

Entwicklung situationsbezogener Strategien zur Vermeidung von Möhrenfliegenschäden auf Praxisbetrieben

Development of a situational on-farm strategy to prevent carrot fly related damage in organic carrots

FKZ: 06OE095

Projektnehmer:

Universität Kassel
Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz
Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen
Tel.: +49 5542 98-1561
Fax: +49 5542 98-1564
E-Mail: hsaucke@wiz.uni-kassel.de
Internet: [http:// www.wiz.uni-kassel.de/phytomed](http://www.wiz.uni-kassel.de/phytomed)

Autoren:

Herrmann, Farina; Wedemeyer, Rainer; Liebig, Nadine; Buck, Holger; Hommes, Martin; Saucke, Helmut

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

BÖL

Bundesprogramm
Ökologischer
Landbau

Entwicklung situationsbezogener Strategien zur Vermeidung von Möhrenfliegenschäden auf Praxisbetrieben

FDK : 06OE095

Abschlussbericht

Projektlaufzeit

September 2007 – Mai 2010

Projektleitung

Universität Kassel, Dr. Helmut Saucke, Dipl. Biol. Farina Herrmann

Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz

Nordbahnhofstr. 1a, D-37213 Witzenhausen

Telefon: +49 5542 98-1561

Telefax: +49 5542 98-1564

www.wiz.uni-kassel.de/phytomed

In Zusammenarbeit mit

ÖKORING Versuchs- & Beratungsring für ökologischen Landbau Niedersachsen e.V.

Dipl.Ing. Florian Rau, Dipl. Ing. Holger Buck, Dipl. Ing. Nadine Liebig

Bahnhofstr. 15, D-27374 Visselhövede

Tel.: 04262 95 94 - 0

Fax: 04262 95 94 - 33

kontakt@oekoring.de

**Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für
Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst, Dr. Martin Hommes**

Messeweg 11 / 12, D-38104 Braunschweig

Tel: 0531 299-4601/-4401

Fax: 0531 299-3011/-3009

gartenbau@jki.bund.de

Inhaltsverzeichnis

1.	Ziele und Aufgabenstellung des Projekts	4
1.1.	Planung und Ablauf	4
1.2.	Wissenschaftlicher und Technischer Stand an den angeknüpft wurde	5
1.2.1.	Biologie der Möhrenfliege	5
1.2.2.	Aktueller Stand der Möhrenfliegenkontrolle im ÖL	6
1.3.	Entwicklung einer präventiven Strategie gegen die Möhrenfliege	6
1.3.1.	Räumliche Risikofaktoren – Lage der Möhrenfelder	7
1.3.2.	Zeitliche Risikofaktoren – Möhrenreifegruppen und Befallsexposition	7
1.3.3.	Vegetationsstruktur als Risikofaktor	8
1.3.4.	Fangstreifen	9
2.	Material und Methoden.....	11
2.1.	Versuchsstandorte.....	11
2.2.	Erfassung des Fliegenvorkommens	12
2.3.	Erfassung des Befalls im Erntegut	13
2.4.	SWAT.....	14
2.5.	Erfassung der Möhrenentwicklung nach Aussaat, Ernte, Reifegruppe	15
2.6.	Kartierungen und Digitalisierungen	16
2.6.1.	Möhrenfelder	16
2.6.2.	Holzige Vegetation	16
2.6.3.	Ortschaften	18
2.7.	Berechnung von Strukturmaßen	18
2.8.	Berechnung mit ArcGIS 9.1 & Analysen	19
2.8.1.	Einfluss der Vorjahresflächen.....	19
2.8.2.	Einfluss der holzigen Vegetation und Ortschaften.....	20
2.8.3.	Statistik	21
3.	Ergebnisse	21
3.1.	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	21
3.1.1.	Lokale Anbausituation	21
3.1.2.	Zeitliche Risikofaktoren: Möhrenentwicklung & Koinzidenz mit Fliegen	21
3.1.3.	Räumliche Risikofaktoren: Einfluss der Vorjahresflächen.....	24
3.1.4.	Einfluss der Vegetationsstruktur und Ortschaften	29
3.1.5.	Risikofaktor Vorbefall	32
3.2.	Fangstreifenversuche (FS)	34
3.2.1.	FS – Zusammenfassung	34
3.2.2.	FS – Versuchsfrage	34
3.2.3.	FS – Durchführung.....	34
3.2.4.	FS – Ergebnisse	35

3.2.5.	FS – Diskussion	37
4.	Konzeptgestaltungen – Strategien zur Vermeidung von Möhrenfliegen.....	38
4.1.	Einzelbetriebliche Diskussion – Möglichkeiten der Möhrenfliegenprävention	38
4.1.1.	Betrieb A	38
4.1.2.	Betrieb B.....	39
4.1.3.	Betrieb C	40
4.1.4.	Betrieb D	40
4.1.5.	Betrieb E.....	41
4.2.	Vermeidung der Risikofaktoren	42
4.2.1.	Flächenwahl.....	42
4.2.2.	Zeitfenster Anbau & Ernte.....	42
4.2.3.	Kritische Vegetation	43
4.3.	Noternteszenario.....	43
4.4.	Fangstreifen	44
5.	Zusammenfassung	44
6.	Gegenüberstellung der urspr. geplanten zu den erreichten Zielen	45
7.	Literaturverzeichnis	45
8.	Im Projektzeitraum entstandene Veröffentlichungen.....	49
9.	Kurzfassung.....	50
10.	Anhang	52
11.	Abbildungsverzeichnis	58
12.	Tabellenverzeichnis.....	60

1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

Ziel des Projektes ist die Entwicklung präventiver Maßnahmen zur Vermeidung und Reduktion von Möhrenfliegenschäden im Ökologischen Möhrenanbau. Dabei wurden in engem Kontakt mit den kooperierenden Landwirten situationsbedingte Probleme in der Möhrenfliegenregulation erfasst, zusätzliche Daten zum Auftreten des Schädling erhoben und nach Literaturlage zum Zielschädling analysiert, um situationsbedingte (lokale) und generalisierbare Verhaltensempfehlungen für die Praxis abzuleiten.

Mit dem integrativen Charakter der vorliegenden Studie soll durch gezielte Einbindung der Praxis in die Forschung der Bedeutung einzelbetrieblicher Entscheidungen in der Möhrenfliegenprävention Rechnung getragen werden.

Das Projekt umfasste drei Teilziele

a.) Die GIS – gestützte Erfassung und Auswertung empirischer Fruchtfolge- und Befallsdaten, sowie die Verwendung des Simulationsmodell SWAT zur Identifikation der je nach Anbausituation beteiligten räumlich – zeitlichen Risikofaktoren

b.) Die Evaluierung von Möhren-Fangstreifen als zusätzlichen präventiven Regulierungsbaustein und

c) Ableitung beispielhafter Konzeptgestaltungen für eine betriebliche Anbauplanung anhand situationsbedingter Risikoanalysen

1.1. Planung und Ablauf

Das Verbundprojekt beschäftigte sich mit der Erfassung und Auswertung georeferenzierter Daten zur Fruchtfolge, Fliegenauftreten und Befall auf 5 Praxisbetrieben in 2007–09. Die zusätzliche Einbeziehung eines „Möhren-Fangstreifen-Ansatzes“ als direkte Regulierungsmaßnahme von Möhrenfliegenbefall wurde notwendig, da ein Betrieb aus eigenem Engagement in 2007 Möhren-Fangstreifen zur Erprobung bereits angelegt hatte, ein zweiter Betrieb dies für das Folgejahr plante. Aufgrund der identischen Zielsetzung einer Schadensvermeidung, war deren Einbindung in die Versuchsabläufe des BÖL-Projektes unverzichtbar. Die einzelbetrieblichen Situationen und Ergebnisse wurden herangezogen, um exemplarisch Risikoanalysen und Präventionskonzepte für die Versuchsbetriebe herauszuarbeiten.

Projektpartner waren die landwirtschaftliche Beratung des Ökoring Niedersachsen e.V. (Visselhövede) unter Übernahme umfänglicher Teile bei der Flächenwahl und den praktischen Befallserhebungen, sowie das Institutes für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst des Julius Kühn-Institutes (Braunschweig), welches wesentliche Kompetenzen zur Möhrenfliegenbiologie und für den Umgang mit der Simulationssoftware SWAT einbrachte. Die wissenschaftliche Begleitung, Projektkoordination und Administration wurde von der Universität Kassel/Witzenhausen wahrgenommen.

1.2. Wissenschaftlicher und Technischer Stand an den angeknüpft wurde

Während die Gesamtzahl landwirtschaftlicher Betriebe sinkt, erzielte der Ökolandbau in den vergangenen Jahren in Deutschland Zuwächse, sowohl bei der bewirtschafteten Fläche als auch bei der Anzahl der Betriebe (BMELV 2007). Die Möhre *Daucus carota* ssp. *sativus* ist anbau- und vermarktungstechnisch die mit Abstand bedeutendste Gemüsekultur im Ökolandbau. 14 % der deutschen Möhrenflächen werden ökologisch bewirtschaftet (ZMP & Schaak 2008). Während der Konsum [kg Biomöhren] pro Haushalt weiter steigt, stagnierte die deutsche Anbaufläche in den letzten zwei Jahren. Starke Preisschwankungen, für die mitunter wachsende Möhrenimporte verantwortlich sind, erschweren die Kalkulation von Erlösen aus dem Ökomöhrenanbau (AMI & Illert 2009).

Mit der wachsenden Abundanz von Wirtspflanzen steigen aber auch phytosanitäre Risiken, insbesondere der Status der Möhrenfliege. Der Möhrenfliegenbefall, verursacht durch den Larvenfraß am Rübenkörper, kann ein erhebliches Vermarktungsproblem darstellen. Insbesondere die Qualitätsansprüche des Handels an die optische Erscheinung der Frischmarktware sind hoch. Bei befallsbedingter Warendeklassierung von Frischmarktmöhren zu Saftmöhren kann der Erlös von 23–30 Cent / kg auf ca. 8 Cent / kg sinken.

1.2.1. *Biologie der Möhrenfliege*

Die Fliegen überwintern überwiegend als Puppen im Boden, nahe ihrer Wirtspflanzen, in milden Wintern auch als Larven in der Wirtspflanzenwurzel, bzw. Ernteresten. Ab Ende April schlüpft die erste Generation von Möhrenfliegen. Auf dem Weg zu diesjährigen Möhrensclägern profitieren die Tiere von dichter, hoher Vegetation, wo sich die adulten Fliegen während des Tages vor Austrocknung geschützt aufhalten (Wakerley 1964).

Nach der Paarung erfolgt die Eiablage in Erdritzen nahe den Wirtspflanzen (Bohlen 1967; Städler 1972; Overbeck 1978). In den Abend- und Morgenstunden fliegen die Weibchen zur Eiablage über mehrere Tage wiederholt vom Vegetationssaum in den Möhrenbestand ein, um Eier abzulegen. Die Folge ist ein typischer Randbefall im Möhrenfeld innerhalb der ersten 40 Meter (Finch, Freuler, & Collier 1999). Die larvale Entwicklung erstreckt sich über drei Larvenstadien (L1–L3), von denen das Erste an den feinen Seitenwurzeln der Möhren frisst, während ab dem zweiten Larvenstadium die Einwanderung in die Hauptwurzel erfolgt und dort das typische Schadbild der so genannten Eisenmadigkeit verursacht (Overbeck 1978). Nach erfolgter Verpuppung außerhalb der Möhre, schlüpft ab Anfang Juli die zweite Generation an Möhrenfliegen. Diese befällt wiederum den Möhrenbestand und verbreitet sich darüber hinaus, wodurch auch spätere Sätze, die unter Umständen von der 1. Generation verschont blieben, betroffen sein können. Aufgrund der meist zahlreicheren zweiten Generation und der weiteren Entwicklung der Rübenkörper zum Zeitpunkt der zweiten Larvenfraßperiode (ab Anfang August), sind die Schäden oftmals ausgeprägter und damit vermarktungsrelevanter.

