es sogar noch länger dauern kann. Die Möhren aus der *T. apicalis* Dauerzucht am JKI wiesen meist keinerlei Verfärbungen und sonstige Lso typischen Schadsymptome bei einer Standzeit der Pflanzen von 8 Wochen und länger auf. Allerdings waren diese Pflanzen auch schon in BBCH 14-16, wenn sie in die Zuchtkäfige eingesetzt wurden. Überraschenderweise hat der Lso infizierte Anteil Möhren auf der Fläche des Betriebs B1 zunächst zugenommen und dann wieder abgenommen. Für dieses Phänomen gibt es derzeit noch keine Erklärung.

Auch in nicht symptomatischen Möhren konnte Lso nachgewiesen werden. Die Lso Infektion verursachte in diesen Möhren keinerlei Schadsymptome und hatte demnach keine Auswirkungen auf die Entwicklung der Pflanzen. Möglicherweise fand die Probennahme und anschließende Analyse zu einem Zeitpunkt statt, indem die Konzentration an Lso in der Pflanze noch nicht hoch genug war und somit kein positives Signal ergab. Andererseits haben bereits andere Autoren dieses Phänomen symptomfreier Lso infizierter Möhren beschrieben (Munyanza et al. 2011). Trotz der hohen Lso Infektionsraten vor allem in den Jahren 2018 und 2019 wurden keine Ertragsausfälle in Möhren aufgrund einer Lso Infektion berichtet. In den Untersuchungsjahren während der Projektlaufzeit war das Schadpotenzial von Lso in Möhren eher gering.

Die standardmäßig angewandte Methode der qPCR, hat bei uns nicht zuverlässig funktioniert, weshalb auf konventionelle PCR Methoden zurückgegriffen wurde. Diese sind robuster als die qPCR Methode

haben aber den Nachteil, dass es nur eine ja/nein Aussage gibt, und dass die Menge an Lso nicht bestimmt werden kann. Eine Probe wird als positiv bewertet, sobald das Bakterium Lso nachgewiesen wird. Das wirft die Frage auf, ob solch eine Möhre tatsächlich „krank“ ist, nur weil das Bakterium nachgewiesen wurde, sie aber keinerlei Schadsymptome zeigt, und wie hoch die Menge an Lso sein muss, um Symptome hervorzurufen.

Während der Projektlaufzeit konnten aufgrund sehr geringer Fänge nur wenige *T. apicalis* aus Freilandfängen getestet werden. Diese Proben waren überwiegend negativ bzw. es konnte kein Lso nachgewiesen werden. 2021 wurden statt der Freilandfänge, 90 *T. apicalis* von Klebefallen abgelöst und getestet. In keiner Probe konnte Lso nachgewiesen werden, ein unerwünschter Effekt durch den Leim kann nicht ausgeschlossen werden.

Während der Projektlaufzeit wurde keine Korrelation zwischen der Anzahl *T. apicalis* im Monitoring und der Lso Infektionsrate in untersuchten Möhren gefunden. Das hat zu der Annahme geführt, es könnte noch weitere Vektoren für die Übertragung von Lso auf Möhren geben. In sehr kleinem Umfang wurden auch Blattläuse, Zikaden und Wanzen, welche auf den Klebetafeln waren, auf Lso getestet. In keiner Probe konnte Lso nachgewiesen werden. Aufgrund sehr geringer Insektenzahlen im Freiland wurden auch für diese Untersuchungen Insekten von den Klebetafeln verwendet. Bereits an anderer Stelle wurde der inhibierende Effekt des Leims auf die DNA Extraktion diskutiert. Bislang konnte in keinem anderen Insekt als *T. apicalis* Lso nachgewiesen werden.

Die Insekten für die Dauerzucht stammen ursprünglich aus Freilandfängen von einer Fläche im Untersuchungsgebiet ON. Die Dauerzucht umfasst mehrere Käfige. Insekten aus allen Zuchtpopulationen wurden regelmäßig getestet und sind Lso positiv. Im Gegensatz zu den Freilandfängen wurde in Insekten aus der Zucht eindeutig Lso nachgewiesen. Auch die Möhrenpflanzen aus den Zuchtkäfigen wurden regelmäßig getestet. Dabei wurden Blattproben genommen. Je nach Ort der Probennahme an einer Pflanze war die Probe positiv oder negativ. Wenn ein *T. apicalis* eine Pflanze infiziert hat, dauert es, bis sich die Infektion in der gesamten Pflanze ausgebreitet hat. Solch eine lokale Infektion hatte zumeist ein partielles Blattkräuseln zur Folge und zunächst keine negativen Auswirkungen auf die Pflanze. Allerdings waren die verwendeten Möhren in der Zucht mindestens in BBCH 14-16, wenn sie in die Käfige eingestellt wurden. Auf der anderen Seite waren in jedem Käfig mehrere Hundert *T. apicalis*, sodass es wahrscheinlich ist, dass gleichzeitig viele *T. apicalis* an den Pflanzen gesaugt haben. Jede Pflanze war mindestens drei bis vier Wochen, oft sogar lange darüber hinaus, in den Zuchtkäfigen ohne Lso typische Symptome zu zeigen. Nach diesen Beobachtungen hat eine Infektion mit Lso keine negative Auswirkung, wenn diese nach dem empfindlichen Entwicklungsstadium der Pflanze erfolgt.

Als erste Symptome einer Lso Infektion in Möhren können Laubverfärbungen beobachtet werden. Rote und gelbe Verfärbungen des Laubes dominierten die sichtbaren Symptome in den untersuchten Möhren vom Feld von 2018-2021. In manchen Literaturstellen wird auch noch von bronzenen oder violetten Verfärbungen berichtet. Deren Anteil war, wenn überhaupt vorhanden, sehr gering. 2017 wurde kaum eine Pflanze ohne Verfärbungen gefunden und im Gegensatz dazu 2020 und 2021 nur wenige Pflanzen mit Verfärbungen, wobei gelb die dominierende Farbe war. Verfärbungen des Laubes sind kein Alleinstellungsmerkmal für eine Lso Infektion und können auch andere Gründe haben. Eine gelbliche Verfärbung wird ebenfalls durch die Abreife oder durch Trockenheit verursacht. Rötliche Verfärbungen können durch Virusinfektionen wie z.B. das Carrot red leaf virus (Yoshida et al. 2020) verursacht werden. Von außen ist nicht zu erkennen, welches Pathogen oder physiologische Ursache für die Verfärbung verantwortlich ist. Auch Nährstoffmangel (u.a. Stickstoff) kann zu Verfärbungen am Laub führen. Allein anhand der Laubverfärbung lässt sich eine Lso Infektion in Möhren nicht erkennen.

Als weitere typische Schadsymptome für eine Lso Infektion in Möhren werden gekräuseltes Laub und vermehrte Bildung von Seitenwurzeln beschrieben. Beides wurde nur in geringem Umfang gefunden und kann ebenfalls andere Ursachen haben, z.B. führt Nematodenbefall zu Wurzelbärten. Der Betrieb V hat seine Flächen regelmäßig überprüfen lassen und es wurde Nematodenbefall festgestellt. Auch

bei unseren visuellen Bonituren in denen jede einzelne Möhre genau in Augenschein genommen und fotografiert wurde, konnten Gallen an den Wurzeln festgestellt werden, welche ebenfalls auf Nematodenbefall durch gallenbildende Nematoden *Meloidogyne hapla* hindeuten. Auffällig war, dass von 2018-2021 keine einzige der 640 untersuchten Möhren Blattkräusel aufwies. Blattkräusel gelten sowohl als Schadsymptom für *T. apicalis* Befall als auch für eine Lso Infektion. Bei der Probennahme waren die Möhren schon sehr weit entwickelt. Nissinen gibt an, dass sich die Pflanzen nach einem Befall mit *T. apicalis* wieder erholen können. Bei den untersuchten Pflanzen ist davon auszugehen, dass sie entweder nie Blattkräusel hatten oder dies komplett regenerieren konnten und keinen Schaden davongetragen haben. Das wäre ein Indiz dafür, dass Lso in Möhren wenig Schaden anrichtet. Die Erfassung des Gewichts der einzelnen Rüben ergab, dass es keinen Unterschied im Rübengewicht bei Lso infizierten und Lso nicht infizierten Möhren gab. Das deutet darauf hin, dass Lso in Möhren nicht ertragsrelevant ist.

Darüber hinaus wurde in großem Umfang Echter Mehltau an den untersuchten Pflanzen gefunden, vor allem 2018 und 2019. Wurzelläuse wurden 2020 und 2021 gefunden, welche ebenfalls in Verdacht stehen zu Ertragseinbußen beitragen können.

Insgesamt ist es schwierig im Freiland exakt zu bestimmen welche abiotischen und biotischen Faktoren an einer Ertragsminderung beteiligt sind und in welchem Umfang. In der fünfjährigen Projektlaufzeit waren die Jahre 2018-2020 durch Trockenheit, vor allem Vorsommertrockenheit, und ausgeprägte Hitzeperioden geprägt. Diese widrige Witterung dürfte die Möhrenerträge weit mehr beeinflusst haben als *T. apicalis*.

5.5 Regulierung von *T. apicalis* (ÖBG)

Die vorliegenden Ergebnisse entsprechen auf den ersten Blick nicht den vor Projektbeginn gesetzten Erwartungen. Grund dafür ist der unvorhersehbare, starke Rückgang des Möhrenblattflohs in beiden Untersuchungsgebieten im Projektzeitraum. In allen Untersuchungsgebieten bewegte sich das Befallsgeschehen über alle Jahre auf einem (sehr) niedrigen Niveau. Durch die hier erarbeiteten Daten erscheint es aber dennoch sinnvoll, wichtige für die Anbaupraxis zentrale und aus anderen Arbeiten bekannte Aspekte (s. unten) zu überdenken. Eine Diskussion folgender aus der Literatur bekannter Angaben erscheint mit Blick auf den ökologischen Möhrenanbau in Norddeutschland empfehlenswert:

- Neubewertung schadempfindliches Entwicklungsstadium Möhrenpflanzen
- Neubewertung Schadschwelle (quantitativer Befall)
- Neubewertung des Schad- und Symptomkomplexes
- Neubewertung qualitative Schadsymptomatik Laubkräuselungen/Blattrollen – gesamtes Blatt betroffen (hoch) oder partielle Symptomatik (niedrig)
- Problematische Identifikation von Schadsymptomen im Keimblattstadium

Feldversuche zur direkten Regulierung des Möhrenblattflohs im Untersuchungsgebiet Hameln WBL (2018 - 2019)

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Daten kann hervorgehoben werden, dass die Anwendung der im Ökolandbau zugelassenen Wirkstoffe zur alleinigen Bekämpfung des Möhrenblattflohs im Zuge eines nachhaltigen Management Systems weiterhin nicht geeignet ist.