Der Schädling findet seine Wirtspflanzen innerhalb der Familie der Doldenblütler (Apiaceae). Kulturmöhren (*Daucus carota* ssp. *sativus*) werden bevorzugt befallen und stellen aufgrund ihrer Attraktivität und des flächenhaften Anbaus das größte Vermehrungspotential. Aber auch andere Kultur – Apiaceen wie Sellerie (*Apium graveolens*), Pastinake (*Pastinaca sativa*) sowie Wildkräuter wie Giersch (*Aegopodium podagraria*) und Bärenklau (*Heracleum* sp.) sind dokumentierte, gelegentliche Wirtspflanzen der Möhrenfliege. Noch seltener werden Nicht-Apiaceen befallen wie Chicoree (*Cichorium intybus* var. *foliosum*), Endivie (*Cichorium endivia*) und Salat (*Lactuca* sp.) (Hardman & Ellis 1982; Crüger et al. 2002). Die Möhrenfliege ist sehr

gut untersucht und die Tiere gelten als relativ standorttreu und schlechte Flieger (Städler 1972), was sie für einen regionalen Managementansatz unter Berücksichtigung der Flächenwahl interessant macht. Forschungsergebnisse aus Großbritannien zeigen, dass adulte Möhrenfliegen auf der Suche nach Wirtspflanzen circa 100 Meter pro Tag zurücklegen (Finch & Collier 2004) und eine Ausbreitung meist innerhalb eines Kilometers erfolgt (Legutowska 1988). Jedoch zeigte sich bei Praktikern Unsicherheit darüber, ob dies auch auf Praxisbedingungen hiesiger Agrarlandschaften unterschiedlicher Komplexität zutrifft. Potentiell nutzbare Ansatzpunkte sind im Folgenden als Arbeitshypothesen aufgeführt.

1.2.2. *Aktueller Stand der Möhrenfliegenkontrolle im ÖL*

Die Möglichkeiten der Möhrenfliegenregulierung sind im Ökologischen Landbau derzeit unzureichend. Die Auswahl an befallsunempfindlicheren Sorten (Ellis et al. 1987) scheint hinsichtlich einer Befallsreduktion in Wirkungsgrad und Marktvorgaben den Praxisanforderungen nicht zu genügen. Die Sortenwahl der Landwirte wird primär von den Anforderungen der Vermarktung und des Handels beeinflusst, die insbesondere gute Eigenschaften bei Form, Größe und Erscheinung sowie eine gute Lagerfähigkeit fordern. Als partiell resistent beworbene Sorten wie "Flyaway" wurden als nützlich für die Praxis eingeschätzt (Ellis 1999), spielen bis heute im Feldmöhrenanbau jedoch keine Rolle. Die Züchtung von befallsunempfindlichen Sorten wird als schwierig und nicht lukrativ eingeschätzt (mündl. Mitteil. Bart Kuin, Bejo Zaden B.V.) Auch die Erprobung von Mulch (BLE Förderzeichen 02OE097) erbrachte hinsichtlich der Wirkungssicherheit nicht das gewünschte Resultat. Die derzeit wirksamste Maßnahme der Netz- und Vliesabdeckung, ist aufgrund der Material- und Arbeitszeitkosten nur für den kleinflächigen Anbau geeignet. Ein zugelassenes Produkt zur Direktbehandlung steht der Ökologischen Landwirtschaft derzeit nicht zur Verfügung. Der Einsatz vertikaler Insektenzäune scheint dagegen aussichtsreicher. Untersuchungen zum Einsatz in Canada konnten den Möhrenfliegenzuflug reduzieren (Vernon & McGregor 1999) und auch in der Schweiz wurden damit Teilerfolge erzielt. Die Konstruktion zeigte sich jedoch (bisher) zu windanfällig (Wyss, Daniel, & Specht 2003) und damit zu zeit- und kostspielig für die Praxis. Die Wirksamkeit der Insektenzäune scheint zudem von der Randvegetation beeinflusst zu sein (Siekmann & Hommes 2005; Wyss et al. 2003). Auch im konventionellen Möhrenanbau ist die Kontrolle der Möhrenfliege bei hohem Befallsdruck problematisch. Aufgrund von Mittelunwirksamkeiten und den gegenwärtig zu hohen Entwicklungskosten für neue Wirkstoffe seitens der Industrie, gilt auch hier ein präventiver Regulationsansatz als aussichtsreich (Collier 2009; Ester & Rozen 2009). Dabei gelten regionale Ansätze, die Fruchtfolge, Flächenmanagement und Aussaatzeiten berücksichtigen, als erfolgversprechend. Solche Angaben zur Präventionsverbesserung sind in konkreten Praxissituationen aber oft zu vage. Das wesentliche Hemmnis bei der bewussten Umsetzung dieser allgemeinen Empfehlungen bildet die Verzahnung mehrerer Befallsvoraussetzungen, die als Risikofaktoren in dem vorliegenden Projekt bearbeitet werden sollten.

1.3. **Entwicklung einer präventiven Strategie gegen die Möhrenfliege**

Die Entwicklung eines regionalen Schädlingsmanagements eignet sich insbesondere für Arten, die aufgrund Ihrer Biologie eine begrenzte Mobilität aufweisen. Ein bekanntes Beispiel ist der Kartoffelkäfer *Leptinotarsa decemlineata*, der im integrierten Kartoffelanbau erfolgreich über die Fruchtfolge und einer Schlagseparierung von mindestens 400 Metern kontrolliert

werden kann (Sexson & Wyman 2005). In einer vergleichbaren Studie zur Vermeidung des Erbsenwicklers *Cydia nigricana* im Großraum Dresden, konnte auf Grundlage der zeitlich-räumlichen Verteilung der Wirtspflanzen, eine solche Minimaldistanz zu vorjährigen Flächen definiert werden, unterhalb der das Auftreten und der verursachte Schaden durch den Schädling signifikant reduziert waren (Thöming et al. 2009). Entscheidend für ein solches gebietsweises Management ist das Wissen um das Ausbreitungsverhalten und die maximale Ausbreitungsdistanz der Schädlinge, so dass sich die Flächenwahl daran orientieren kann.

1.3.1. *Räumliche Risikofaktoren – Lage der Möhrenfelder*

Durch das Vorhandensein mehrerer Wirtspflanzenarten, ist die Möhrenfliege in den gemäßigten Breiten mit einer Hintergrundpopulation allgegenwärtig (Hill 1987). Dennoch ist nicht jeder Betrieb von Möhrenfliegenbefall gleichermaßen betroffen beziehungsweise bedroht. Die Möhrenfliege tritt vor allem in Gegenden mit langjährigem und intensivem Möhrenanbau vermehrt auf (Buck 2006). Hohe Investitionen in Maschinen, Saatgut und vor allem in Saisonarbeitskräfte für Jätarbeiten, führen im ökologischen Feldmöhrenanbau zu regional großen Anbauflächen, mit Anbaupausen z. T. unterhalb der empfohlenen 4 bis 6 Jahre (Krug et al. 2003), was zu rasch steigenden Fliegenproblemen führen kann. Einmal aufgebaute Fliegenpopulationen lassen sich bei anhaltendem Möhrenanbau nur schwer kontrollieren (Ellis et al. 1987; Hill 1987; Finch et al. 1999; Collier 2009). Im großflächigen Möhrenanbau sind die wichtigsten Infektionsquellen daher die Vorjahresflächen, wo die Fliegen im Frühjahr schlüpfen.

Arbeitshypothese Mindestabstand:

Im Vordergrund der Untersuchungen stand daher die Frage, ob sich ein einheitlicher Mindestabstand zu Vorjahresflächen definieren lässt, oberhalb dem sich ein vermarktungsrelevanter Möhrenfliegenbefall vermeiden lässt. Dazu wurden erstmals mehrortig großräumige GIS basierte Untersuchungen zum Einfluss der Lage und Fläche der Möhrenfelder auf das Fliegenvorkommen im Folgejahr unter Praxisbedingungen unternommen.

1.3.2. *Zeitliche Risikofaktoren – Möhrenreifegruppen und Befallsexposition*

Der Schlupf der Möhrenfliege im Frühjahr ist primär temperaturabhängig (Overbeck 1978; Collier & Finch 1996). Das Erscheinen der Fliegen an den aktuellen Möhrenfeldern ist somit neben der Zuwanderung von den lokalen Luft- und Bodentemperaturen beeinflusst. Es werden pro Jahr 2 – 3 Generationen ausgebildet. In Deutschland erscheint die erste Generation circa Ende April / Anfang Mai, die zweite Generation Anfang / Mitte Juli, eine dritte Generation, wenn vorhanden, erscheint ab September, teilweise überlappend mit der zweiten Generation. Die jeweilige Flugaktivität und Zeitraum der Eiablage ist dabei ebenfalls von den Wetterverhältnissen abhängig. So ist beispielsweise die Flugaktivität bei kühleren Temperaturen oder stärkerem Wind reduziert. Umgekehrt kann bei hohen Temperaturen von in der Regel über 25 ° C im Sommer ein Entwicklungsstopp, die so genannte Aestivation oder Sommerruhe, die Weiterentwicklung der Möhrenfliegenpuppen zeitlich verzögern (Collier & Finch 1996).

Ebenso temperaturabhängig ist die Entwicklung der Möhre, deren Entwicklungszeit in den verschiedenen Reifegruppen aber unterschiedlich verläuft. Nach Standzeiten (Zeitraum zwischen Aussaat und Ernte) werden 3 Gruppen unterschieden; Frischmarktmöhren für den Direktverbrauch (sogenannte 90 – 120 Tage-Sorten), Lagermöhren (140 – 180 Tage-Sorten) und Verarbeitungs-(Industrie-)möhren als ~180 Tage-Sorten. Die in der Praxis verwendeten Begriffe Bund-, Frischmarkt-, Wasch-, Lager- und Industriemöhren lassen sich nicht immer klar voneinander abgrenzen.

Da im Ökologischen Möhrenanbau die Staffelung der Aussaat üblich ist, um Arbeitsspitzen zu vermeiden und Anbaurisiken zu verteilen, können sich auch innerhalb eines Feldes Abschnitte mit unterschiedlichen Standzeiten ergeben, die im Folgenden als Sätze bezeichnet werden.

1.3.2.1. SWAT

Für die zeitliche Risikobewertung erwies sich das Simulationsmodell SWAT als wichtige Instrument, welches auf Basis der Tagesmittelwerte die temperaturabhängige Populationsdynamik von „Gemüsefliegen“ (Kleine Kohlflye, Möhrenfliege und Zwiebelfliege) berechnet (Otto & Hommes 2000). Das Programm simuliert den Zeitraum des Auftretens für die einzelnen Entwicklungsstadien Fliegen, Eier, Larven und Puppen. Dabei berücksichtigt das Modell die Wahrscheinlichkeit einer Aestivation ebenso wie eine verminderte Flugaktivität aufgrund erhöhter Windgeschwindigkeiten, wenn neben der Temperatur noch Winddaten zur Verfügung stehen. So kann unter Nutzung lokaler Klimadaten einer nahe liegenden Wetterstation das Möhrenfliegenauftreten auf betriebseigenen Flächen abgeschätzt werden. Liegen langjährige Temperaturdaten vor, können diese genutzt werden, um die Fliegenentwicklung über den aktuellen Zeitraum hinweg zu simulieren. Wird parallel ein Monitoring mit Gelbklebefallen durchgeführt, lassen sich zusätzlich zu den Klimadaten die Fangzahlen in das Programm einspeisen und ermöglichen dem Nutzer eine Bewertung, wie gut das Modell mit dem Monitoring übereinstimmt und erleichtert gegebenenfalls eine Berücksichtigung bei der Interpretation der Simulationsergebnisse. Im Ökologischen Landbau kann das SWAT Programm daher ein sinnvolles Werkzeug für die Möhrenfliegenprävention sein, da Nutzer daraus ablesen können, wie weit die Entwicklung der Fliege und somit der mögliche Schaden vorangeschritten ist. Damit ist es insbesondere für Terminfragen, wie Aussaat, Ernte, Anlage und Entfernung von Fangstreifen ein sinnvolles Werkzeug. SWAT kann kostenlos von der Internetseite des Julius Kühn-Instituts, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst, heruntergeladen und genutzt werden (www.jki.bund.de).

Arbeitshypothese Koinzidenz:

Daten zur Standzeit der jeweiligen Möhrensätze und deren Überschneidung mit der Fliegenentwicklung sollten Risiko-Konstellationen identifizieren und Möglichkeiten einer minimierten „Befallsexposition“ aufzeigen.