Die im Projektzeitraum erhobenen Daten sowie Ergebnisse aus niedersächsischen Vorversuchen (2016 – 2017) deuten an, dass der Einsatz geeigneter Pflanzenschutzmittel bei einem erweiterten „Systemansatz Pflanzengesundheit“ im Frühstadium von ökologisch erzeugten Möhren zukünftig mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte.

Die Versuche zur direkten Bekämpfung wurden in den Jahren 2018 und 2019 durchgeführt, jedoch im Verlängerungszeitraum (2020 - 2021) wegen fehlendem Schaderregerdruck nicht fortgesetzt. Auch an anderen Projekt-Standorten gab es in der Regel keine eindeutige, kritische Befallssituation durch den Möhrenblattfloh in den Projektjahren 2020 – 2021. Die Beendigung des Versuchsteils ‚direkte Regulierung‘ erwies sich aufgrund des geringen Schaderregeraufkommen 2020 und 2021 als richtig.

Trioza apicalis lässt sich mit den aktuell im Ökolandbau zur Verfügung stehenden Wirkstoffen nicht effektiv regulieren. Dem Ökolandbau fehlen Wirkstoffe mit sicherem knock-out Effekt. Hierzu gibt es auch aus anderen betroffenen Ländern wie der Schweiz, Norwegen oder Schweden aktuell keine neuen Regulierungsansätze. Dieser Sachverhalt wird auch durch die Ergebnisse der Vorversuche des Ökoring und des JKI Braunschweig in den Jahren 2015 – 2017 (Buck, Rau, Hommes, Willhauck) bei deutlich höherem Schaderregerdruck belegt. Eine direkte Bekämpfung mit alleiniger Ausrichtung auf *T. apicalis* kann unter aktuellen Bedingungen (Zulassungssituation, ökokompatible Wirkstoffe) wegen fehlender Wirkungseffizienz als nicht zielführend bewertet werden.

Die Netzabdeckung ist in der Ökomöhrenproduktion als sehr effektiv einzustufen. Sie ist jedoch sehr aufwendig und aus Arbeits- und Kostengründen nur für den kleinflächigen Anbau praktikabel und keine Option zur Schaderregerabwehr für den feldmäßigen Anbau.

Weitere (Wirk-)Stoffe wie z.B. Kaolin, Sägespäne oder das Etablieren von Fangstreifen waren in anderen Versuchen nicht effektiv genug und/oder erwiesen sich in der Handhabung als zu aufwendig.

Zu den Fragen eines weiträumigen Flächenwechsels (Mindestabstand zu Vorjahresflächen bzw. zum Winterwirt allgemein) gibt es zurzeit kaum belastbare Daten bzw. konnte das Projekt keine weiterführenden Erkenntnisse für die norddeutschen Anbauverhältnisse liefern. In der Regel ist ein weiträumiges Ausweichen zu Vorjahresflächen von möglichst 100m Abstand u.a. wegen der Möhrenfliegenproblematik nötig, aufgrund der Flächenbindung (Ökostatut der Anbauflächen erforderlich) sind der ökologischen Möhrenanbaupraxis aber auch Grenzen gesetzt.

Es ist davon auszugehen, dass ein sehr früher Befall (hoher qualitativer Schaden) durch *T. apicalis* (BBCH 10 – 11) nicht nur zu starken Wuchsdepressionen, sondern auch zu einem Absterben der Pflanzen führen kann, allerdings wurde dies während der Projektlaufzeit nicht beobachtet.

Es zeigte sich, dass 2018 und 2019 neben den Witterungseinflüssen weitere biotische Faktoren wie Krankheiten und Schädlinge einen größeren Einfluss auf das Versuchsergebnis hatten als der hier untersuchte Möhrenblattfloh. Dieser spielte nachweislich keine entscheidende Rolle, trotzdem gab es in allen behandelten Varianten Mehrerträge gegenüber der unbehandelten Kontrollvariante.

In beiden Versuchsjahren 2018 – 2019 konnte ein starker Befall an den jungen Möhrenpflanzen durch Gierschblattläuse (*Cavariella aegopodii*) festgestellt werden. Eine intensive Besiedlung der Möhren ist aus der Anbaupraxis in trockenwarmen Frühjahren bekannt. Möhren sind bei sehr frühem Befall (BBCH 10) sehr empfindlich gegenüber den Saugschäden der Läuse. Blattläuse können durch ihre Saugtätigkeit zudem Pflanzenviren übertragen, die sich im weiteren Vegetationsverlauf stark negativ auf Qualität und Ertrag der Möhren auswirken (Saucke, 2004). Saucke (2004) beziffert Ertragsverluste infolge möglicher Virusinfektionen bei ökologisch produzierten Möhren mit 5,8 – 17%, betont aber zugleich die Vektorenrolle von *Cavariella aegopodii* als offen.

Die Präsenz von *T. apicalis* ist im Versuchszeitraum allgemein als sehr gering einzustufen. Wie oben erwähnt konnten 2018 und 2019 die im Projekt behandelten Varianten gegenüber der Kontrolle jedoch Mehrerträge erzielt werden, wobei die Ergebnisse 2018 wegen der sehr heterogenen Versuchsbestände als wenig belastbar einzustufen sind.

Im Versuchsjahr 2019 lagen die Mehrerträge zwischen 5 und 8% (36 bzw. 50 dt/ha). Diese waren jedoch statistisch nicht abzusichern. In Versuchen des Ökoring, die von Rau und Buck (persönliche Kommunikation) in 2016 und 2017 mit gleicher Zielstellung ebenfalls am Standort Schwöbber durchgeführt wurden, konnten beispielsweise 2017 die behandelten Varianten gegenüber der Kontrolle 8 – 15% (51 – 100 dt/ha) marktfähigen Mehrertrag erzielen.

Die Vermeidung eines Befalls mit *T. apicalis* und anderen Vektoren im Möhren-Frühstadium ist nachweislich von großer Bedeutung für einen erfolgreichen Möhrenanbau. Insofern erscheinen die erarbeiteten Ergebnisse wiederum sehr aufschlussreich. Es muss von allgemeinen positiven (Begleit-)Effekten durch die in den Versuchen durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen auf eine größere Zahl von Vektoren ausgegangen werden. Durch die mehrfache Anwendung von Pflanzenschutzmaßnahmen wurden zum Beispiel Blattlauspopulation auf den Möhrenpflanzen deutlich dezimiert. Das konnte im Zuge der wöchentlichen Behandlungen auch durch punktuelle Auszählungen in den Jahren 2018 und 2019 festgestellt werden. Daraus lässt sich wiederum ableiten,

dass durch die in den Versuchen durchgeführten Maßnahmen zumindest die Blattläuse als mögliche Vektoren von Pflanzenkrankheiten effektiv reduziert wurden. Nicht auszuschließen ist, dass auch andere Schaderreger mit Vektoren-Status reduziert werden konnten und sich die allgemeine Schaderregerbelastung (Viren, Bakterien usw.) verringern ließ. Damit würden rechtzeitig durchgeführte direkte Maßnahmen einen wichtigen Beitrag zur Pflanzengesundheit und Ertragsicherheit im ökologischen Möhrenanbau leisten können.

Aufgrund statistischer Unsicherheiten, die die vorliegenden Ergebnisse mit sich bringen, sollten diese Zusammenhänge jedoch in Folgeprojekten weiter untersucht werden. Für den ökologischen Möhrenanbau könnte sich mit Blick auf die Qualitäts- und Ertragsicherung dennoch ein neuer Managementansatz zur ‚Pflanzengesunderhaltung im Frühstadium‘ mehr als nur andeuten.

Trotz eines nach wie vor hohen Klärungsbedarfes hinsichtlich der vielschichtigen ursächlichen Zusammenhänge erscheint es legitim, auf der erarbeiteten Datenbasis konkrete Handlungsempfehlungen für den biologischen Möhrenanbau auszusprechen, wenn kritische Koinzidenzsituationen drohen.

In kritischen Jahren mit zu erwartendem hohem Vektorenzufug könnten empfindliche Möhren durch geeignete Maßnahmen im Frühstadium gegen eine Übertragung von Schaderregern geschützt werden. Ein (mehrmaliger) Einsatz von zum Beispiel Pflanzenschutzmitteln muss in Risikosituationen ab dem Keimblattstadium erfolgen. In Regionen mit einer Präsenz von *T. apicalis* kann eine gewisse Nebenwirkung auch auf *T. apicalis* nicht ausgeschlossen werden. Zumindest aber könnte die zu erwartende Gesamtlast potenziell übertragbarer Pflanzenkrankheiten gesenkt werden, und eine möglichst normale Pflanzenentwicklung erlauben.

Mit den hier vorliegenden Ergebnissen erscheint es gerechtfertigt, im Sinne eines ‚Systemansatzes Pflanzengesundheit‘ im Einzelfall Anwendungsempfehlungen für den Einsatz geeigneter Pflanzenschutzmittel auch für den ökologischen Möhrenanbau auszusprechen, wenn folgende kritische Koinzidenz gegeben ist:

- Möhren im Pflanzenstadium BBC 10 – 12
- Hohe bis sehr hohe Besiedlungsdichte durch Vektoren (u.a. Gierschblattläuse) bei gleichzeitigem Nichtvorhandensein von Predatoren

Ein Schaderregermonitoring ist diesbezüglich essenziell. Während Möhrenerzeuger den Zuflug und die Besiedelungsintensität beispielsweise von Blattläusen sehr gut vor Ort selbst bewerten können, muss die Möhrenanbaupraxis mit Blick auf *T. apicalis* und andere Schadinsekten (wissenschaftliche) Unterstützung in Anspruch nehmen können. Durch die Anwendung eines praxistauglichen Schaderregermonitorings können Maßnahmen im ökologischen Möhrenanbau damit terminlich sinnvoll geplant werden, um ertrags- und qualitätsbeeinflussende Schaderreger, wie z.B. Blattläuse, in den Möhren effektiv zu reduzieren. Dieser Aspekt muss auch vor dem Hintergrund sehr stark zunehmender Wetterextreme und damit einhergehender wechselhafter und schlecht vorhersehbarer Schaderregerdynamiken mitgedacht werden.

Feldversuche zur indirekten Regulierung des Möhrenblattflohs in den Untersuchungsgebiet Uelzen ON (2017 – 2021) und Hameln WBL (2018 – 2021)

Die hier erhobenen Daten unterstreichen die Möglichkeit, dass der ökologische Möhrenanbau *T. apicalis* innerhalb einer Anbausaison zeitlich aus dem Weg gehen kann. Im gesamten Projektzeitraum kam es zwar zu einem unerwartet geringen Schaderregeraufkommen. Interessant erscheint jedoch im Vergleich zum Möhrenanbau beispielsweise in Norwegen, dass auf den norddeutschen Versuchsflächen der Möhrenblattfloh während dem Projektzeitraum meist in den Kalenderwochen 22 – 26 festzustellen war. Setzt man voraus, dass das oben genannte Präsenz- und Befallsfenster von *T. apicalis* auch zukünftig von Bedeutung für die Anbaupraxis in Norddeutschland sein wird, kann eine möglichst frühe bzw. späte Aussaat dazu beitragen, das Risiko eines Schadens deutlich zu minimieren (siehe Abschnitt Ergebnisse). Bereits vor Beginn des Projektes wurden erste erfolgreiche Schritte in der Anbaupraxis unternommen, durch möglichst frühe bzw. späte Möhrenaussaat das Befallsrisiko zu

minimieren. Im ökologischen Möhrenanbau ist dem zeitlichen Ausweichen auf indirekte Maßnahmen innerhalb der Anbausaison in Risikogebieten deshalb Priorität einzuräumen.

Aussaat Frühmöhren im Untersuchungsgebiet Uelzen (ON)

Der späteste unschädliche Aussaattermin für Frühmöhren kann auf Basis der vorliegenden Versuchsdaten zwar nicht exakt benannt werden. Bei einem bekannten kritischen Befallsgeschehen kann man aber davon ausgehen, dass eine Möhrenaussaat bis etwa Mitte April erfolgen sollte. Die Pflanzen haben dann genügend Zeit sich ungestört bis zur Ausbildung einer ausreichenden Anzahl an Laubblättern zu etablieren, sodass sie bei einem möglichen Auftreten des Schädlings eine entsprechende Altersresistenz entwickeln können und ein Befall nicht mehr ertragswirksam werden kann.

Die Ergebnisse der Feldversuche werfen, wie oben erwähnt, weitere wichtige Fragen zur kritischen Koinzidenzphase auf. Fischer (2013) benennt das kritische Zeitfenster bei Möhren in der Phase Keimblatt- bis 3. Laubblattstadium (BBCH 10 – 13).

In den Versuchen in der Region Uelzen zeigten sehr früh befallene Pflanzen im Stadium BBCH 11 – 12 im Großen und Ganzen jedoch keine auffälligen Symptome an nachschiebenden Laubblättern oder am Rübenkörper im weiteren Verlauf. Am Versuchsstandort in der Region Uelzen traten vornehmlich partielle Laubschädigungen auf. Zu den Erntezeitpunkten fanden sich keine eindeutigen Hinweise, dass durch *T. apicalis* Befall die Versuchserträge in Mitleidenschaft gezogen wurden.

Es liegt nahe, dass je nach Befallszeitpunkt und Schädigungsgrad der Laubblätter (partielle Laubkräuselungen / gesamtes Laubblatt gekräuselt) unterschiedliche Folgeschäden zu erwarten sind.

Aussaat späte Möhren im Untersuchungsgebiet Hameln (WBL)

Ziel des Projektes war es, durch die Feldversuche in den Jahren 2018 – 2021 mehr Sicherheit für den Möhrenanbau hinsichtlich eines sicheren Spätsaattermins zu erarbeiten.

Die Präsenz des Schaderregers und sein Einfluss auf den Möhrenanbau war im gesamten Projektzeitraum 2018 – 2021 am Standort Hameln/Aerzen-Schwöbber so gering, dass es schwerfällt, allein aus den hieraus vorliegenden Daten eindeutige Praxisempfehlungen abzuleiten. Verschiedene, im Monat Juni angelegte Aussaattermine konnten kein klares und differenziertes Ergebnis zur Vorzüglichkeit unschädlicher Aussaattermine liefern. Die Ergebnisse 2018 und 2019 deuten jedoch an, dass die Sicherheit für den Möhrenbau am größten ist, wenn die Aussaat von Möhren um den 20. Juni oder später erfolgt. Der Schaderregerdruck (Flugaktivität) nahm Richtung Ende Juni deutlich ab (vgl. Kapitel Monitoring).

Berücksichtigt man auch die Versuchsdaten von Ökoring und JKI Braunschweig der Jahre 2015 – 2017, untermauert das die oben genannten Empfehlungen zur Aussaat von Lagermöhren in Befallsregionen für die Anbaupraxis. Sowohl Schaderregerdruck als auch Möhrensäden waren in beiden Jahren sehr hoch. Praxis-Möhrenbestände, die 2015 - 2016 in der ersten Junidekade im Raum Hameln ausgesät wurden, wiesen sehr starke, durch *T. apicalis* hervorgerufene Symptome und Ertragsverluste auf. Spätsaattermine um den 20. Juni waren in den Versuchen von Ökoring und JKI Braunschweig 2015 – 2017 die erfolgreichsten Versuchsvarianten.

Ob die Spätsaatstrategie nachhaltig ist, wird sich vermutlich erst wieder bei ansteigendem Befallsgeschehen zeigen. Aus Norwegen ist bekannt, dass der Möhrenblattfloh eine gewisse zeitliche und räumliche Anpassungsfähigkeit besitzt (Torgeir Tajet, mündl. Mitteilung 2019). Dieser Aspekt muss in den kommenden Jahren weiter beobachtet werden

Es bleibt festzuhalten, dass *T. apicalis* mit der Aussaat später Möhren ab dem 20. Juni aus dem Weg gegangen werden kann. Alle Versuchsergebnisse zeigen, dass auch bei sehr spät gesäten Möhren noch gute Erträge und -qualitäten zu erzielen sind. Die Verwendung schnell reifender Möhrensor ten (100 – 120 Tage) und/oder die Reduktion der Saatstärke, sind wichtige Werkzeuge für eine sichere Abreife beim Anbau von Lagermöhren mit dem Ernteziel im Herbst. Die Versuchsergebnisse zeigen jedoch auch, dass die Anbausicherheit durch Hitze- und Trockenperioden im Juni stark abnehmen kann.

Weitere Versuche bei deutlich höherem Schaderregeraufkommen wären notwendig, um differenziertere und belastbarere Empfehlungen zu unschädlichen Aussaatterminen aussprechen zu können.

5.6 Gesamtdiskussion (JKI)

In dem BLE Projekt, sollte ein ganzheitliches Managementkonzept zur Bekämpfung von *T. apicalis* im ökologischen Möhrenanbau erprobt werden. Es wurde notwendiges Basiswissen über die Biologie und das Verhalten von *Trioza apicalis* erarbeitet und nachhaltige Pflanzenschutzstrategien in der Praxis des ökologischen Möhrenanbaus geprüft. Die drei Projektpartner JKI, ÖBG und LUH haben in verschiedenen Arbeitspaketen ihre Expertise gemeinsam eingebracht, sowie unabhängig voneinander Fragestellungen bearbeitet. Die allgemein bearbeiteten Arbeitsziele waren im Einzelnen:

- a) Untersuchungen zur Biologie des Möhrenblattflohs mit dem Ziel das Monitoringverfahren im Feld zu optimieren und zu etablieren.
- b) Untersuchungen zur Biologie von *T. apicalis* und die Übertragung des Bakteriums *Candidatus Liberibacter solanacearum* auf die Möhre.
- c) Untersuchung von Kombinationsverfahren zur Befallsminderung und Testung unter Freilandbedingungen.

Alle Managementverfahren wurden auf die Bedürfnisse der Praxis ausgerichtet und fallen schwerpunktmäßig in den Bereich der Kombinationsverfahren. Dabei wurde ein systemischer Ansatz verfolgt, der die Aspekte Standortwahl, Saatzeitpunkt und Optimierung des Flächenmonitorings einbezieht. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Feststellung des Durchseuchungsgrades im Möhrenbestand mit *Candidatus Liberibacter solanacearum*.

In den ersten drei Projektjahren 2017-2020 konzentrierte sich die Forschungsarbeit auf die Optimierung der Monitoringmethode und der Erprobung verschiedener Regulierungsstrategien von *T. apicalis*. Darüber hinaus gab es Untersuchungen zum Migrationsverhalten. In dieser Zeit wurden jedoch immer mehr Wissenslücken deutlich und offensichtlich, dass wesentliche Informationen zur Biologie und dem Verhalten von *T. apicalis* fehlen, um erfolgreich die Forschungsfragen bearbeiten zu können. In den Jahren des Folgeprojektes/Verlängerung 2020-2022 wurden essenzielle Fragen zur Biologie und zum Verhalten des Möhrenblattflohs bearbeitet.