1.3.3. *Vegetationsstruktur als Risikofaktor*

Gut untersucht ist der Einfluss der Vegetation in unmittelbarer Nachbarschaft von Möhrenfeldern. Während der Eiablageperiode fliegen die Tiere wiederholt in den Bestand ein, halten sich jedoch in der Zwischenzeit in der Feldrandvegetation auf, wobei die Ortswahl vom

Feuchtegradient bestimmt zu sein scheint (Wright & Ashby 1946; Wakerley 1963, 1964). Dichte Vegetation in Form von Hecken, Brennessel-Beständen oder hochwüchsiger Nachbarkulturen können einen Befall durch Möhrenfliegen fördern (Wainhouse & Coaker 1981; Coaker & Hartley 1988). Daher sollte bei der Flächenwahl nach Möglichkeit offenen Lagen der Vorzug gegeben werden.

Weitestgehend unbekannt ist der Einfluss der Vegetation bei der Verbreitung von Möhrenfliegen. Bei der Migration herbivorer Insekten zum Zweck der Wirtspflanzensuche sind verschiedene Landschaftsstrukturen als förderlich beschrieben worden (Williams 1957; Southwood 1962; Johnson 1969; Altieri, Letourneau, & Risch 1984). Über das Geschehen der Wanderung der Möhrenfliege von den Überwinterungsplätzen zu den aktuellen Möhrenbeständen ist wenig bekannt. Es wurde beobachtet, dass adulte Möhrenfliegen nach dem Schlupf die Silhouetten von Bäumen und Hecken anfliegen, ein als Hypsotaxis bezeichnetes Verhalten (Johnson 1969; Overbeck 1978). Bei der Langstrecken-Orientierung der Möhrenfliege können chemische Signale von Wirtspflanzen, wie beispielsweise volatile Trans-Asarone, einen Zuflug zu den Wirtspflanzen beeinflussen (Guerin & Visser 1980; Guerin, Städler, & Buser 1983; Berenbaum 1990). Da die Möhrenfliege empfindlich gegenüber Trockenheit und daher auf hohe Luftfeuchtigkeiten angewiesen ist (Wakerley 1964), sucht sie tagsüber, insbesondere vor Wind schützende Aufenthaltsorte und nektarspendende Blütenpflanzen auf. Innerhalb von Agrarlandschaften stellen Hecken und Waldsäume Windschutz bereit sowie eine wichtige Quelle an Blütenpflanzen dar. Die zitierten Verhaltensweisen der Möhrenfliege werfen die Frage auf, ob dauerhafte Strukturen (holzige Vegetation) als Verbreitungskorridore bzw. Orientierungsmarken dienen können und so das Möhrenfliegenauftreten fördern.

Arbeitshypothese Struktur:

Ob der Faktor „Strukturreichtum“ im Umkreis der aktuellen Möhrenfelder einen förderlichen Einfluss auf das lokale Fliegenvorkommen und Befallsausmaß hat, soll in dieser Studie mithilfe großräumiger Kartierungen untersucht werden.

1.3.4. *Fangstreifen*

Nicht immer kann ein Betrieb ein Aufschaukeln der Möhrenfliegen-Hintergrundpopulation völlig verhindern, insbesondere wenn Engpässe bei der Flächenverfügbarkeit auftreten. Eine Möglichkeit der direkten Schädlingsreduktion stellt der Fangpflanzenansatz (trap cropping) dar. Fangpflanzen müssen für den Schädling sehr attraktiv sein, sie anlocken und binden, um so eine weitere Ausbreitung zu verhindern. Solche Fangpflanzensysteme werden beispielsweise im Baumwoll-, Sojabohnen-, Kartoffel- und Blumenkohlanbau erfolgreich eingesetzt, um Schadinsekten an speziellen Punkten zu konzentrieren, und sie daraufhin vor einer Massenvermehrung unschädlich zu machen (Hokkanen 1991; Shelton & Badenes-Perez 2005). Aufgrund verschiedener erfüllter Grundvoraussetzungen (insbes. Bindung von Eiablagepotential im Fangstreifen, sowie der Immobilität der Larvenstadien im Fangstreifen) beschreibt bereits (Kettunen et al. 1988) den Einsatz kleinparzelliger Möhrenflächen, bzw. Fangstreifen als ökologische Direktbekämpfungsmaßnahme für die Möhrenfliege unter finnischen Anbauverhältnissen, Forschungsergebnisse hierzu sind jedoch nicht bekannt geworden.

Fangstreifenversuche sollten in allen drei Untersuchungsjahren auf zwei der kooperierenden Betriebe (A und E) durchgeführt werden, um zu bewerten, ob das Fangstreifenkonzept eine nutzbare Option darstellt. Dabei standen folgende Fragen im Vordergrund

- I. Flächengröße: Sind kleinflächige Möhrenstreifen an der Vorjahresfläche, bzw. an der aktuellen Möhrenfläche, attraktiv genug, um Befallspotential zu binden?
- II. Lässt sich gebundenes Befallspotential rechtzeitig vor der Verpuppung durch termingerechtes Entfernen des Fangstreifens (Eingrubbern) eliminieren?

Die Versuchsbeschreibung sowie Ergebnisse der Fangstreifenmethode sind separat in Kapitel 3.2. dargestellt.

2. Material und Methoden

2.1. Versuchsstandorte

In Abbildung 1 zeigen die weißen Punkte die Lage der teilnehmenden Versuchsbetriebe in Nordhessen und Niedersachsen an. Betrieb A) liegt ca. 20 km südöstlich von Göttingen, in der Gemeinde Gleichen, Betrieb B) ca. 10 km nordwestlich von Kassel ist der Lehr- und Versuchsbetrieb der Universität Kassel/ Witzenhausen, die Domäne Frankenhausen, Betrieb C) im Landkreis Nienburg (Weser), Gemeinde Hassel, Betrieb D) ca. 40 km südlich von Bremen, im Landkreis Diepholz, Gemeinde Martfeld. Betrieb E) liegt zwischen Bremen und Minden, im Landkreis Diepholz, Gemeinde Sudwalde.

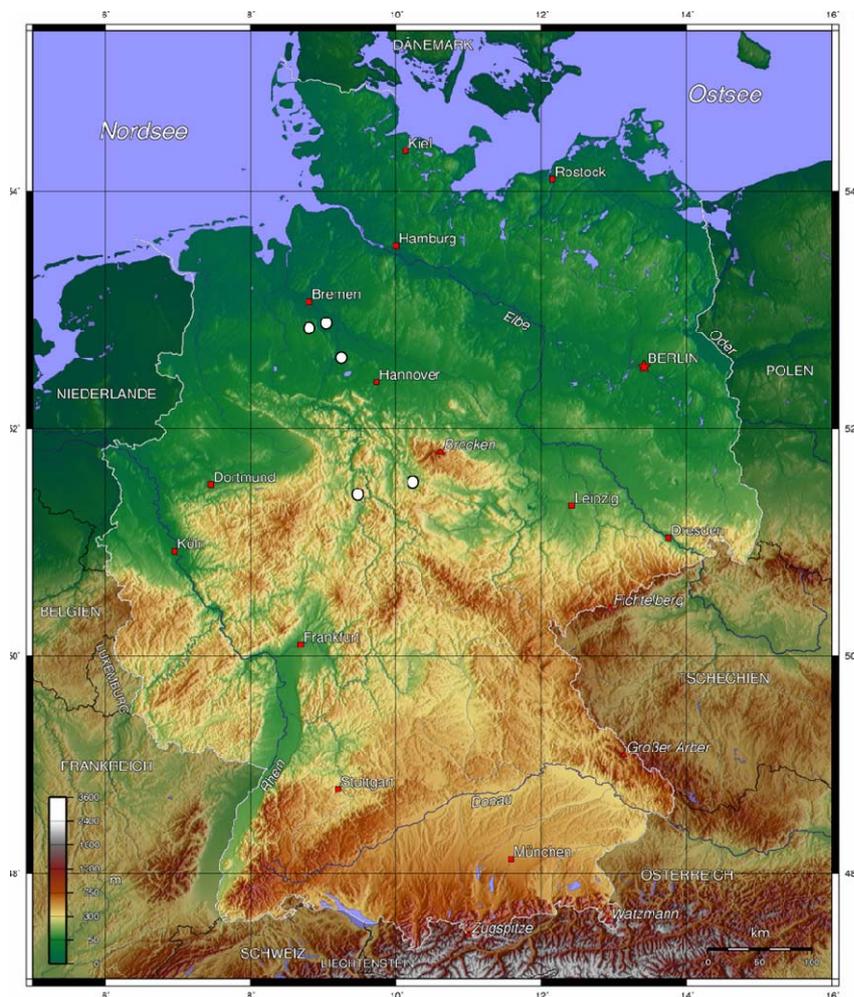


Abbildung 1: Lage der Untersuchungsregionen (○), Topographische Karte Deutschlands. Quelle: www.mygeo.info

Betriebe A und B liegen im Naturgroßraum der Zentraleuropäischen Mittelgebirgslandschaft mit fruchtbaren Lößauflagen (meist) lehmiger Buntsandsteinböden. Betriebe C–E liegen im Norddeutschen Tiefland und unterliegen stärker dem maritimen Einfluss. Die vorherrschenden

Bodenarten sind durch eiszeitliche (Geest) und alluviale Sandablagerungen geprägt. Nur lokal sind Lößauflagen vorhanden (Betrieb E). Alle Betriebe bewirtschaften ihre Fläche nach den Richtlinien des Biolandverbandes. Der kontinuierliche Möhrenanbau erfolgt langjährig und großflächig. Versuchsrelevante Betriebskenngrößen sowie die nächstgelegene Wetterstation zum Bezug von Klimadaten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Parameter zum Standort und Möhrenanbau der fünf Versuchsbetriebe. Angabe der Klimastationen, deren Wetterdaten für SWAT Simulationen genutzt wurden. Quelle: Betriebe, Niedersächsisches Landesamt f. Bergbau, Energie und Geologie www.lbeg.de, Bodenschätzungskarte

Betrieb	Ackerschätzungsrahmen	Bodenzahl	Möhrenanbau seit	Ha Möhren im Versuch (Mittelwert)	Klimastation
A	L4LoV, L5LoV L4Lo, L4V	53 – 68	1991	8,2	Sennickerode
B	L3LoV	75 – 82	1998	19,1	Domäne Frankenhausen
C	SI3D, S3D	25 – 35	1990	7,7	Nienburg (08–09) ; Wietzen (07)
D	S3D	22 – 37	2006	10,0	Wietzen
E	IS3LoD, ISII SL4LoD	40 – 60	1991	6,2	Bassum

2.2. Erfassung des Fliegenvorkommens

Ein praxisübliches Gelbfallenmonitoring wurde während der drei Jahre über den gesamten Zeitraum des Möhrenfliegenauftretens, von Ende April bis Anfang November, durchgeführt (Finch et al. 1999). Dazu wurden in Abhängigkeit von Feldgröße, Geometrie und kritischer Randvegetation 3 – 10 Klebefallen (Rebell® orange, Andermatt Biocontrol AG, CH – Grossdietwil) im Randbereich, ca. 5 m feldeinwärts, positioniert. Die Fallen wurden in einem 45 ° Winkel, mit der klebenden Unterseite zum Feldrand hin ausgerichtet (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die Oberseite der Falle wurde mit Klarsichtfolie abgeklebt, um den Beifang von Nichtzielorganismen zu reduzieren. Entsprechend dem Wachstum des Möhrenlaubes wurden die Fallen nach jeder Kontrolle der Pflanzenhöhe angepasst und befanden sich maximal 10 cm über dem Laub. Je nach Flugintensität wurden die Fallen 1 – 2 Mal pro Woche kontrolliert. Jede Falle wurde mit ihren geographischen Koordinaten in ArcGIS übertragen.