Bereits in den ersten Jahren, in denen das Monitoringjahren zu Beginn des Projektes wurde deutlich, dass sich die Aktivität von *T. apicalis* in verschiedenen Ländern ähnlich verhält und trotzdem erhebliche Unterschiede in der Populationsdichte bestehen. Dies hatte zur Folge, dass sich intensiv mit den klimatischen, topographischen und anbaubedingten Unterschieden zwischen europäischen Ländern mit Möhrenanbau und *T. apicalis* Problematik auseinandergesetzt wurde. Im Zuge dessen wurde deutlich, dass derzeit im Untersuchungsgebiet in Norddeutschland keine Gefahr durch *T. apicalis* im ökologischen Möhrenanbau besteht. Es ist bekannt, dass es ein zyklisches massenhaftes Auftreten von *T. apicalis* mit ökonomisch relevantem Schadpotenzial gibt (Ragnarsson und Wikström 2016; Fischer und Auer 2008). Fischer und Auer gehen von einem etwa 10-jährigen Zyklus aus, innerhalb dessen auf 2-3 Jahre mit hohem Befall, mehrere Jahre mit niedrigem Befall folgen. Innerhalb der fünfjährigen Projektlaufzeit nahmen die Fangzahlen von *T. apicalis* ab und waren insgesamt auf einem sehr niedrigen Niveau. Im Untersuchungsgebiet WBL wurden auf manchen Flächen nahezu null *T. apicalis* gemessen. Die Vermutung liegt nahe, dass die Projektlaufzeit genau in einem Tal eines Massenvermehrungszyklus lag. Relevant erscheint in diesem Zusammenhang die jeweilige Ausgangspopulation von *T. apicalis* in einem Gebiet zu sein. In Finnland zum Beispiel sind 100 *T. apicalis* pro Falle und Woche keine Seltenheit (Nissinen 2020). Solche Fangzahlen sind für Deutschland bislang nicht bekannt. Insofern ist der Befallsdruck und damit der ökonomische Schaden in Finnland anders zu bewerten als in Deutschland. Um eine wieder ansteigende Population, die zyklisch zu einem Massenaufreten führt, überwachen zu können, ist ein gutes und dauerhaftes Monitoring unerlässlich. Es hat sich gezeigt, dass die derzeitige Monitoringmethode mit Rebell orange Klebefallen überdacht werden sollte. Das gilt umso mehr, da die Ausgangspopulation und die Dichte der *T. apicalis* Population in Deutschland sehr viel geringer sind als in anderen Ländern. In den Untersuchungen zur visuellen

Orientierung von *T. apicalis*, konnte eine Präferenz von grünen Fallen festgestellt werden. Womöglich wären in der Projektlaufzeit mehr *T. apicalis* gefangen worden, wenn ein anderer Fallentyp mit grüner Farbe verwendet worden wäre. Dies hätte zwar nichts an dem Ergebnis „kein Ertragsausfall“ geändert. Jedoch ist die Abschätzung der Populationsdichte ein wesentliches Instrument zur Definition einer verlässlichen Schadschwelle. Außerdem wurden auf Fallen dieses Typs mehr Männchen als Weibchen gefangen. Die Weibchen haben jedoch ein höheres Schadpotenzial, weshalb es essenziell ist Informationen über deren Anzahl zu erhalten. Darüber hinaus konnten Erkenntnisse gesammelt werden, wie die Fallen im Möhrenbestand optimal positioniert werden können. Grundsätzlich sollten Fallen an der windoffenen Schlagseite und möglichst weit im Bestand stehen sowie in Höhe der Pflanzen angebracht werden. Die Anzahl der Fallen scheint weniger relevant zu sein. Ein kleiner Einfluss konnte für die Hauptwindrichtung gezeigt werden. Ein Zusammenhang zwischen einem erhöhtem *T. apicalis* Befall bei sehr nah beieinander liegenden Möhrenflächen in zwei aufeinanderfolgenden Jahren konnte gezeigt werden. Die Distanz zu Vorjahresflächen trägt zur Befallsgröße im betrachteten Jahr bei. Möhrenflächen, die weniger als 1000 m von einer Fläche im Vorjahr entfernt sind, können höhere *T. apicalis* Zahlen aufweisen. Ein Einfluss von naheliegenden Koniferenbeständen auf die *T. apicalis* Population konnte in diesem Projekt nicht nachgewiesen werden.

Kontrovers diskutiert wurde zwischen den Projektpartnern der Einfluss des Aussaatzeitpunktes auf einen Befall mit *T. apicalis*. Ein Vorverlegen der Aussaat z.B. in den März oder Anfang April, führt zu einer Vermeidung einer Koinzidenz von *T. apicalis* und jungen Möhren im vulnerablen Stadium. Weiterhin gilt zu beachten, dass Möhrenblattflöhe ab dem 5-Blatt-Stadium in der Regel keinen ökonomischen Schaden mehr verursachen (Fischer und Terrettaz, 2002), aber auf der Fläche kann sich eine Population an Möhrenblattflöhen aufbauen.

Daher wird vielmehr ein später Aussattermin empfohlen, damit zum Zeitpunkt des Zuflugs keine Wirtspflanzen auf der Fläche verfügbar sind.

Von der LUH wurde die Fragestellung zum Migrationsverhalten von *T. apicalis* untersucht. Dieser beinhaltete zum einen die Abwanderung vom Sommerwirt Möhre zu den Überwinterungshabitaten im Winter. Zum anderen wurde die Rückwanderung auf die Möhrenschnägel untersucht.

Aufgrund der sehr geringen Populationsdichten von *T. apicalis*, konnten keine gesicherten Aussagen zum Migrationsverhalten zwischen Sommerwirt und Überwinterungshabitat getroffen werden.

Zusätzlich wurde vom JKI in einem geschützten Freilandversuch im Käfig eine Überwinterung simuliert und Erkenntnisse zum Überwinterungsverhalten gesammelt. Im Spätsommer wandert *T. apicalis* von der Möhre in ein Überwinterungsquartier ab. Bisher wurden hauptsächlich Koniferen als Überwinterungsort beschrieben (Kristofferson & Anderbrant 2007). In dem Versuch wurde untersucht, ob sich *T. apicalis* im Winter an der Möhre oder an der Konifere aufhält. Im gesamten Versuchszeitraum wurden insgesamt nur drei *T. apicalis* an der Kiefer beobachtet und sehr viel mehr an den Möhren. Als die Temperaturen um den Gefrierpunkt waren, waren weder an Möhre noch an der Kiefer *Trioza apicalis* zu sehen. Die Ausgangspopulation *T. apicalis* hat diesen Versuchsbedingungen im Freiland überstanden und konnte sich im Frühsommer 2021 erfolgreich fortpflanzen, sodass sich die Ausgangspopulation in etwa verdreifacht hat. Den Insekten standen in dem Versuchsaufbau Unterschlupfmöglichkeiten wie Rindenritzen, Bodenspalten zur Verfügung, so dass sie den Winter überstehen konnten. Dabei muss sich der Unterschlupf nicht zwangsläufig auf eine Konifere beziehen. In Frage kämen im Freiland z.B. auch andere immergrüne Gehölze oder Zwischenräume von Rinden anderer Bäume, Bodenspalten.

Die Fragestellung zu Regulierungsstrategien wurde vom ÖBG bearbeitet. 2018 und 2019 wurden verschiedene Pflanzenschutzmittel getestet. Deren Wirksamkeit konnte aufgrund des sehr geringen *T. apicalis* Befalls dieser Flächen jedoch nicht nachgewiesen werden. Grundsätzlich fehlen für den Ökolandbau zugelassene Wirkstoffe und Produkte mit sicherem knock-out Effekt. Allerdings ist eine gewisse Nebenwirkung von Pflanzenschutzmitteln, die im Ökolandbau zugelassen sind, gegen stechend-saugende Schadinsekten, wie z.B. Blattläuse auf *T. apicalis* möglich, sofern weitere Parameter wie Applikationstechnik dazu geeignet sind.

Das JKI hat den Themenkomplex der Untersuchung von Möhren und Insekten mit Lso untersucht. Es hat sich herausgestellt, dass die in der Literatur beschriebenen Schadsymptome auch durch andere abiotische und biotische Faktoren verursacht werden können. Grundsätzlich hat die Lso Infektionsrate während der Projektlaufzeit abgenommen. Ein Zusammenhang zwischen der Anzahl *T. apicalis* und der Lso Infektionsrate konnte nicht festgestellt werden.

Das hat zur Annahme geführt, es könnten weitere Vektoren für Lso in Möhren bzw. andere Übertragungswege geben. Diese Annahme konnte jedoch in diesem Projekt nicht bestätigt werden. Während dem Untersuchungszeitraum konnte kein Zusammenhang zwischen einer Lso Infektion und Ertragsminderung der Möhre festgestellt werden. Bei Massenbefall mit dem Möhrenblattfloh *Trioxa apicalis* und einer entsprechend hohen Lso Konzentration werden allerdings ökonomisch relevante Schäden erwartet.

Als Fazit lässt sich sagen, dass das Etablieren eines langfristigen Monitoringsystems empfohlen wird, um den ökologischen Möhrenanbau nicht zu gefährden, und Änderungen im Auftreten von *T. apicalis* frühzeitig festzustellen.

6. Angaben zum voraussichtlichen Nutzen und zur Verwertbarkeit der Ergebnisse. (JKI, ÖBG, LUH)

Projektteil JKI

Nutzen und Verwertbarkeit (JKI)

Die in dem Projekt erarbeiteten Ergebnisse dokumentieren die aktuelle Situation des Möhrenblattfloh und des Lso Bakteriums in wichtigen Möhrenanbaugebieten in Niedersachsen. Dabei wurde festgestellt, dass Schadschwellen aus anderen Regionen nicht übertragbar sind, sondern an die Anbaubedingungen ebenso wie regionale Klima- und Witterungsbedingungen angepasst werden müssen. Der Möhrenblattfloh *Trioxa apicalis* ist im Projektzeitraum mit geringer Anzahl auf Möhrenanbauflächen in Niedersachsen aufgetreten und hat zu keinen ökonomisch relevanten Ertragsausfällen geführt. Daher wird empfohlen, das Monitoring auf den Möhrenflächen langfristig fortzusetzen, um Populationsschwankungen zu erfassen und nach Bedarf zu handeln.

Der Zusammenhang zwischen dem Befall mit dem Möhrenblattfloh und dem Lso Bakterium in Möhrenbeständen konnte nicht abschließend geklärt werden. Die aktuellen Ergebnisse zeigen, dass die Möhrenbestände mit Lso infiziert sind, obwohl nur eine geringe Anzahl mit Möhrenblattflöhen vorhanden war. Das war überraschend, da die in der Literatur beschriebenen Symptome für einen Befall mit Lso nicht oder nur in geringem Masse auf den untersuchten Flächen aufgetreten sind. Um eine Infektion mit dem Lso Bakterium zu erkennen, reichen visuelle Symptome nicht aus, sondern molekularbiologische Nachweismethoden sind erforderlich.

Praxisrelevante Ergebnisse (JKI)

Ertragsausfälle bei der Möhre verursacht durch *T. apicalis* treten bei Massenbefall auf. Ein leichter Befall bzw. geringe Zahlen von *T. apicalis* können toleriert werden. Die Größe bzw. das Gewicht der Möhre wird durch einen geringen Befall nicht beeinträchtigt. Bekämpfungsmaßnahmen werden nur in Jahren mit hohem *T. apicalis* Aufkommen nötig.