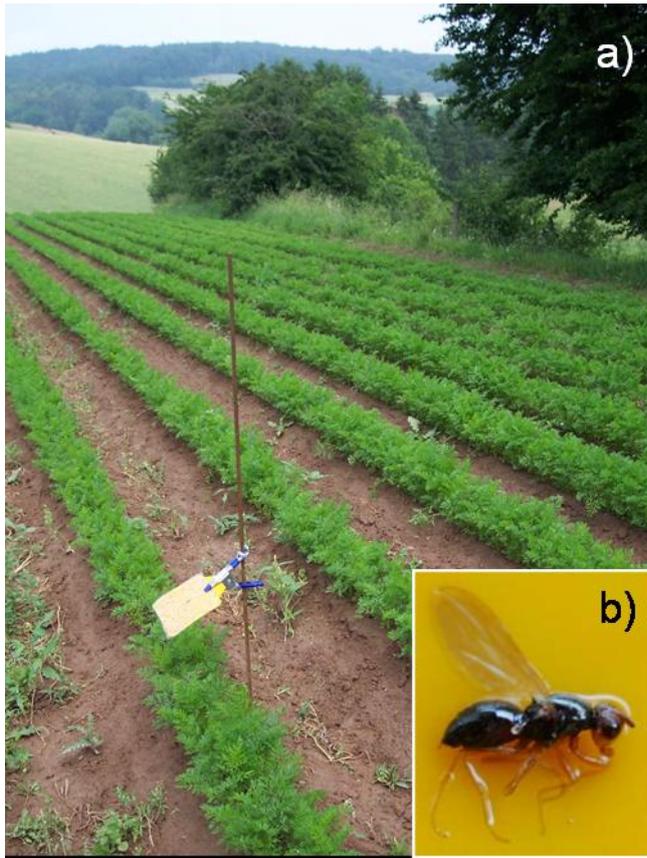


Abbildung 2: a) Positionierte Gelbfalle auf Betrieb A, 13.06. 2007 b) Adulte Möhrenfliege auf Gelbfalle

Gelbfallen zum Möhrenfliegenmonitoring sind nach eigener Überprüfung offenbar nur bei zeitgleicher Wirtspflanzenpräsenz fängig. Um über den Zeitpunkt des Möhrenfliegenschlupfes und das Befallspotential nach der Überwinterung Aussagen treffen zu können, wurden auf Vorjahresflächen des Betriebs A in 2007 und 2008 Gelbfallen installiert. Zusätzlich wurden in 2008 Fallen zwischen den Vorjahresflächen und den aktuellen Möhrenfeldern aufgestellt, um das für die Fragestellung wichtige Ausbreitungsverhalten ab der Vorjahresfläche nachzuvollziehen. Jedoch ist im Untersuchungszeitraum keine Fliege auf diesen Fallen gefangen worden. Dieses Phänomen macht es für ein erfolgreiches Möhrenfliegenmonitoring erforderlich, dass Gelbtafeln in Kombination mit Wirtspflanzen aufgestellt werden. Im Rahmen der vorliegenden Studie wird für die Untersuchung der Ausbreitung von Möhrenfliegen daher ein indirekter Ansatz gewählt.

2.3. Erfassung des Befalls im Erntegut

Pro Feld wurden einmalig, zeitnah zum Erntetermin, mindestens 9 (3 x 3 Raster), pro Satz mindestens 3 GPS referenzierte Boniturpunkte beprobt. Pro Boniturpunkt wurden in 2007 100 Möhren, in den Jahren 2008 und 2009 jeweils 50 Möhren pro Probe, bestehend aus jeweils zwei Teilproben à 25 Möhren (2008) beziehungsweise vier Teilproben von 2 x 12 und 2 x 13 Möhren (2009) entnommen. Die Möhren wurden per Hand ausgegraben, im Labor sorgfältig gewaschen, auf Larvenfraß überprüft und die befallenen Möhren pro Probe als % Befall ausgedrückt. Wurde in 2007 nur nach An- bzw. Abwesenheit von Befall untersucht (Abbildung

3a), wurde in 2008 und 2009 nach zwei Schadensklassen (SKL) differenziert. Schadensklasse 1 (SKL 1) umfasste sehr leichten oder verdächtigen Schaden, Schadensklasse 2 (SKL 2) bezeichnet Möhren mit mindestens einem deutlichen Fraßgang Abbildung 3b. Jeder Boniturpunkt wurde in seiner geographischen Position in ArcGIS übertragen.



Abbildung 3 a) Möhrenproben von 12 Boniturpunkten. Linke Gruppe ungeschädigt, rechte Gruppe mit Schadbild. Betrieb E, 27.06. 2007; b) Möhren der Schadensklasse 2.

Die Erfassung vom Befallsdurchschnitt nach der Ernte erwies als nicht durchführbar, da in der Verarbeitung nicht mehr zwischen Möhrenfliegenschaden, Bruch, Beinigkeit und anderen Ursachen der Aussortierung unterschieden wurde und eine klare Trennung von Partien verschiedener Betriebe bei den Verarbeitern nicht immer gewährleistet war. Da die räumliche Verortung im Vordergrund der Fragestellung stand, mussten gelegentliche, witterungsbedingte Ernteverzögerungen über den Feldboniturtermin hinaus in Kauf genommen werden.

2.4. SWAT

Im Rahmen unserer Untersuchung wurde SWAT über den gesamten Zeitraum begleitend zur Datenaufnahme auf allen Betrieben genutzt. Die Eingabe von Temperatur – Tagesmittelwerten (Lufttemperatur in 2m Höhe) ist zwingend erforderlich, Bodentemperaturen sowie Windgeschwindigkeiten [m /s] sind optionale Eingabemöglichkeiten) und wurde von der nächstgelegenen Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD), der Landwirtschaftskammer (LWK) beziehungsweise der betriebseigenen Wetterstation bezogen (Tabelle 1)

Unter dem Menüpunkt „Heuristischer Vergleich“ ließ sich das simulierte zeitliche Auftreten der Fliegen (Modell) mit den Werten von Gelbtafeln aus der Praxis (Feld) vergleichen. Das Simulationsmodell passt daraufhin die Skala der y - Achse auf die zu erwartenden

Fliegenfänge an. Abbildung 4 zeigt eine gute Übereinstimmung beim zeitlichen Auftreten der 1. Generation, während in 2. Generation die Gelbtafelfänge später eintrafen.

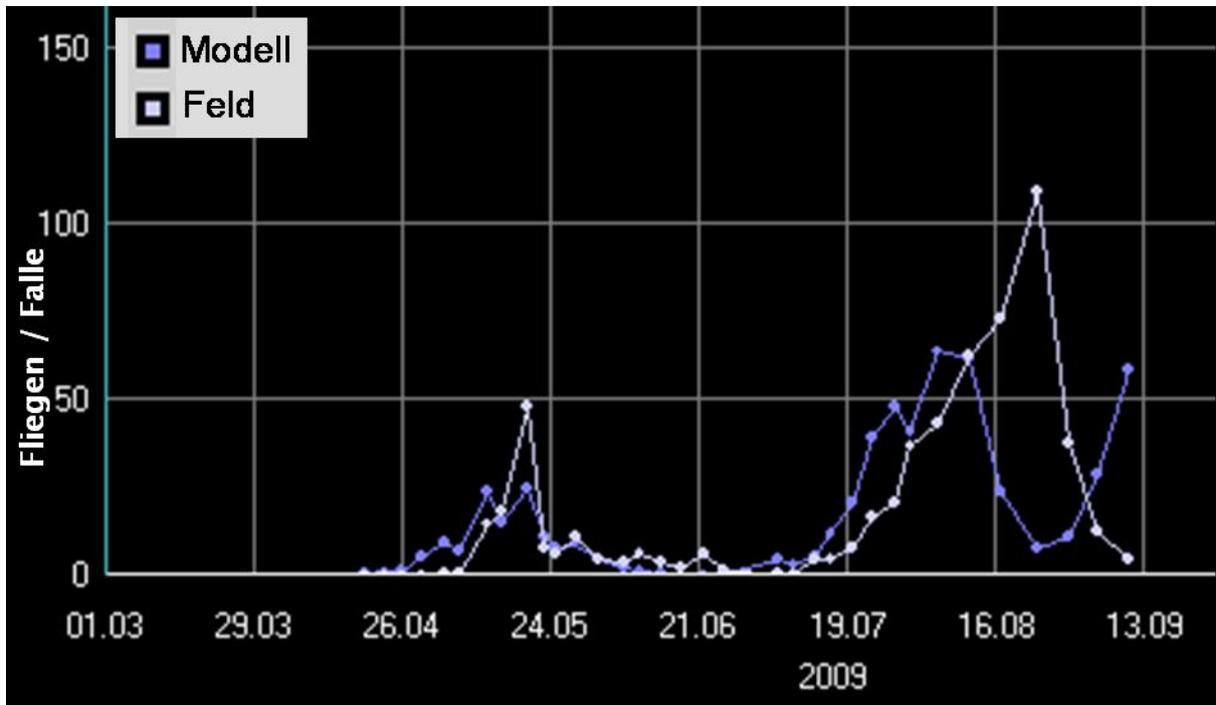


Abbildung 4: Screenshot einer SWAT – Simulation. Fliegenauftreten laut Gelbtafelfängen („Feld“) und anhand der kalibrierten Modelldaten („Modell“) auf Betrieb A 2009, Feld 1.

Es zeigte sich, dass die alleinige Verwendung der Lufttemperaturdaten die besten Vorhersagen erzielte, auf deren Verwendung alle weiteren Simulationen basierten. Für die Simulationen wurden die standardmäßig verwendeten Funktionsparameter des Programms beibehalten. SWAT wurde u. a. für die Abschätzung des Flugbeginns und die damit verbundene Ausbringung der Gelbtafeln zum Start des Monitorings genutzt sowie für die Berechnung einer lokalen Koinzidenz [d] zwischen Puppenentwicklung und Möhrenwachstum.

2.5. Erfassung der Möhrenentwicklung nach Aussaat, Ernte, Reifegruppe

Informationen zur Möhrenentwicklung wurden auf Grundlage der einzelnen Möhrensätze gesammelt. Neben dem Tag der Aussaat und Beginn der Ernte wurden insbesondere das Auflaufen der Möhren (Datum, an dem ca. 50 % der Keimblätter aufgelaufen sind (Lindner & Billmann 2006)) sowie die Boniturtermine als hypothetische Erntetermine dokumentiert. Da die Möhren in der Regel über einen Zeitraum mehrerer Tage bis Wochen geerntet werden, abhängig vom Wetter und der Abnahme durch die Vermarkter, wurde der Boniturtermin zur Berechnung der Möhrenpräsenz (Auflauf bis Bonitur) verwendet.

2.6. Kartierungen und Digitalisierungen

2.6.1. Möhrenfelder

Die aktuellen Möhrenfelder und -sätze der teilnehmenden Betriebe wurden unter Weiterverwendung des Mobile Mapper™ CE aus 6OE025 (Magellan Navigation GmbH, D-Neufahrn) eingemessen und für alle weiteren Berechnungen in ArcGIS 9.1 (ESRI Deutschland GmbH, D - München) übertragen. Die Möhrenflächen aus dem Jahr 2006 wurden nach mündlicher Abklärung mit den Landwirten und auf Grundlage der digitalen Schlaggrenzen ebenfalls digitalisiert. Die so erhaltene „Anbauhistorie“ liefert über einen Zeitraum von vier Jahren Informationen zu Lage und Umfang der Möhrenfelder sowie der Lage und Ausmaße von jeweiligen Vorjahresflächen innerhalb der Anbauregionen (Abbildung 8). Zusätzlich wurde jährlich das großräumige Umfeld der untersuchten Möhrenfelder nach betriebsfremden Möhrenfeldern abgefahren bzw. nach Befragung gezielt aufgesucht. Nur auf Betrieben D und E waren weitere Möhrenfelder eines konventionell wirtschaftenden Betriebes vorhanden (Abbildung 8). Die konventionellen Möhrenfelder konnten aus Kapazitätsgründen hinsichtlich eines Befalls nicht untersucht werden. Aufgrund einer in den letzten Jahrzehnten zunehmend schwierigeren Kontrolle der Möhrenfliege auch im konventionellen Anbau wurde dort ebenfalls eine gute Vermehrungsmöglichkeit für Möhrenfliegen angenommen. Folglich wurden die Flächen gleichwertig in die Vorjahresflächen- und Distanzanalysen mit einbezogen.