Bisher gibt es keine Schadschwelle für den Möhrenblattfloh für den norddeutschen Möhrenanbau. Mit den Ergebnissen aus dem Projekt lässt sich jedoch sagen, dass < 20 *T. apicalis* pro Woche und Fläche in den Kalenderwochen 22-26, als geringer Befall einzustufen sind und den Ertrag nicht beeinflussen. Andere wichtige Schaderreger, die zum Teil ähnliche Schadsymptome wie *T. apicalis* verursachen können, sind zu beobachten und im regelmäßigen Monitoring zu dokumentieren. Dazu zählen vor allem Blattläuse, Zikaden und Wanzen.

Projektteil ÖBG

- Die Versuche zur direkten Bekämpfung lassen noch keine eindeutigen Schlüsse zur Wirksamkeit der getesteten Wirkstoffe zu.
- Anbau Frühmöhren: Die Versuche zur indirekten Bekämpfung weisen darauf hin, dass eine Frühaussaat mit ausreichendem Abstand vor Beginn der Hauptflugzeit zu sicheren Erträgen führen kann.
- Anbau Spätmöhren: Die Versuche zur indirekten Bekämpfung zeigen, dass eine Spätaussaat in Anlehnung an das Monitoring zwingend erforderlich ist. Dadurch kann ein Schaden an Möhren vermieden und gute Möhrenerträge und -qualitäten erzielt werden.
- Eine späte Möhren-Aussaat, die sich terminlich am Höhepunkt des Zufluges des Möhrenblattflohs orientiert, führte 2015 - 2019 nach Aussage und Erfahrung der beteiligten Landwirte zu guten Erträgen und Qualitäten.

Die Ergebnisse zur Untersuchung des Aussaattermins, eröffnen den Möhrenanbauern mögliche günstigere Zeitpunkte für die Aussaat um ein Zusammentreffen von *T. apicalis* und dem empfindlichen Stadium der Möhre (Frühmöhren und Spätmöhren) zu verhindern.

Durch die Ergebnisse kann den Möhrenanbauern die Angst genommen werden, dass sie aufgrund von *T. apicalis* den Möhrenanbau in der Untersuchungsregion komplett einstellen müssen.

Projektteil LUH

Für die Ergebnisse des intensiven Monitorings, der einen Großteil der Arbeitszeit (Zuarbeit bei der Durchführung) umfasste, siehe Schlussbericht des JKI.

Es konnten zwar in diesem Teilprojekt einige Ergebnisse zur Biologie des Möhrenblattflohs (u. a. zum Dispersionsvermögen, Flughöhen und Nutzung umliegender Gehölze als Überwinterungsquartiere) gewonnen werden, allerdings sind diese Ergebnisse wegen der sehr geringen Individuenzahlen nicht belastbar und statistisch nicht abzusichern. Insofern können sie allenfalls Hinweise liefern, die als Arbeitsgrundlage für weitere Projekte verwendet werden können.

Die selbst entwickelten Fallenmasten scheinen eine gut funktionierende und preiswerte Methode zu sein, fliegende Insekten in Höhen bis 5 m nachweisen zu können, ohne großen Aufwand bei der Aufstellung und Betrieb treiben zu müssen. Diese Methode kann sowohl in der Faunistik als auch beim Monitoring von Insektenpopulationen im Pflanzenschutz – auch in Kombination mit anderen Fallentypen (z. B. Gelbtafeln, Luftklebnetze) – verwendet werden

Bei der visuellen Orientierung des Möhrenblattflohs sind die Ergebnisse noch nicht praxisrelevant. Sie geben einen ersten Hinweis darauf, dass die Farbwahl bei den Monitoringfallen auf den Möhrenblattfloh abzustimmen ist, jedoch müssen die vorliegenden Ergebnisse erneut im Freiland validiert werden.

7. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; Hinweise auf weiterführende Fragestellungen (JKI, LUH)

Tabelle 34: Gegenüberstellung geplante und erreichte Ziele

Geplantes Ziel	Erreichtes Ziel
<p>Untersuchungen zum zeitlichen Auftreten von <i>Trioza apicalis</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Flug- und Befallsüberwachung 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Der Zuflug und die Häufigkeit von <i>Trioza apicalis</i> wurden in einem Monitoring mit zwei Klebefallen pro Fläche erfasst. ➤ Ein erweitertes Monitoring mit 20 Klebefallen pro Fläche wurde erprobt. Diese Art des Monitorings sollte darüber hinaus Daten liefern, aus welcher Richtung die Insekten auf die Flächen einfliegen. ➤ Die Befallsüberwachung innerhalb der Flächen, erfolgte mit Bonituren. Hierbei wurden die Schadsymptome in Form von Kräuseln an den Fiederblättern der Möhre, sowie <i>T. apicalis</i> Larven erfasst.
<p>Untersuchungen zur Biologie von <i>Trioza apicalis</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ausprägung Schadsymptome an Möhren (JKI) ➤ Aufbau einer <i>T. apicalis</i> Zucht (JKI) ➤ Beobachtung und Beschreibung der Entwicklung von <i>T. apicalis</i> vom Ei bis zum Imago (JKI) ➤ Erfassung entwicklungsrelevanter Parameter (JKI) ➤ Sessilität an jungen Möhren (JKI) ➤ Versuche zum Abwanderungsverhalten (JKI) ➤ Untersuchungen zu Überwinterungsstrategien (JKI) ➤ Abgleich von Flug- und Befallsdaten mit Klimadaten (LUH) ➤ Migrationsverhalten: Migration zu Sommer- und Winterwirten (LUH) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Ausprägungen zu Schadsymptomen an Möhre wurden im Freiland untersucht, sowie in einem Laborversuch. ➤ Ab 2018 wurde am JKI eine <i>T. apicalis</i> Zucht aufgebaut. Die Zucht am JKI ist mehrmals eingebrochen und musste jedes Mal komplett neu gestartet werden. Ab 2020 konnte die Zucht stabilisiert werden, sodass ab 2021 eine gut etablierte und stabile Zucht zur Verfügung stand. Ab Januar 2021 standen genügend Insekten zur Verfügung, dass Versuche durchgeführt werden konnten und darüber hinaus sogar mehrmalige Abgaben großer Mengen des Insektes an den Projektpartner LUH möglich waren. ➤ Die Erfassung entwicklungsrelevanter Parameter erfolgte zum einen in der intensiven Beobachtung und Protokollierung der Insekten in der Zucht. Zum anderen wurden Daten zur Kältetoleranz und zur Notwendigkeit der Wirtspflanze bzw. des Wirtswechsels in einem Versuch erhoben. ➤ Die Ergebnisse der Versuche zum Schadbild und der Sessilität an Möhren wurden in einem Poster auf der Pflanzenschutztagung 2018 präsentiert. ➤ Die Auswertung des Versuches zum Abwanderungsverhalten hat ergeben, dass kein einziger <i>T. apicalis</i> gefunden wurde. Zum Zeitpunkt des Versuches waren wesentliche Informationen zum

	<p>Abwanderungsverhalten und zur aktuellen Populationsdichte am Standort noch nicht bekannt und wurden erst im Laufe der folgenden vierjährigen Projektlaufzeit bekannt.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Überwinterungsstrategie wurde in einem Versuch unter Freilandbedingungen 2020/2021 untersucht ➤ Der Abgleich von Flug- und Befallsdaten der Praxisflächen mit Klimadaten von naheliegenden Wetterstationen erfolgte für die beiden Untersuchungsgebiete. ➤ Die Untersuchungen zum Migrationsverhalten ließen keine eindeutigen Schlussfolgerungen zu, da die Populationsdichte von <i>T. apicalis</i> sehr gering war.
Laboruntersuchungen auf Lso Infektion	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Von 2018-2021 wurden jährlich je 80 Möhrenproben von zwei Flächen im Untersuchungsgebiet Ostniedersachsen auf eine Infektion mit Lso untersucht. 2017 wurden nur 50 Pflanzen von einer Praxisfläche untersucht. ➤ Ab 2020 wurden auch <i>T. apicalis</i> von Praxisflächen untersucht. ➤ 2020 wurden zusätzlich weitere stechend-saugende Insekten wie Blattläuse, Zikaden und Wanzen untersucht.
Feldversuche zur Regulierung des Blattflohbefalls	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Feldversuche zur indirekten und direkten Bekämpfung von <i>T. apicalis</i> wurden 2018 und 2019 durchgeführt. Ab 2020 wurden diese Versuche aufgrund geringer Populationsdichten von <i>T. apicalis</i> eingestellt. ➤ Versuche zur indirekten Bekämpfung auf zwei Versuchsstandorten (Ostniedersachsen von 2017 – 2021 und Südniedersachsen von 2018 - 2021) durchgeführt.
Wissenstransfer in die gemüsebauliche Praxis	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Feldbegehungen zusammen mit den Landwirten auf den Praxisflächen. ➤ Fachlicher Austausch mit Landwirten auf den Praxisflächen (Mai, in unregelmäßigen Abständen zwischen Mai und Juli) ➤ Informationen über den Flugverlauf von <i>T. apicalis</i> wurden wöchentlich an die Landwirte weitergegeben. ➤ Jährliche Projekttreffen mit Ergebnispräsentation und -diskussion in Anwesenheit der Landwirte und Projektpartner
Wissenstransfer in die wissenschaftliche Community	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ergebnisse wurden in Fachzeitschriften publiziert und auf Fachtagungen in Vorträgen/Postern präsentiert.

8. Zusammenfassung

An dem BLE Projekt „Entwicklung eines nachhaltigen Managementsystems für den Möhrenblattfloh im ökologischen Möhrenanbau“ waren die drei Projektpartner Julis Kühn-Institut-GF und durch Umbenennung in 2022 JKI-G, Öko-BeratungsGesellschaft mbH und Leibniz Universität Hannover beteiligt. In der fünfjährigen Projektzeit von 2017-2022 wurden die Themenkomplexe Zeitliches Auftreten, Biologie und Verhalten von *T. apicalis* bearbeitet, sowie Regulierungsstrategien erprobt und die Durchseuchung von Möhren und Insekten mit Lso untersucht.

Die übliche Monitoringmethode mit Klebefallen der Marke Rebell orange wurde überprüft. Getestet wurde der Standort im Feld, die Höhe und die Anzahl der Fallen. Die Evaluation des gängigen Monitoringverfahrens für *T. apicalis* ergab, dass es mehrere Stellschrauben gibt, an denen das Verfahren verbessert werden kann und muss.