2.6.2. Holzige Vegetation

Auf Grundlage von Digitalen Orthophotos (DOPs) und Schlaggrenzen (shape Dateien) wurden Karten erstellt (Maßstab ca. 1:8000), die während einmaliger Landschaftsbegehungen mit den nötigen Informationen ergänzt wurden. Bezugsquellen der digitalen Geodaten waren:

Mapserver der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, LGN www.lgn.niedersachsen.de, sowie der Feldblockfinder der Landwirtschaftskammer Niedersachsen www.lwk-niedersachsen.de

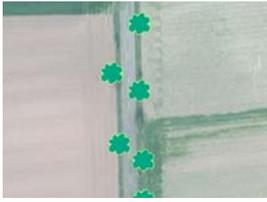
ATKIS Daten des Hessischen Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation www.hvbg.hessen.de

Orthofotos und Feldblöcke der Thüringischen Landesanstalt für Landwirtschaft www.tll.de/mapdown

Während Feldbegehungen innerhalb der Vegetationsperioden wurden Lage und Ausmaß der dauerhaften, holzigen Vegetation im Umkreis von 1 km um die Möhrenfelder darauf eingezeichnet. Durch den Aufnahmewinkel der Luftbilder besitzen die DOPs, trotz Georeferenzierung, eine leichte Verzerrung durch den Aufnahmewinkel. Die Kartierung ermöglichte genauere Aussagen zur Beschaffenheit der Vegetation, z.B. zur Dichte von Hecken, der Vegetationshöhe sowie der genauen Position der Strukturen, so dass durch die Kombination von (digitalem) Kartenmaterial und Feldbegehung eine eindeutigere Klassifizierung und genaue Positionsbestimmung der Vegetation vorgenommen werden konnte (Tabelle 2).

Die holzige Vegetation und Ortschaften wurden wie folgt klassifiziert:

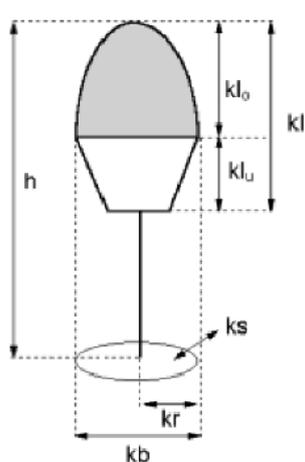
Tabelle 2: Auf Grundlage von Orthophotos und Feldblöcken (LGN Niedersachsen) wurden Risikofaktoren im Umkreis von 1 km um aktuelle Möhrenfelder kartiert und anschließend mit ArcGIS 9.1 digitalisiert und quantifiziert.

Holzige Vegetation	Einheit	Charakteristika	Übersetzung in ArcGIS 9.1 [Layer]
Hecken	Meter [m]	Linienförmiges Element. Mindesthöhe der Sträucher /Bäume 1,5 m, Mindestausdehnung 10 m	Polylinie 
Wald	Hektar [ha]	Flächenhafte Ausdehnung dichter Baumbestände, Mindesthöhe 2 m	Polygon 
solitäre Bäume	Anzahl [N]	Einzel stehende Bäume ohne dichten Unterwuchs, Mindesthöhe 2 m, Kronenschirmfläche $\geq 4m^2$	Point 
Weiterer Einflussfaktor	Einheit	Charakteristika	Übersetzung in ArcGIS 9.1 [Layer]
Ortschaft	Hektar [ha]	Bebautes Land, Gärten	Polygon 

1) Hecken. Hecken lassen sich als linienförmige Elemente beschreiben. Das Vorhandensein eines dichten Unterwuchses, einer Mindesthöhe von 1,5 Metern und zehn Meter Länge waren Voraussetzung für den Vermerk. Die Breite der Hecken lag zwischen 1,5 und 4 Metern, so dass auf eine weitere Differenzierung verzichtet wurde. Für die Berechnungen wurde ausschließlich die Länge der Hecken erfasst.

2) Wald. Die flächigen Ausmaße von Wäldern wurden ab einer Gesamtausdehnung von 500 Quadratmetern kartiert. Um den Waldrandverlauf und das Ausmaß der Waldstücke zu dokumentieren, wurden die Informationen aus Orthophotos während der Kartierungen ergänzt und aktualisiert.

3) Bäume. Einzel oder in Gruppen stehende Bäume, z.B. Alleen wurden in ihrem Standort vermerkt.



h = Höhe
 kb = Kronenbreite
 kr = Kronenradius
 ks = Kronenschirmfläche
 kl = Kronenlänge
 kl_o = Kronenlänge der Lichtkrone
 kl_u = Kronenlänge der Schattenkrone

Aus Nagel (2001)

Abbildung 5: Parameter zur Baumbeschreibung aus der Waldmesslehre.

In Anlehnung an die Methoden der Waldmesslehre lässt sich die Größe einer Baumkrone anhand bestimmter Messwerte berechnen (Kramer 1988; Nagel 2001). Die Erscheinung und Ausmaße heimischer Laub- und Nadelbäume werden im Wesentlichen durch ihre Höhe, den Kronenradius und der Kronenlänge beschrieben (Abbildung 5). Das genaue Erfassen von Länge und Durchmesser der Kronen erfordert einen (kostspieligen) Kronenspiegel. Für die vorliegende Fragestellung wurde es als ausreichend erachtet, Bäume mit einer Mindestgröße zu erfassen, die als förderlich zur Ausbreitung eingestuft wurden. Kartierungskriterien für Bäume waren eine Höhe (h) von mindestens zwei Metern und eine Kronenschirmfläche (K_s) von mindestens fünf m^2 , die über das Abloten mit dem Auge geschätzt wurde. Anschließend an die Kartierungen wurden die vermerkten Ortschaften und die Vegetation in ArcGIS 9.1 als Polygon, Polylinie bzw. Punkt – Information digitalisiert (Tabelle 2).

2.6.3. Ortschaften

Unter dem Begriff Ortschaft wurden folgende Landnutzungstypen zusammengefasst, die aufgrund ihres Struktureichtums und potentiellen Angebots an Wirtspflanzen und Nektarquellen im Rahmen der Untersuchungen als für Möhrenfliegen förderlich eingestuft wurden: Bebaute Flächen, Gärten, Friedhöfe und öffentliche Plätze. Auf Grundlage der Orthofotos wurden die Flächen während der Feldbegehungen um Neubauten bzw. Neuanlagen ergänzt und die Ausmaße als Polygon – Shape in ArcGIS übertragen (Tabelle 2).

2.7. Berechnung von Strukturmaßen

Um den Einfluss der holzigen Strukturen auf das Auftreten der Möhrenfliegen im aktuellen Jahr zu messen bietet es sich an, ein Gesamt-Strukturmaß zu schaffen, das Informationen zu den erhobenen Landschaftsfaktoren stärker bündelt und eine bessere Interpretation in Bezug auf die Ergebnisse zulässt. Um die Strukturen Hecke und Bäume zu kombinieren (im folgenden Kleingehölze genannt), wurden die Baumkronenumfänge [m] und die Länge der kartierten Hecken [m] aufsummiert. Dabei erfolgte die Berechnung aller Baumkronenumfänge auf Grundlage eines hypothetischen Durchschnittswertes pro Kronendurchmesser, mit einem

Radius von $r = 1,5$ Metern. Dieser durchschnittliche Umfang pro Baum wurde anschließend mit der Anzahl kartierter Bäume multipliziert (Gleichung 1).

$$\text{Kleingehölze} = \Sigma \text{Hecke [m]} + \Pi 2 r \times N \text{ (Bäume)} \quad \text{Gleichung (1)}$$

Ein zweiter Faktor, der zur Erklärung des Vegetationseinflusses auf das Fliegenvorkommen getestet wurde, ist der Wald, der sich qualitativ und quantitativ von den linienförmigen Hecken und Bäumen abgrenzt und daher separat betrachtet wurde. Zur Überprüfung des Waldeinflusses wurde die digitalisierte Waldfläche [ha] der Untersuchungsregionen aufsummiert und mit einem Faktor multipliziert, dem den Digitalisierungen zugrunde liegendem Verhältnis von Umfang zu Fläche (*PAR*, Perimeter–Area Ratio). So erhält die Waldfläche beispielsweise eine höhere Gewichtung, wenn sie sich aus vielen kleinen Polygonen zusammensetzt als eine gleichgroße Waldfläche, die einem zusammenhängenden Waldstück entspringt.

$$\text{Waldindex} = \Sigma \text{Wald [ha]} \times \text{PAR}_{\text{regional}} \quad \text{Gleichung (2)}$$

Mit der Schaffung eines solchen Waldindex soll der Annahme Rechnung getragen werden, dass viele kleine Waldstücke verhältnismäßig stärker strukturgebend sind als wenige große, da sie größere Anteile an (schattigen & blütenreichen) Waldsäumen besitzen.

2.8. Berechnung mit ArcGIS 9.1 & Analysen

2.8.1. Einfluss der Vorjahresflächen

Mithilfe der GIS-Software-Extension „Hawth´ s Tools“ (McCoy & Johnston 2002; Beyer 2004) wurden die individuellen Distanzen zwischen einer jeden Falle sowie einem jeden Boniturpunkt und dem dazugehörigen nächstgelegenen Punkt einer Vorjahresfläche in Metern [m] berechnet. Dieser kürzeste Abstand zwischen aktuellem Fliegenauftreten und der Vorjahresfläche wird im Folgenden als Risikofaktor MD („Minimal Distance“) bezeichnet. Als zusätzlicher Faktor wurde die Gesamtfläche vorjähriger Möhrenfelder (A_{VJ}) im Umkreis bestimmt, die neben einer Abstands- auch eine Flächeninformation trägt. Ein einheitlicher Bezugsradius war dazu jedoch nicht geeignet, da Verteilung von Möhrenfeldern im Umfeld stark variierte. Um einen aussagekräftigen Umkreis zu ermitteln wurde der A_{VJ} in Radien zwischen 100 und 1600 Metern (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600 m) um jede Falle und jeden Boniturpunkt berechnet (Abbildung 6) und mit den Fliegenzahlen und Befall korreliert. Der Radius mit dem besten Pearson-Korrelationskoeffizienten (R^2) lieferte den A_{VJ} für nachfolgende lineare multiple Regressionsanalysen (MR1) (Field 2009), in der MD und A_{VJ} auf ihren Einfluss auf das Fliegenvorkommen (in erster Generation) und auf die Fraßschäden (% Befall (SKL1 + SKL2)) am Rübenkörper getestet wurden. So sollte differenziert werden, ob der AVJ aufgrund der Flächeninformation eine stärkere Aussagekraft, als der reine Mindestabstand besitzt.

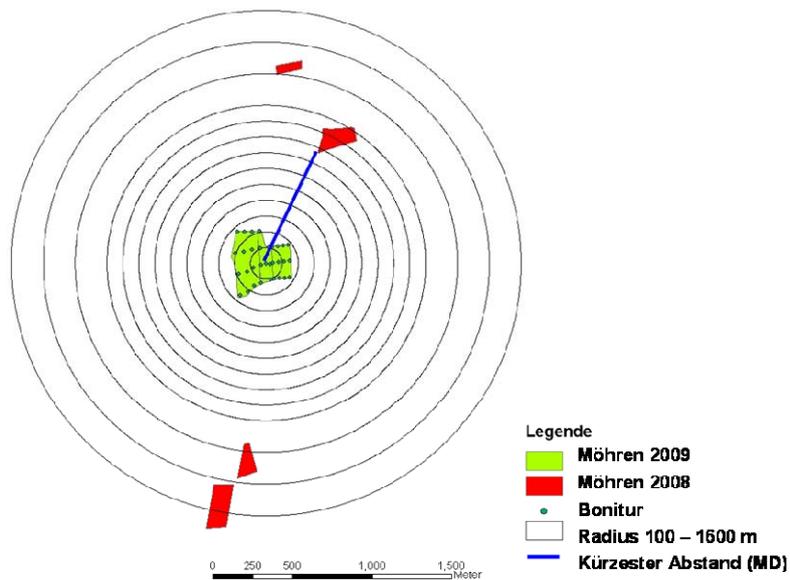


Abbildung 6: Relative Lage der aktuellen und vorjährigen Möhrenfelder auf Betrieb E 2008 – 2009 sowie exemplarisch für einen Boniturstpunkt die Radien zwischen 100 und 1600 m, innerhalb derer die Anteile vorjähriger Flächen (A_{vj}) berechnet wurden sowie der kürzeste Abstand zwischen Boniturstpunkt und Vorjahresfläche (MD).

2.8.2. Einfluss der holzigen Vegetation und Ortschaften

Die Quantifizierung der Risikofaktoren Ortschaften, Kleingehölze und Wald erfolgte analog der Berechnung für A_{vj} für die Radien 100 – 1000 Meter, wie **Abbildung 7** beispielhaft für

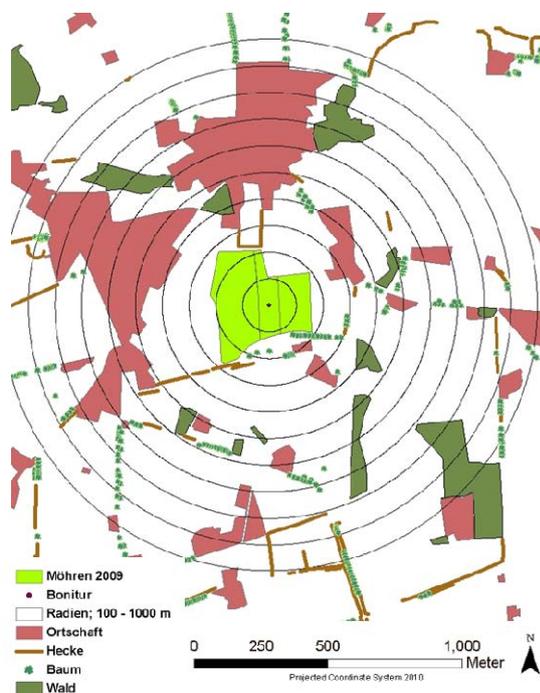


Abbildung 7: Umliegende Ortschaften, Hecken, Bäume und Wälder wurden innerhalb von 10 Radien (100 – 1000 m) um Fallen und Boniturstpunkte quantifiziert, und ihr Einfluss auf das lokale Fliegenvorkommen getestet.

einen Bonitурpunkt auf Betrieb E in 2009 zeigt. Die jeweiligen Flächen der drei Faktoren innerhalb der in ermittelten Rädien (s. Kapitel 2.8.1) wurden in multiplen linearen Regressionen auf ihren Einfluss auf Fliegenvorkommen (1. Generation) und Befall überprüft (MR 2).

2.8.3. Statistik

Statistische Analysen wurden mit dem Programm SPSS 17 (SPSS GmbH Software, D – München) für Windows durchgeführt. Nicht normalverteilte Daten wurden Wurzeltransformiert (Fliegen / Falle) bzw. Befallsprozente arcsin Wurzel transformiert (Sokal & Rohlf 1995). Multiple lineare Regressionen im schrittweisen Rückwärtsverfahren wurden zur Überprüfung des Einfluss der Vorjahresflächen (MR 1) und Landschaftsstruktur (MR 2) auf das Fliegenauftreten und den Befall durchgeführt (Field 2009; Conradt et al. 2000). Dies bedeutet, dass ein Faktor aus dem Modell entfernt wurde, wenn das Signifikanzniveau des F-Wertes ≥ 1 war. Zur Überprüfung der Hypothese, ob Strukturparameter gezielt die Ausbreitung der Fliegen fördern wurden anschließend mit dem jeweils einflussreichsten Faktor aus MR 1 und MR 2 multiple lineare Regressionen im hierarchischen Verfahren gerechnet.

3. Ergebnisse

3.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

3.1.1. Lokale Anbausituation

Die jährliche Möhrenanbaufläche wurde innerhalb der einzelnen Untersuchungsregionen erfasst und quantifiziert (Abbildung 8). Klimadaten wurden von der nächstgelegenen Wetterstation bezogen. Einen Überblick der Temperatur- und Niederschlagsbedingungen im Jahresvergleich vermitteln zwei Klimadiagramme der Stationen Sennickerode und Wietzen, stellvertretend für die zwei untersuchten Großregionen (im Anhang Abbildung X 2 und Abbildung X 3).

3.1.2. Zeitliche Risikofaktoren: Möhrenentwicklung & Koinzidenz mit Fliegen

Für eine Koinzidenz mit adulten Möhrenfliegen und für den potentiellen Befall ist die Periode vom Auflaufen der Keimblätter bis zur Möhrenernte entscheidend. Tabelle 3 verdeutlicht die zeitliche Möhrenpräsenz pro Satz vom Auflauf bis zur Befallserhebung als grüne horizontale Balken. Die Phasen der Eiablage (1. und 2. Generation) sind, zur Visualisierung der Koinzidenz zeitlich abstrahiert, durch pinke Schraffuren gekennzeichnet. Die Periode der Puppenbildung der 2. Generation als gelbe Schraffur. SWAT wurde herangezogen, um einzelbetrieblich die Anzahl Tage zu berechnen, in denen sich eine aktive Puppenbildung und -entwicklung (Tabelle 3, Puppenentw.[d]) mit dem Möhrenwachstum

überschnitten hat. Die Anzahl Tage wurde als ein relatives Maß für das lokale Vermehrungspotential herangezogen. Beispielhafte Darstellungen der SWAT – Simulationen finden sich im Anhang Abbildung X 4 – Abbildung X 6.

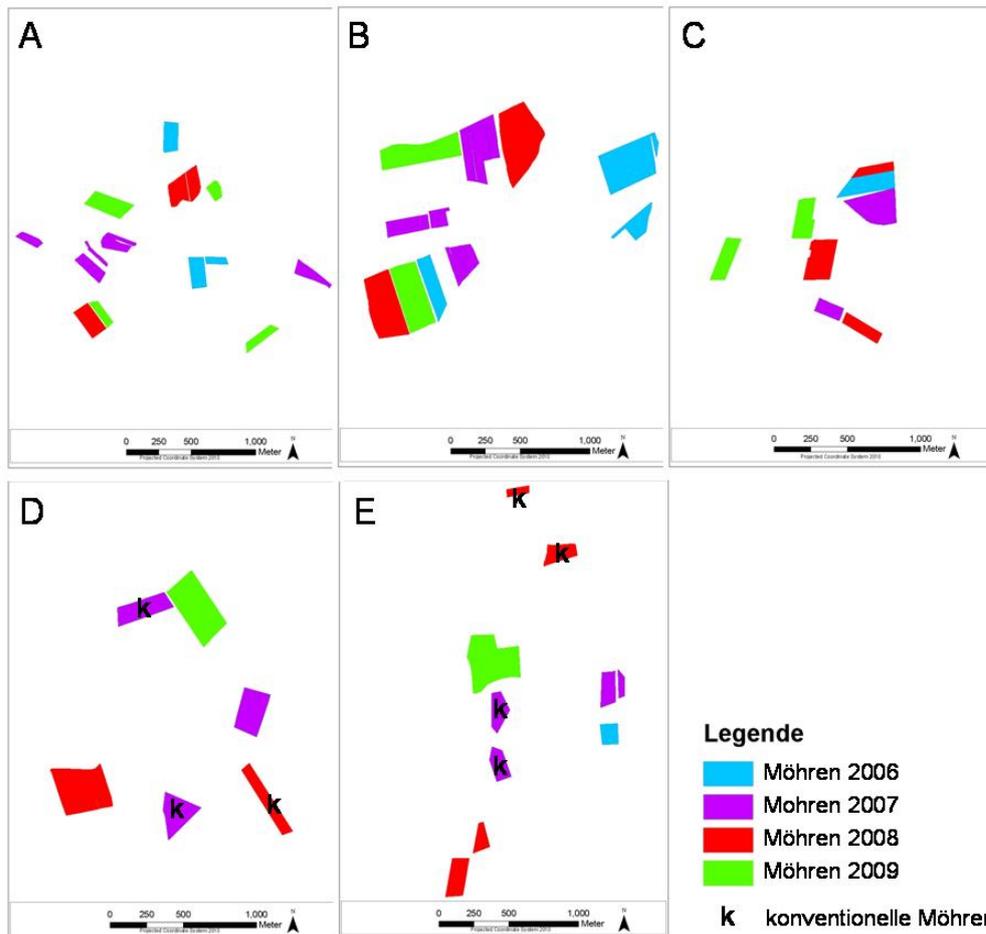


Abbildung 8: „Möhrenanbauhistorie“. Dargestellt sind Fläche und relative Lage der untersuchten Möhrenfelder auf den Betrieben A – E der Jahre 2006 bis 2009. Mit „k“ gekennzeichnete Flächen sind Möhrenfelder benachbarter konventionell wirtschaftender Betriebe.

Betriebe C und D verfügten über vergleichsweise frühe Sätze. Hier erfolgt schwerpunktmäßig der Anbau von Frischmarktmöhren, da der leichte Boden dort frühere Saat- und Auflauftermine ermöglicht. Sofern Fliegen vorhanden waren erfolgte im Mai die Eiablage der 1. Generation Fliege (Tabelle 3). Die Haupterntezeit lag zwischen Anfang Juli und Ende August, was zwar ebenfalls die Eiablage der 2. Generation Möhrenfliegen ermöglichte, eine volle Entwicklung bis zur Puppe jedoch in den meisten Fällen ausschloss und somit auch vermarktungsrelevante Schäden und das Überwintern der Puppen im Boden begrenzte.

Tabelle 3: Grün markierter Zeitraum der Möhrenentwicklung aller Sätze von Auflauf bis Bonitur 2007 –2009. Anzahl Tage [d], in denen sich Puppen 2. Generation (Gen.) bzw. 2.+3. Gen. (Betrieb B) entwickeln konnten, auf Basis der regionalen SWAT Simulation. Pinkfarbene Schraffur zeigt den Zeitraum des Fliegenflugs, gelbe den ungefähren Zeitraum der Verpuppung.

Betrieb	Jahr	Feld	Satz	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	2.+3.Gen Puppen- entw. [d] ¹	% SKL 1	% SKL 2	% Befall		
C	2007	1	1											-			0,3		
		2008	1	1											-	8,3	0,3	8,7	
			1	2											-	6,0	0,0	6,0	
			2	1											-	5,1	0,2	5,3	
			3	1											-	1,8	0,2	2,0	
	2009	1	1												-	0,3	0,0	0,3	
		2	1											20	1,8	0,5	2,3		
D	2008	1	1												-	8,0	2,0	10,0	
			1	2												-	4,0	0,0	4,0
			1	3												-	2,4	0,4	2,8
	2009	1	1												-	2,5	0,3	2,8	
E	2007	1	1												-			10,8	
			2	1												-			3,2
	2008	1	1													6,0	6,7	12,7	
			2	1											12	4,0	0,2	4,2	
	2009	1	1												3	3,3	9,5	12,8	
			1	2											43	2,9	12,7	15,7	
A	2007	1	1												-			3,3	
			1	2												-			4,7
			1	3												-			20,7
			2	1												13			27,7
			2	2												16			14,5
			3	1												28			4,9
			4	1												33			3,8
	2008	1	1													7,8	8,7	16,4	
			1	2												22	4,4	47,1	51,6
			2	1												32	2,5	1,3	3,8
			2	2												57	3,3	0,0	3,3
			2	3												62	4,0	1,7	5,7
		2009	1	1												5	2,7	47,3	50,0
				2	1												16,0	21,1	37,1
	1		2											7	3,3	37,0	40,3		
	3		1											32	2,0	2,4	4,4		
	3	2											32	0,0	5,3	5,3			
	4	1											32	1,1	5,6	6,7			
B	2007	1	1											16			10,7		
			2	1										64			3,2		
			3	1										74			0,9		
			3	2										74			3,3		
	2008	2	1											6	3,3	1,0	4,3		
			2	2										34	2,3	1,1	3,4		
			1	1										9	4,8	1,7	6,5		
	2009	1	1											24	0,8	0,6	1,4		
			2	1										60	0,0	1,5	1,5		
		1	2										52	1,0	0,4	1,4			
		2	2										60	0,3	0,8	1,0			

¹ Anzahl von Tagen [d], in denen sich Puppen der 2. Generation (Gen) entwickeln konnten, auf Basis der regionalen SWAT Simulation (Beispiele im Anhang, Abb. - Abb.).

Auf eine unvollständige Entwicklung der 2. Generation deuteten auch die bonitierten Schäden, die auf Betrieb C fast ausschließlich der Schadensklasse 1 (SKL 1) zuzuordnen waren, und damit wahrscheinlich auf den Fraß junger Larven zurückzuführen waren. Auch bei einer etwas verzögerten Ernte über die Boniturzeitpunkte hinaus, schien hier der Hauptteil des Larvenbesatzes mit den Möhren entfernt und die Anzahl überwintender Möhrenfliegenpuppen stark reduziert worden zu sein.