Viele Wissenslücken bestanden auch hinsichtlich der Biologie von *T. apicalis*. Bestätigt werden konnten Beginn, Höhepunkt und Abnahme der Flugaktivität von *T. apicalis* während der Saison. Wohingegen andere Angaben aus der Literatur wie z.B. Eiablagekapazität pro Weibchen, Schadsymptome an Möhren und Schadpotenzial von *T. apicalis* auf Möhren von den Beobachtungen im Projekt abwichen. Hier lohnt es sich zu untersuchen, wie hoch das tatsächliche Schadpotenzial von *T. apicalis* in Möhren ist und welche Faktoren zu Ertragsausfällen führen können.

In den Untersuchungen zum Migrationsverhalten wurde sowohl das Abwanderungsverhalten von der Möhre ins Überwinterungshabitat als auch die Rückwanderung in die Möhrenbestände untersucht. Aufgrund extrem geringer Fangzahlen und Populationsdichten in den Projektjahren, lässt sich kein sicherer Schluss aus diesen Ergebnissen ziehen. Erste Beobachtungen aus einem Laborversuch zur Überwinterung deuten jedoch an, dass *T. apicalis* nicht zwangsläufig auf Koniferen zur Überwinterung angewiesen ist.

Die Versuche zur direkten Regulierung haben ebenfalls aufgrund sehr geringer Populationsdichten kein eindeutiges Ergebnis geliefert. Die Verschiebung des Aussaatzeitpunktes verhindert möglicherweise das Zusammentreffen von *T. apicalis* und vulnerablen Möhren im aktuellen Jahr.

Der Durchseuchungsgrad der Möhren mit Lso war 2018 und 2019 sehr hoch. Wohingegen nur in einem sehr kleinen Anteil der untersuchten *T. apicalis* Lso nachgewiesen werden konnte. Das legte die Vermutung nahe, es könnte weitere Vektoren für Lso in Möhren geben, was jedoch in diesem Projekt nicht bestätigt werden konnte. Trotz der hohen Durchseuchungsrate der Möhren mit Lso konnten keine Ertragsminderungen festgestellt werden. Der Einfluss von Lso auf den Ertrag von Möhren konnte nicht abschließend geklärt werden. Die Vermutung eines geringen Einflusses von Lso auf den Ertrag der Möhre legen die Projektergebnisse jedoch nahe.

Momentan besteht im norddeutschen Möhrenanbau keine Notwendigkeit zur Anwendung eines Managementkonzeptes gegen *T. apicalis* da die Populationsdichten auf einem sehr geringen Niveau sind. Jedoch sollte unbedingt ein langfristiges Monitoringsystem etabliert werden, um einen Anstieg der Population sicher und rechtzeitig zu erkennen.

9. Literaturverzeichnis

- Alfaro-Fernandez A.**, Hernandez-Llopis D., Font M. I. (2017): Haplotypes of „*Candidatus Liberibacter solanacearum*“ identified in Umbeliferous crops in Spain, *Eur J Plant Path* 2017; 149: 127-131. Doi: 10.1007/s10658-017-1172-2.
- AMI 2022/OG-119** (aus Veröffentlichung Destatis, Statistisches Bundesamt).
- AMI 2022/OG-148** (aus Veröffentlichung Destatis, Statistisches Bundesamt).
- Anderbrant O.**, Yuvaraj J. K., Høgetveit L.-A., Nissinen A. I., Martin N. M. A. (2019): Electrophysiological responses of carrot psyllids (*Trioza apicalis*), in different phases of their life cycle, to volatile carrot and conifer compounds. *J Appl Entomol.* 2020; 144:236–240. doi: 10.1111/jen.12722.
- Atakan E.** & Pehlivan S. (2015): Attractiveness of various colored sticky traps to some pollinating insects in apple. *Turk J Zool* (2015) 39: 474-481. doi:10.3906/zoo-1403-62.
- Atakan E.**, Pehlivan S., Satar S. (2016): Response of some beneficial insect species to colored sticky traps in citrus. *Turkish Journal of Entomology.* 2016; 40(4): 0-0. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/entoted/issue/27270/287083>.
- Bey, N.S.** (1931): Untersuchungen über Möhrenblattsauger, Aus der Zweigstelle Aschersleben der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft.
- Brück E.**, Elbert A., Fischer R., Krueger S., Kühnhold J, Klueken A.M., Nauen R., Niebes J.-F., Reckmann U., Schnorbach H.-J., Steffens R., van Waetermeulen X. (2009): Movento®, an innovative ambimobile insecticide for sucking insect pest control in agriculture: biological profile and field performance. *Crop Prot.* 28: 838–844.
- Burckhardt D.** & Freuler J. (2000): Jumping plant-lice (Hemiptera, Psylloidea) from sticky traps in carrot fields in Valais, Switzerland. *Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* 73: 191 - 209.
- Burts E. C.** & Fischer W. R. (1967): Mating Behaviour, Egg production and Egg fertility in the pear psylla. *Journal of Economic Entomology*, Vol. 60, No 5.
- Cotes B.**, Rämert B., Nilsson U. (2018): A first approach to pest management strategies using trap crops in organic carrot fields. *Crop Protection* 112: 141-148.
- Dewar R.C.** & Watt A.D. (1992): Predicted changes in the synchrony of larval emergence and budburst under climatic warming. *Oecologia* 89: 557–559.
- Döring T. F.** & Chittka L. (2007): Visual ecology of aphids—a critical review on the role of colours in host finding. *Arthropod-Plant Interactions* (2007) 1:3–16. doi: 10.1007/s11829-006-9000-1.
- Fischer S.** (2013): Strategien zur Bekämpfung des Möhrenblattfloh. *Der Gemüsebau* 2: 19.
- Fischer S.** & Auer J. (2008): Möhrenblattfloh: Chronik einer angekündigten Invasion. Medienmitteilung der Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW vom 30.06.2008: 1-3.
- Fischer S.**, Terrettaz C. (2002): Lutte raisonnée contre le psylle de la carotte. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture et Horticulture* Vol 34 (3):159-165.
- Fischer S.**, Terrettaz C. (2003): A strategy for the control of carrot psylla (*Trioza apicalis* Förster) in Switzerland. *IOBC/WPRS Bulletin* 26: 331-338.
- Gill H.**, Gaurav G., Gurminder C. (2017): Insect Diapause: A Review. *J. Agr. Sci. Tech. Iran* 7: 454-473. doi: 10.17265/2161-6256/2017.07.002.
- Guo K.**, Sun O.J., Kang L. (2011): The Responses of Insects to Global Warming. In: Liu T., Kang L. (eds): *Recent Advances in Entomological Research.* Springer, Berlin, Heidelberg. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-17815-3_11.
- Haapalainen M.**, Kivimäki P., Latvala S., Rastas M., Hannukkala A., Jauhiainen L., Lemmetty A., Pirhonen M., Virtanen A. and Nissinen A. I. (2017): Frequency and occurrence of the carrot pathogen “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” haplotype C in Finland, *Plant Pathology* 2017, 66:559-570, doi: 10.1111/ppa.12613.
- Haapalainen M.**, Latvala S., Rastas M., Wang J., Hannukkala A., Pirhonen M. and Nissinen A. I. (2018): Carrot pathogen “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” Haplotype D detected in symptomless potatoes in Finland, *Potato Research* 2018, 61: 31-50, doi: 10.1007/s11540-017-9350-3.

- Hajri A.**, Loiseau M., Cousseau-Suhard P., Renaudin I., Gentit P. (2017): Genetic Characterization of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' Haplotypes Associated with Apiaceous Crops in France. *Plant Disease* 101: 1383-1390.
- Hodkinson I. D.** (2009): Life cycle variation and adaptation in jumping plant lice (Insecta: Hemiptera: Psylloidea): a global synthesis. *J. Nat. Hist.* 43: 65-179. Doi: 10.1080/00222930802354167.
- Holz T.** (2018): Der Möhrenblattfloh mogelt sich durch – ein ernstes Problem! Vortrag Ökome-Seminar, 7.11.2018 in Horn/Nordrhein-Westfalen.
- Hommel M.**, Buck H. (2016): The occurrence of the carrot psyllid in Germany. In: Meadow, R. (ed.): IOBC-WPRS Working Group "Integrated Protection in Field Vegetables": Proceedings of the Meeting in Hamburg (Germany), 04 - 07 October, 2015 (IOBC-WPRS Bulletin): 3.
- Huberth A.F.**, Denno R.F. (2004): Plant water stress and its consequences for herbivorous insects: a new synthesis. *Ecology* 85: 1383–1398.
- Jaworski T.** & Hilszczański J. (2013): The effect of temperature and humidity changes on insects development their impact on forest ecosystems in the expected climate change. *For. Res. Pap.* 74. Doi: 10.2478/frp-2013-0033.
- Johnson C.G.** (1957): The distribution of insects in the air and the empirical relation of density to height. *J. Anim. Ecol.* 26: 479-494. Doi: 10.2307/1760.
- Kaakeh W.** & Dutcher J. (1993): Effect of Rainfall on Population Abundance of Aphids (Homoptera: Aphididae) on Pecan. *J. Entomol. Sci.* 28: 283-286. Doi: 10.18474/0749-8004-28.3.283.
- Kogel WJD** & Deventer P (2003) Intraspecific attraction in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*; indications for a male sex pheromone. *Entomologia Experimentalis et Applicata*: 87–89. doi:10.1046/J.1570-7458.2003.00031.X.
- Koller M.** (2013): Zum Möhrenblattfloh, Ökumenischer Gärtnerbrief 2-2013.
- Kristoffersen L.**, Hallberg E., Wallénberg R., Anderbrant O. (2006): Sparse sensillar array on *Trioza apicalis* (Homoptera, Triozidae) antennae—an adaptation to high stimulus levels? *Arthropod Structure & Development* Volume 35, Issue 2, June 2006, Pages 85-92. <https://doi.org/10.1016/j.asd.2006.04.001>.
- Kristoffersen L.** & Anderbrant O. (2007): Carrot psyllid (*Trioza apicalis*) winter habitats – insights in shelter plant preference and migratory capacity. *J. Appl. Entomol.* 131: 174–178. Doi: 10.1111/j.1439-0418.2007.01149.x.
- Láska P.** (1974): Studie über den Möhrenblattfloh (*Trioza apicalis* Först.) (Trioziidae, Homoptera). *Acta Sc. Nat. Brno* 8: 1–44.
- Láska P.** (2011): Biology of *Trioza apicalis* – A Review. *Plant Protect. Sci* 47: 68–77.
- Láska P.** (2013): Migration Flight of Carrot Psyllid (*Trioza apicalis*) at Various Latitudes is Independent of Local Phenology. *Plant Protect. Sci.* 49: 187–192.
- Láska P.** & Rogl J. (2008): Periodicity of the outbreaks of the carrot psyllid (*Trioza apicalis*) cannot be explained by sunspot activity. *Biologia* 63: 1181-1183. Doi: 10.2478/s11756-008-0178-9.
- Mawassi M.**, Dror, O., Bar-Joseph, M., Piasezky, A., Sjölund, J. M., Levitzky, N., Shoshana, N., Meslenin, L., Haviv, S., Porat, C., Katsir, L., Kontsedalov, S., Ghanim, M., Zelinger-Reichert, E., Arnsdorf, Y. M., Gera, A., & Bahar, O. (2018). 'Candidatus Liberibacter solanacearum' Is Tightly Associated with Carrot Yellows Symptoms in Israel and Transmitted by the Prevalent Psyllid Vector *Bactericera trigonica*. *Phytopathology*, 108(9), 1056–1066.
- Meadows R.** (2010): The carrot psyllid, *Trioza apicalis* - biology and control. *Bioforsk Rapport* 5: 1-11.
- Meadow R.** (2012): The carrot psyllid – biology and control. Nordic root crop conference vom 9.-10.2.2012 in Vingsted Dänemark.
- Moir M.**, Croeser L., Telfer D., Fenner C., McCauley (2021): Optimizing efficiencies in biosecurity surveillance and monitoring: testing colour and multi-lure traps on tomato potato psyllid, other plant-lice (Psylloidea) and stinkbugs (Pentatomoidea). <https://www.researchsquare.com/article/rs-853713/v1>. 10.21203/rs.3.rs-853713/v1.
- Mühle** (1953): Kräuselkrankheiten der Möhre.

- Munyaneza J. E., Fisher T.W., Sengoda V.G., Garczynski S.F., Nissinen A., Lemmetty A. (2010):** First Report of “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” Associated with Psyllid-Affected Carrots in Europe. *Plant Disease* 94:639.
- Munyaneza J. E., Swisher K. D., Hommes M., Willhauck A., Buck H. Meadow R. (2015):** First Report of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ Associated With Psyllid-Infested Carrots in Germany. *Plant disease* 99: 1269.
- Nehlin G., Valterová I., Borg-Karlson A.-K. (1994):** Use of conifer volatiles to reduce injury caused by carrot psyllid, *Trioza apicalis*, Förster (Homoptera, Psylloidea). *J Chem Ecol* 20: 771–783.
- Nehlin G., Valterová I., Borg-Karlson A.-K. (1996):** Monoterpenes released from Apiaceae and the egg-laying preferences of the carrot psyllid, *Trioza apicalis*. *Ent. Ex. Appl.* 80: 83-86.
- Nilsson U. & Rämert B. (2017):** The potential of trap crops as a pest management strategy against the carrot psyllid (*Trioza apicalis*) - an initial investigation of plant material for use as a trap crop. *Acta Hort.* 1153. Doi 10.17660/ActaHortic.2017.1153.32.
- Nissinen A., Kainulainen P., Piirainen A., Tiilikkala K., Holopainen J. K. (2003):** Oviposition preference of carrot psyllid (*Trioza apicalis*) on different carrot varieties. *IOBC wprs Bulletin* 26: 109-112.
- Nissinen A. (2007):** Looking for ecological control of carrot psyllid. *Forskningsnytt* 3-4: 1-2.
- Nissinen A., Kristoffersen L., Anderbrant O. (2008):** Physiological state of female and light intensity affect the host-plant selection of carrot psyllid, *Trioza apicalis* (Hemiptera: Triozidae). *Eur. J. Entomol.* 105: 227–232.
- Nissinen A. & Ketola J. (2012):** Carrot / Control of Carrot Psyllid (*Trioza apicalis*). MTT Agrifood Research Finland: 8 p.
- Nissinen A. I., Haapalainen, M., Jauhiainen, L., Lindman, M., & Pirhonen, M. (2014).** Different symptoms in carrots caused by male and female carrot psyllid feeding and infection by ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*.’ *Plant Pathology*, 63(4), 812–820.
- Nissinen A. I., Haapalainen M., Ojanen H., Pirhonen M. and Jauhiainen L. (2020):** Spreading of *Trioza apicalis* and development of „*Candidatus Liberibacter solanacearum*” infection on carrot in the field conditions, *Annals of Applied Biology* 2021, 178:39-50, doi: 10.1111/aab.12644.
- Othmen S. B., Abbes, K., El Imem, M., Ouvrard, D., Rapisarda, C., & Chermiti, B. (2019).** *Bactericera trigonica* and *B. nigricornis* (Hemiptera: Psylloidea) in Tunisia as potential vectors of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ on Apiaceae. *Oriental Insects*, 53(4), 497–509.
- Otieno J., Stukenberg N., Weller J., Poehling H.-M. (2018):** Efficacy of LED-enhanced blue sticky traps combined with the synthetic lure Lurem-TR for trapping of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*). *J Pest Sci* 91: 1301–1314.
- Ozols, E. (1925):** Zala burkanu lapu uts (*Trioza viridula* Zett.) [Möhrenblattfloh (*Trioza viridula* Zett.)]. Lauksaimniecibas parvaldes izdevums, Krajuma pie “Letas”, Riga (lettisch, englische Zusammenfassung).
- Parry H. R. (2013):** Cereal aphid movement: general principles and simulation modelling. *Mov. Ecol.* 1: 14. Doi: <http://www.movementecologyjournal.com/content/1/1/14>.
- Ragnarsson S. and Wikström M. (2016):** Carrot psyllid – Swedish experience in practical farming and trials; Conference paper : IOBC/WPRS Bulletin 2016 Vol.118 pp.61-67.
- Rahmani, R., Andersson, F., Andersson, M.N., Yuvaraj J. K., Anderbrant O. and Hedenström E. (2019):** Identification of sesquisabinene B in carrot (*Daucus carota* L.) leaves as a compound electrophysiologically active to the carrot psyllid (*Trioza apicalis* Förster). *Chemoecology* 29, 103–110 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00049-019-00280-6>.
- Rämert B. (1993):** Sawdust can be used for control of the carrot psyllid (*Trioza apicalis*). *Vaxtskyddsnotiser* 57: 34–38.
- Rau F., Buck H., Hommes M., Willhauck A. (2015):** Bekämpfung des Möhrenblattflohs (*Trioza apicalis*) in Möhren, Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Versuche im Öko-Gemüsebau 2015.
- Rau F., Buck H., Hommes M., Willhauck A. (2016):** Bekämpfung des Möhrenblattflohs (*Trioza apicalis*) in Möhren, Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Versuche im Öko-Gemüsebau 2016.

- Rau F., Buck H., Hommes M., Willhauck A. (2017):** Bekämpfung des Möhrenblattflohs (*Trioza apicalis*) in Möhren, Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Versuche im Öko-Gemüsebau 2017.
- Rygg T. (1977):** Biological investigations on the carrot psyllid *Trioza apicalis* Förster. Meld. Nor, Landbrukshogsk 56: 1–20.
- Saucke, H. (2004):** Vermeidung von Viruserkrankungen (Möhrenröte) im ökologischen Möhrenanbau, FKZ 02OE253 Bundesprogramm Ökologischer Landbau.
- Sauer, J., Dewert, A., Hondelmann, P., Meyhöfer R., Hommes M., Buck H., Ulrichs C., Vogler U. (2021):** Exceeding the threshold value for *Trioza apicalis* Förster 1848 in carrot fields did not cause damage as revealed during monitoring in Germany from 2017–2020. J Plant Dis Prot 128, 865–870. <https://doi.org/10.1007/s41348-021-00455-w>.
- Sauer C. & Fischer S. (2014):** Schadschwellen im Deutschschweizer Gemüsebau. Agroscope Fiche technique N° 5 / 2014.
- Schrader G., Müller M., Stefani E. (2014):** *Candidatus* Liberibacter solanacearum – eine neue Gefahr für den Kartoffel- und Tomatenanbau? Journal für Kulturpflanzen 66: 169–174.
- Schuldt B., Buras A., Arend M., Vitasse Y., Beierkuhnlein C., Damm A., Gharun M., Grams T.E.E., Hauck M., Hajek P., Hartmann H., Hiltbrunner E., Hoch G., Holloway-Phillips M., Körner C., Larysch E., Lübbe T., Nelson D.B., Rammig A., Rigling A., Rose L., Ruehr N.K., Schumann K., Weiser F., Werner C., Wohlgenuth T., Zang C.S., Kahmen A. (2020):** A first assessment of the impact of the extreme 2018 summer drought on Central European forests. Basic Appl. Ecol. 45: 86-103. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2020.04.003>.
- Seljåsen R., Vogt G., Olsen E., Lea P., Høgetveit L.A., Tajet T., Meadow R., Bengtsson G.B. (2013):** Influence of field attack by carrot psyllid (*Trioza apicalis* Förster) on sensory quality, antioxidant capacity and content of terpenes, falcarindiol and 6-methoxymellein of carrots (*Daucus carota* L.). J Agric Food Chem. 61: 2831-2838. Doi: 10.1021/jf303979y.
- Spory K. (2006):** Freilandgemüsebau – Ausgewählte Kulturen: Möhren. Informationsmaterialien über den ökologischen Landbau (Landwirtschaft einschl. Wein-, Obst- und Gemüsebau) für den Unterricht an landwirtschaftlichen Berufs- und Fachschulen. Herausgeber: BLE: 1-18.
- Srygley R.B., Dudley, R. (2008):** Optimal strategies for insects migrating in the flight boundary layer: mechanisms and consequences. Integrative and Comparative Biology 48: 119–133. Doi: <https://doi.org/10.1093/icb/icn011>.
- Stukenberg N., Gebauer K. Poehling H.-M. (2015):** Light emitting diode (LED)-based trapping of the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). J Appl Entomol 139: 268-279.
- Šulc, 1909**
- Tajet, T., (2019):** Mündliche Mitteilung Beratertreffen (Carrot Advisor Experience Exchange Network) vom 11.-12.12.2019 in 40670 Meerbusch-Osterath .
- Teresani G.R., Bertolini E., Alfaro-Ternández A., Martínez C., Tanaka F.A., Kitajima E.W., Roselló M., Sanjuán S., Ferrándiz J.C., López M.M., Cambra M., Font M.I. (2014):** Association of ‘*Candidatus* Liberibacter solanacearum’ with a vegetative disorder of celery in Spain and development of a real-time PCR method for its detection. Phytopathology 104:804-811.
- Terry IL & Gardner D (1990)** Male mating swarms in *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). Journal of Insect Behavior 3: 133–141. doi:10.1007/bf01049200.
- Tiilikkala K., Ketola J., Taivalmaa S.L. (1996):** Monitoring and threshold values for control of the carrot psyllid. IOBC/WPRS Bulletin 19 (11): 18–24.
- Valterová I., Nehlin G., Borg-Karlson A.K. (1997):** Host plant chemistry and preferences in egg-laying *Trioza apicalis* (Homoptera, Psylloidea). Biochem. Syst. Ecol. 25: 477–491.
- van den Berg M. A., Deacon V. E., Thomas C. D. (1991):** Ecology of the Citrus Psylla, *Trioza erythrae* (Hemiptera: Triozidae). 3. Mating, fertility and oviposition, Phytophylactica (1991) 23: 195-200.
- van Tol, R.W.H.M., Tom, J., Roher, M. (2021):** Haze of glue determines preference of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) for yellow or blue traps. Sci Rep 11, 6557, doi.org/10.1038/s41598-021-86105-5.