Betrieb A und E verfügten über die längste Anbauperiode mit früh auflaufenden Sätzen ab April und einer Ernte, die vereinzelt bis zum November andauert (Tabelle 3). Damit trafen vermehrt zwei Generationen Fliegen auf ein lokales Möhrenangebot und durchliefen jeweils eine vollständige Entwicklung bis zur Puppenbildung – eine wichtige Vorraussetzung für ein Aufschaukeln der Fliegenzahlen zwischen den Generationen und den Aufbau von Befallsdruck im Folgejahr. Der Anbau früher und später Sätze innerhalb eines Feldes hat sich in Bezug auf einen zu erwartenden Möhrenfliegenschaden als besonders riskant erwiesen. So fiel beispielsweise auf Betrieb A im September 2008 der Befall im benachbarten 2. Satz um durchschnittlich 36 % höher aus als im 1. Satz desselben Feldes einen Monat zuvor (Tabelle 3, Rotes Kästchen). Das gleiche Phänomen konnte 2009 auf Betrieb E beobachtet werden. Während der erste Satz, im August beprobt, durchschnittlich 13 % Befall aufwies, wurden einen Monat später bis zu 78 % Befall im Feldrandbereich bonitiert (ohne Abb.). Aufgrund einer verzögerten Ernte stieg der Befall in der Folge weiter an und konnte, wie im November vom Vermarkter mitgeteilt wurde, nur eingeschränkt vermarktet werden.

Ein offensichtliches Übersiedeln der Fliegen auf spätere Sätze separat liegender Felder im selben Anbaujahr erfolgte jedoch nicht (Betrieb A 2007 Feld 3,4; 2008: Feld 2; 2009 Feld 3, 4). In diesen „Nichtbefallslagen“ hatte auch ein direktes Nebeneinanderliegen früher und später Sätze zu keiner Fliegenvermehrung in der 2. Generation geführt (Grünes Kästchen).

Auf Betrieb B erfolgte verstärkt der Anbau später Lager- und Industriemöhren. Der schwere Boden ermöglicht eine Möhrenaussaat selten vor Mai. Im Mittel liefen dort die Möhren erst gegen Anfang Juni auf (Tabelle 3), also zu einem Zeitpunkt, an dem die 1. Generation Möhrenfliegen bereits am Abklingen war. Zwar kam es zu einer Entwicklung der 2. Generation Fliege, die jedoch zahlenmäßig gering blieb, da die 1. Generation Fliegen keine starke Basis für eine Vermehrung lieferte. Trotz einer Koinzidenz mit der Larvenfraßperiode und einer vollständigen Verpuppung der 2. Generation, fielen die bonitierten Befallsprozentage gering aus. Im Untersuchungszeitraum hat sich kein nennenswerter Befallsdruck aufgebaut.

3.1.3. *Räumliche Risikofaktoren: Einfluss der Vorjahresflächen*

Um einen Einfluss der Vorjahresflächen auf das Fliegenvorkommen und den Befall zu testen wurden zwei Parameter herangezogen: Der Einfluss der kürzesten Distanz zu einem vorjährigen Möhrenfeld (MD) sowie die Möhrenanbaufläche im Umkreis (A_{vj}).

3.1.3.1. Faktor „MD“

Betrachtet man die Fliegenfänge und Befallsdaten in Abhängigkeit vom MD aller Betriebe und Jahre zusammengenommen, zeigte sich ein negativer Zusammenhang. Während das Fliegenvorkommen mit wenigen Ausnahmen bei zunehmender Entfernung zügig abfällt, streut das Befallsausmaß stärker (Abbildung 9), fällt jedoch bei einer Entfernung von ca. 1 km zur

nächstgelegenen Vorjahresfläche ebenfalls ab. Bei einem MD > 1km sank der Befall auf offenbar entfernungsunabhängiges, vergleichsweise niedriges Niveau von < 20 %.

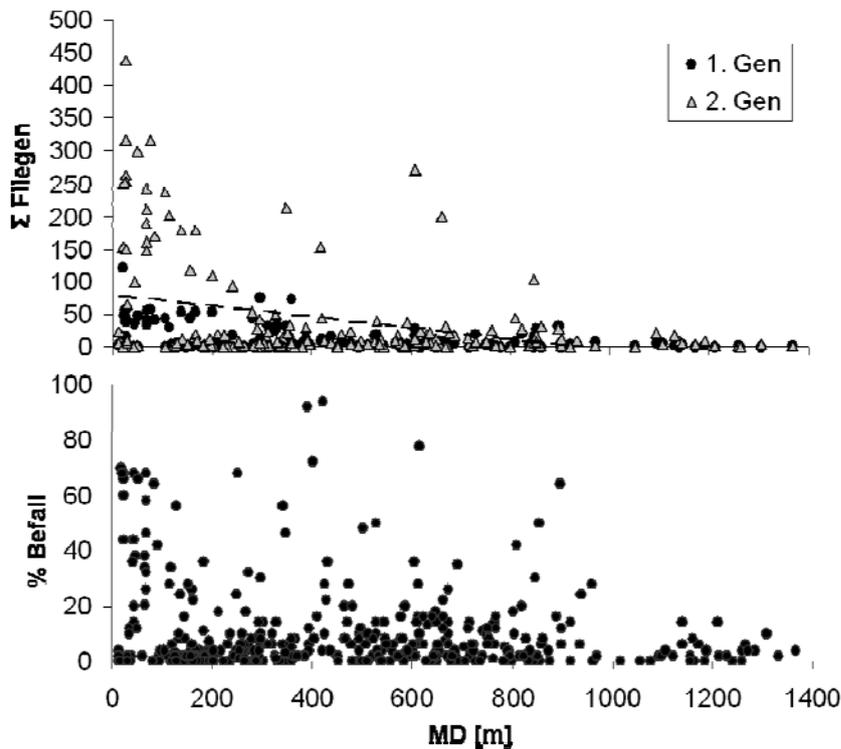


Abbildung 9: Oben: Fliegensummen (1. und 2. Generation) pro Falle auf aktuellen Möhrenfeldern (alle Betriebe 2007–2009), Unten: Befall pro Boniturpunkt (alle Betriebe 2008, 2009 als Summe der Schadensklassen 1 und 2) in Abhängigkeit des kürzesten Abstandes zur Vorjahresfläche (MD).

Lineare Regressionen belegen den Zusammenhang, legen jedoch eine differenziertere Auswertung nahe (Fliegenvorkommen 1. Generation: $R^2 = 0,13$; $df = 172$; $F = 25,06$; $p < 0,001$; Befall (Gesamt): $R^2 = 0,015$; $F = 6,18$; $p = 0,01$). Eine separate Betrachtung der Anbausituation wurde pro Betrieb und Jahr angestrebt, um die einzelbetrieblichen Unterschiede beim Befallsdruck und bei der Verteilung der Vorjahresflächen im Raum besser zu berücksichtigen.

Abbildung 10 zeigt das Fliegenauftreten in 1. und 2. Generation in Abhängigkeit der Distanz zur Vorjahresfläche (MD) auf Betrieb A für die Jahre 2007 – 2009 sowie den bonitierten Befall im jeweiligen Versuchsjahr. Für die Jahre 2008 und 2009 ist der Befall nach Schadensklassen (SKL) separat aufgetragen. Die Abbildungen zeigen deutlich eine Abnahme an Fliegen mit zunehmender Distanz, die sich mit gleichem Muster im Befallsausmaß widerspiegelt. Vergleicht man erste und zweite Generationen Fliegen untereinander fällt auf, dass eine deutliche Vermehrung in der zweiten Generation stattfand, die starke Abhängigkeit vom MD jedoch bestehen blieb. In 2007 streuten die Fliegenwerte etwas stärker, verdeutlichen aber insgesamt die Standorttreue der Möhrenfliegen. Die Eiablage der zweiten Generation erfolgte somit bei einem fortbestehenden Wirtspflanzenangebot erneut im selben Feld. Einzig in 2009 kam es zur Entwicklung einer verhältnismäßig starken 3. Generation adulter Möhrenfliegen (Abbildung 10), deren anteilige Einwanderung aus einem 600 m entfernten

Feld in ein Feld späterer Sätze aufgrund gerichteter Gelbtafelfänge wahrscheinlich ist. Das als Fliegenquelle dienende Feld war bereits gerodet, so dass die dort schlüpfenden Möhrenfliegen keine Wirtspflanzen vor Ort vorfinden konnten. Eine denkbare Verbreitung durch die 2. Generation fand somit kaum statt, so dass weiter entfernt liegende, späte Sätze bis zur Bonitur keinen vermarktungsrelevanten Schadenszuwachs zu verzeichnen hatten, vgl. auch Kapitel 3.1.2.

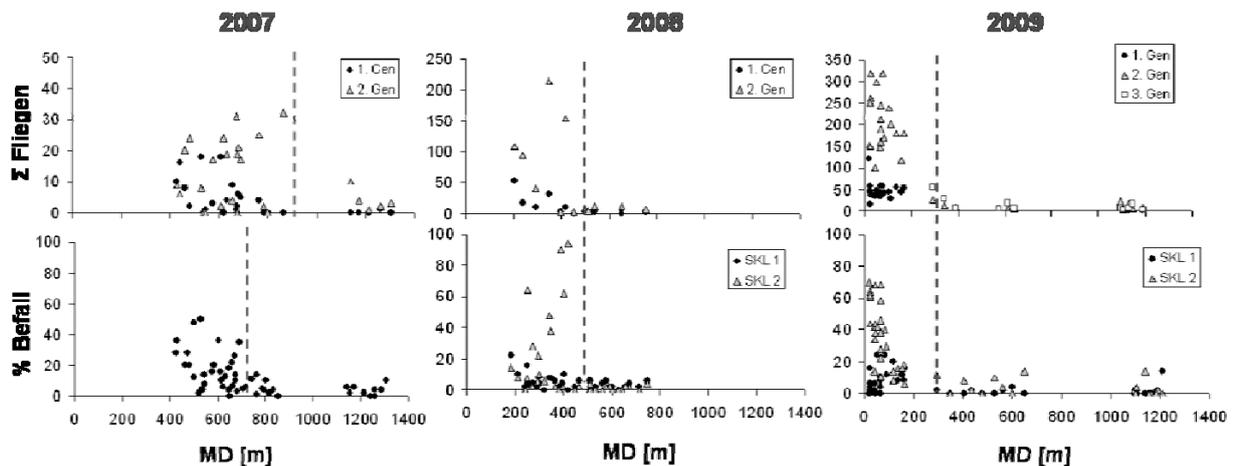


Abbildung 10: Das Auftreten der 1.– 2. (3.) Generation Möhrenfliege als Summe pro Falle (obere Reihe) sowie Prozent Befall pro Boniturprobe (unten) in Abhängigkeit der jeweiligen Distanz zwischen Falle bzw. Bonitur und Vorjahresfläche (MD). Dargestellt für die Jahre 2007–2009 auf Betrieb A.

Weiterhin waren bei graphischer Auswertung der Daten insbesondere zwei Dinge auffällig. 1.) Der Abstand zwischen vorjährigem und nächstgelegenen Möhrenfeld variierte zwischen den Jahren. Das aktuelle Fliegenaufkommen als auch der Befall fielen jedoch jeweils nach ~ 300 Metern stark ab. D.h. als aktuelle Möhrenfelder direkt neben der Vorjahresfläche lagen (vgl. Abbildung 10, 2009), war das Fliegenauftreten auf diese Felder konzentriert, während weiter entfernt deutlich weniger Fliegen auf Möhrenfeldern zu finden waren. Lag die Vorjahresfläche jedoch in größerer Distanz, überwand die Möhrenfliegen mehrere hundert Meter bis zum nächstgelegenen Feld (2007 und 2008) und der Befall nahm erst darüber hinaus deutlich ab.

2.) Das Fliegenaufkommen und Befall wiesen nach dem starken Abfall keinen weiteren asymptotischen Verlauf gegen Null auf, sondern stagnierten jenseits der nächstgelegenen Felder auf einem Niveau von durchschnittlich 2 Fliegen / Falle in der 1. Generation und von 8 Fliegen / Falle in der 2. Generation. Gleichsam lag der durchschnittliche Befall pro Probe in 2007 (MD > 700 m) bei 5 %, in 2008 (MD > 500 m) bei 4 % und in 2009 (MD > 300 m) bei 5 % (Vgl. Markierung Abbildung 10). Hier schien der Einfluss der Vorjahresflächen verbleibt. Fliegenvorkommen und Befall scheinen vielmehr auf das natürliche Vorkommen der Möhrenfliege zurückzuführen zu sein (Hintergrundpopulation).