- Wang J.**, Haapalainen M., Nissinen A.I., Pirhonen M. (2021): Dual Transcriptional Profiling of Carrot and ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ at Different Stages of Infection Suggests Complex Host-Pathogen Interaction. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 34:1281-1297.
- Watmough R. H.** (1968): Population Studies on Two Species of Psyllidae (Homoptera, Sternorhyncha) on Broom (*Sarothamnus scoparius* (L.) Wimmer), *Journal of Animal Ecology*, 37:283-314.
- Watt A.D.** & McFarlane A.M. (2002): Will climate change have a different impact on different trophic levels? Phenological development of winter moth *Operophtera brumata* and its host plants. *Ecol. Entomol.* 27: 254–256.
- Zhen C.**, Yihang G., Xia L., Rongping K. (2015): Effect of Colored Sticky Cards on Non-target Insects. *Agricultural Science & Technology* . May2015, Vol. 16 Issue 5, p983-987.
- Zwölfer H.** (2010): Regulation der Populationsdichte. In: Dettner K., Peters W. (eds.) *Lehrbuch der Entomologie*. Spektrum Akademischer Verlag, 2te Aufl.

10. Übersicht über Veröffentlichungen zum Projekt

10.1 Publikationen

Veröffentlichte Artikel und Artikel in Vorbereitung (in preparation)

Sauer J. et al. (in preparation): Influence of acclimation and shelter under impact of cold temperatures on *T. apicalis*

Sauer J. et al. (in preparation): Influence of *Candidatus Liberibacter solanacearum* infection on carrot root weight in Germany

Sauer J. et al. (2021): Exceeding the threshold value for *Trioza apicalis* Förster 1848 in carrot fields did not cause damage as revealed during monitoring in Germany from 2017–2020; *Journal of Plant Diseases and Protection*; 128 (2); 1-6; <https://doi.org/10.1007/s41348-021-00455-w>

Sauer J. (2018): Steckbrief Möhrenblattfloh; Oekolandbau.de

Sauer J., Hondelmann P. und Buck H. (2020): Möhrenblattfloh *Trioza apicalis* (Foerster 1848); JKI Faltblatt

BÖL Praxismerkblatt (2022) Management des Möhrenblattfloh im ökologischen Möhrenanbau – Biologie, Ökologie und Bekämpfung

Tagungsbeiträge (Abstraktbände, Poster, Vorträge)

Hondelmann P., Meyhöfer R. (2018): Erfassung des Migrationsverhaltens des Möhrenblattfloh (*Trioza apicalis*) und Implikationen für das Monitoring. In: JKI (Hrsg.): 61. Deutsche Pflanzenschutztagung, 11. - 14. September 2018, Universität Hohenheim (Julius-Kühn-Archiv 461): 596-597.

Sauer, J.; Schorpp, Q.; Hondelmann, P.; Meyhöfer, R.; Hommes, M. (2018): Untersuchungen zur Epidemiologie von *Trioza apicalis* im ökologischen Möhrenanbau in Niedersachsen, Deutschland. In: JKI (Hrsg.): 61. Deutsche Pflanzenschutztagung, 11. - 14. September 2018, Universität Hohenheim (Julius-Kühn-Archiv 461): 595-596.

Sauer, J.; Buck, H.; Hondelmann, P.; Meyhöfer, R.; Schorpp, Q.; Hommes, M.; Ulrichs, C.; Vogler, U. (2019): Spatial and temporal dynamics of *Trioza apicalis* in organic carrot cultivation. 53. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung „Future Food Production“, Kurzfassung der Vorträge und Poster (BHGL-Schriftenreihe 34): 158.

Sauer, J.; Hondelmann, P.; Ulrichs, C.; Vogler, U. (2019): Untersuchungen zu *Trioza apicalis* im ökologischen Möhrenanbau in Niedersachsen. 53. Gartenbauwissenschaftliche Jahrestagung „Future Food Production“, Kurzfassung der Vorträge und Poster (BHGL-Schriftenreihe 34): 73.

Sauer J. et al. (2018): Poster „Epidemiologie von *Trioza apicalis* im Möhrenanbau“; 61. Deutsche Pflanzenschutztagung, 11. - 14. September 2018, Universität Hohenheim

Sauer J. et al. (2018): Poster “Spatial and temporal dynamics of *Trioza apicalis* in organic carrot cultivation”; 53. Gartenbauwissenschaftliche Tagung „Future Food Production“; 06.-09.03.2019 in Berlin (DGG&BHGL Jahrestagung)

Sauer J. et al. (2018): Poster “Spatial and temporal dynamics of *Trioza apicalis* in organic carrot cultivation”; JKI, Young Scientists Meeting, 14.-16.11.2018, Braunschweig

Sauer J. et al. (2021): Poster „Infektionsrate von Karottenanbauflächen mit dem Bakterium *Candidatus Liberibacter solanacearum* in Niedersachsen“; 62. Deutsche Pflanzenschutztagung „Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt“; 21. bis 23. September 2021; online

Sauer J. (2018): Vortrag „Der Möhrenblattfloh (*Trioza apicalis*) ein Schädling mit vielen Gesichtern“; 3. Zukunftsdialog Ökolandbau an der HNEE mit dem Titel „Ökogemüsebau – Pflanzenschutzmittel und Nützlingseinsatz“; Veranstalter: Prof. Stefan Kühne (JKI) und Prof. Roland Hoffmann-Bahnsen (HNEE)

Sauer J. (2019): Vortrag „Investigations on Biology of *Trioza apicalis*“; Urban Report, Humboldt-Universität zu Berlin

Sauer J. (2019): Vortrag „Untersuchungen zur Biologie von *Trioza apicalis*“; JKI, Institut für Ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Berlin-Dahlem 18.02.2019

Sauer J. (2019): Vortrag „Überwachung des Möhrenblattflohs *T. apicalis* im ökologischen Möhrenanbau“; 28. Bundesberatertagung für Fachberater im Gemüsebau; 12.-14.03.2019 in Grünberg (Hessen)

Sauer J. (2019): Vortrag „Untersuchungen zu *Trioza apicalis* im ökologischen Möhrenanbau in Niedersachsen“; 53. Gartenbauwissenschaftliche Tagung „Future Food Production“; 06.-09.03.2019 in Berlin (DGG&BHGL Jahrestagung)

Sauer J. (2019): Vortrag „*Trioza apicalis* als Vektor für das Bakterium *Candidatus Liberibacter solanacearum*“; 53. Gartenbauwissenschaftliche Tagung „Future Food Production“; 06.-09.03.2019 in Berlin (DGG&BHGL Jahrestagung)

10.2 Projekttreffen

Einmal jährlich wurde ein Projekttreffen organisiert, zu dem die am Projekt beteiligten Möhrenerzeuger eingeladen wurden. Es wurden die Ergebnisse der vergangenen Saison mit den Möhrenerzeugern besprochen und diskutiert, um den Wissenstransfer in die Praxis zeitnah zu gewährleisten. Von 2017-2019 haben diese Treffen in Präsenz am JKI stattgefunden. Die Treffen wurden vom JKI geplant, organisiert und durchgeführt. Die Projektpartner haben an den Treffen teilgenommen und ihre Ergebnisse präsentiert. 2017 und 2018 wurde zusätzlich von JKI kleine Workshops zu verschiedenen Themen (weitere Infos dazu siehe Tabelle) organisiert an denen die Möhrenerzeuger teilgenommen haben. Ab 2020 haben die Treffen online stattgefunden. 2019 konnte das Projekttreffen aus terminlichen Gründen nicht im Winter stattfinden. Das Treffen fand stattdessen erst im Februar 2020 statt.

Datum	Workshop
22.11.2017	Exkurs in das Labor – Bestimmung von <i>T. apicalis</i> am Binokular
14.11.2018	Exkurs in das Labor <ul style="list-style-type: none"> • Beobachtung von <i>Trioza apicalis</i> unter dem Axiom Mikroskop • Vergleich der Schadsymptome, welche durch <i>Trioza apicalis</i> und Blattläuse an Möhre verursacht werden • Vergleich der Ausprägung von Schadsymptomen durch <i>Trioza apicalis</i> an Möhre bei unterschiedlicher Befallsstärke
25.02.2020	Projekttreffen, ohne Exkurs oder Workshop
25.02.2021	Projekttreffen als Videokonferenz
02.02.2022	Projekttreffen als Videokonferenz

10.3 Interne Koordinationstreffen

Die internen Treffen fanden meist im Vorfeld der Projekttreffen, nur mit den Projektpartnern statt. Bei diesen Treffen wurden die Ergebnisse der vergangenen Saison diskutiert und die Arbeiten für die kommende Saison besprochen. Ab 2018 haben zweimal jährlich interne Koordinationstreffen stattgefunden. Zumeist einmal im Frühjahr, um die anstehende Saison zu besprechen. Und das zweite Treffen wie oben beschrieben im Vorfeld zu den regulären Projekttreffen.

Die Treffen fanden an folgenden Terminen statt: 22.11.2017; 14.03.2018; 14.11.2018; 05.03.2019; 25.02.2020; 25.02.2020; 16.09.2020; 25.02.2021; 15.06.2021; 02.02.2022.