3.1.3.2. Faktor „ A_{Vj} “

Parallel zum MD wurde die Fläche vorjähriger Möhrenfelder im Umkreis (A_{Vj}) quantifiziert, um einen Einfluss auf Fliegenvorkommen und Befall zu testen. Wiederum wurden die Daten aller Betriebe und Jahre für eine lineare Regression zusammen genommen. Der A_{Vj} (innerhalb des

1000er Radius) zeigte zwar einen signifikanten Einfluss auf das Fliegenvorkommen pro Falle ($R^2 = 0,03$; $df = 172$; $F = 5,44$; $p < 0,021$) und auf den Befall pro Probe ($R^2 = 0,04$; $F = 15,55$; $p < 0,001$, ohne Abbildungen), jedoch mit sehr mäßigem Bestimmtheitsmaß und fehlender Varianzhomogenität. Eine einzelbetriebliche Auswertung nach Jahren erforderte die Berechnung individueller Bezugsradien. Pro Betrieb und Jahr durchgeführte lineare Regressionen zwischen der Fläche vorjähriger Möhrenfelder (A_{Vj}) und dem Fliegenaufkommen bzw. Befall lieferten die Radien (100 – 1600 m) mit den besten Pearson Korrelationskoeffizienten (R^2 – Werte) (Tabelle 4). In Abbildung X 1 im Anhang sind am Beispiel von Betrieb A die jeweiligen R^2 – Werte gegen die Radien 100 m bis 1600 m aufgetragen.

Tabelle 4: Radien pro Betrieb und Jahr, innerhalb derer das Fliegenauftreten und der Befall am besten mit der Fläche vorjähriger Möhrenfelder korrelierten und wie sie in die multiplen linearen Regressionsmodelle (MR1, MR2, MR 3) einfließen.

Betrieb	Jahr	Radien [m] $R^2 = \max$		Befall	
		Fliegen (1. Generation)		MR 1	MR 2; MR 3
A	2007	900	900	1000	1000
	2008	600	600	1000	1000
	2009	200	200	200	200
B	2007	500	500	1200	1000
	2008	keine Fliegen		1600	1000
	2009	300	300	600	600
C	2007	keine Fliegen		400	400
	2008	800	800	1000	1000
	2009	1400	1000	1600	1000
D	2008	1000	1000	1000	1000
	2009	1000	1000	900	900
E	2007	300	300	200	200
	2008	400	400	1600	1000
	2009	600	600	1200	1000

Während der drei Versuchsjahre zeigte sich, dass die Radien mit der besten Korrelation sowohl zwischen- als auch innerbetrieblich variierten. Diese Schwankungen erklärten sich durch die jahresabhängig unterschiedlichen Entfernungen zwischen vorjährigen und aktuellen Möhrenfeldern. Beispiele zum Ausmaß der Radien zeigt Abbildung X 7 im Anhang. Es wurde angenommen, dass sich das Hauptausbreitungsgeschehen der Möhrenfliege innerhalb dieser Distanzen abspielte. Für die multiplen Regressionen wurde folglich der A_{Vj} der ermittelten Radien herangezogen. Da großskalige Informationen zur Möhrenfeldverteilung vorhanden waren, diese zur Vegetation und Ortschaft jedoch auf 1 km um die Vorjahresflächen begrenzt waren, mussten die unter 2.8.1 errechneten Radien für MR 2 und MR 3 in Einzelfällen auf den Maximalwert von 1 km begrenzt werden (Tabelle 4).

3.1.3.3. Multiple lineare Regression – MR 1

Um den Einfluss der Vorjahresflächen (Faktoren MD und A_{Vj}) auf Fliegenvorkommen und Befall zu testen wurden pro Betrieb und Jahr multiple lineare Regressionen im schrittweisen rückwärts – Verfahren durchgeführt. Tabelle 5 zeigt am Beispiel des Betriebes A in 2007 die Ergebnisse der multiplen linearen Regressionen für das Fliegenaufkommen und den Befall. Bei der Durchführung bestätigten sich sowohl beim Fliegenvorkommen (der 1. Generation) als auch beim Befallsaufkommen zum Erntezeitpunkt ein starker negativer Einfluss des kürzesten Abstandes zur Vorjahresfläche (MD) sowie eine positive Korrelation mit der vorjährigen Möhrenfläche im Umkreis (A_{Vj}).

Tabelle 5: Ergebnisse der multiplen linearen Regression zur Erklärung des Fliegenvorkommens in 1. Generation und des Larvenbefalls in Möhrenproben zum Erntezeitpunkt auf Betrieb A in 2007, in Abhängigkeit des jeweils kürzesten Abstandes zur Vorjahresfläche (MD) und der Fläche vorjähriger Möhrenfelder (A_{Vj}) im Umkreis.

2007	Fliegen / Falle				Befall / Probe			
	B	SE B	Beta	R ²	B	SE B	Beta	R ²
Modell 1				0,66	Modell 1			0,46
Konstante	-3,4	1,64			Konstante	-0,13	0,21	
MD	3,01 ⁻³	1,5 ⁻³	-0,54 (*)		MD	2,33 ⁻⁴	1,88 ⁻⁴	0,31
$A_{Vj\ 900}$	0,96	0,21	1,26 ***		$A_{Vj\ 900}$	0,1	0,03	0,95 ***
					Modell 2			0,44
					Konstante	0,12	0,04	
					$A_{Vj\ 900}$	0,07	0,01	0,66 ***

So lassen sich beispielsweise auf Betrieb A in 2007 66 % der Varianz im Fliegenauftreten durch den Abstand und die Fläche der vorjährigen Möhrenfelder erklären, ohne dass einer der Faktoren entfernt wurde. Dieselben Faktoren erklären auch 46 % des Befalls, wobei die Fläche der Vorjahresfelder im Umkreis von 900 m ($A_{Vj\ 900}$) maßgeblich daran beteiligt war.

Einen Überblick über alle Signifikanzen sowie die Steigungen der Regressionen mit ihren Vorzeichen gibt Tabelle 6. Der Einfluss der Vorjahresflächen auf das Fliegenauftreten konnte am deutlichsten auf Betrieb A nachgewiesen werden. Auf Betrieb B in 2009 und auf Betrieb E in 2008 waren ebenfalls signifikante Einflüsse der Vorjahresflächen nachweisbar. Dass der MD einen positiven Einfluss auf den Befall der Betriebe B–D hatte, lässt sich nur mit dem allgemeinen Schwachbefall auf diesen Betrieben erklären und zeigt, dass es eines deutlichen Fliegenaufkommens bedarf, um einen geographischen Zusammenhang zur Vorjahresfläche nachzuweisen. Zur Erklärung des Befalls hat das kombinierte Abstands- und Flächenmaß A_{Vj} insgesamt eine größere Erklärungskraft als der bloße Abstand MD zu Vorjahresflächen gezeigt. Da die beiden Faktoren naturgemäß negativ miteinander korrelierten, lassen sich die Einflüsse nicht unabhängig von einander betrachten. Die Ergebnisse unterstreichen jedoch, dass nicht nur die Distanz, sondern auch die flächigen Ausmaße des lokalen Möhrenanbaus einen wichtigen Risikofaktor darstellen. Auf allen Betrieben konnte in mindestens einem Versuchsjahr ein positiver Zusammenhang mit dem Befallsausmaß festgestellt werden.

Tabelle 6: Übersicht der Signifikanzen der 1. multiplen linearen Regression. Die Faktoren 1) kürzester Abstand zur Vorjahresfläche (MD) und 2) Fläche vorjähriger Mähfelder (A_{VJ}) wurden im Rückwärts-Verfahren auf ihren Einfluss auf das lokale Fliegenauftreten (Fliegen Gen 1) und Schäden am Erntegut (Befall) getestet. B entspricht der Steigung des Modells. Befallsprozente waren Arcsin-wurzel transformiert, Fliegenzahlen Wurzel transformiert.

Betrieb	Fliegen (1. Gen) ²					Befall ³				
	Jahr	MD		A_{VJ}		MD		A_{VJ}		
		B	Sig.	B	Sig.	B	Sig.	B	Sig.	
A	2007	- 3,01 ⁻³	(+)	+ 0,96	+++			+ 0,06	+++	
	2008			+ 1,1	++			+ 0,33	+++	
	2009	- 4,46 ⁻³	+++			- 2,29 ⁻⁴	+	+ 0,14	++	
B	2007					+ 3,39 ⁻⁴	+++			
	2008	keine Gen 1								
	2009			+ 0,14	++			+ 0,008	+	
C	2007	keine Gen 1								
	2008							+ 0,19	+	
	2009					+ 1,79 ⁻⁴	(+)			
D	2008	Variance-Covariance Matrix singular				+ 0,001	++	+ 0,87	(+)	
	2009					+ 5,03 ⁻⁴	++	+ 1,78	++	
E	2007							+ 0,64	+++	
	2008	+ 0,004	+	+ 4,4	+			+ 0,06	+++	
	2009							+ 0,37	+	

Signifikanzen multipler Regressionen, Rückwärts-Verfahren, (+) $p < 0,1$; + $p < 0,05$;
 ++ $p < 0,01$; +++ $p < 0,001$

3.1.4. Einfluss der Vegetationsstruktur und Ortschaften

Bei der Quantifizierung der Landschaftsstruktur in den regionalen Anbaugebieten zeigten sich einige betriebspezifische Unterschiede (Abbildung 11). Insbesondere fiel der hohe Anteil holziger Vegetation (Kleingehölze und Wälder) auf Betrieb A auf, sowie die vergleichsweise waldarme aber ortschaftsreiche Anbauregion der Betriebe D und E. Die kartierten Regionen der Betriebe B und C zeigten eine sehr ähnliche Zusammensetzung der erhobenen Strukturparameter.

² Fliegenzahlen waren wurzeltransformiert

³ Befallszahlen waren arcsin-wurzeltransformiert

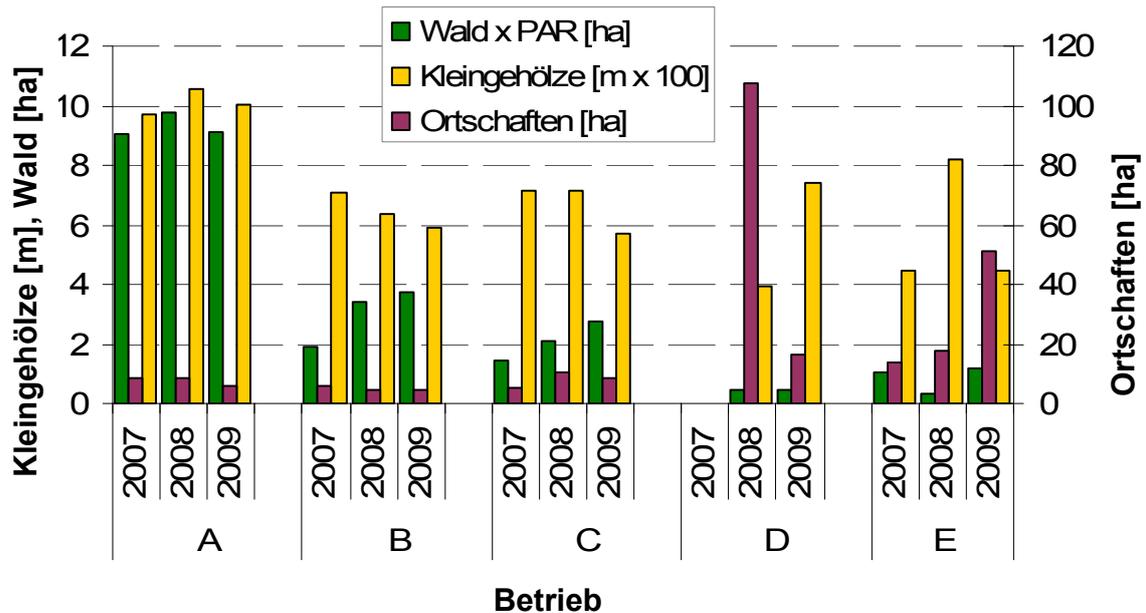


Abbildung 11: Holzige Vegetation und Ortschaften im Umkreis von 1 km um die beprobten Möhrenfelder der Betriebe A – E, dargestellt als Mittelwerte pro Betrieb von 2007 – 2009.

3.1.4.1. Multiple lineare Regression – MR 2

Bei der Überprüfung des Einflusses der Faktoren Ortschaften, Kleingehölzen sowie Wald auf das Fliegenvorkommen und den Befall mittels multipler Regressionen hat sich insbesondere der Faktor Kleingehölze (also das Vorkommen an Hecken und Bäumen im Umkreis der Möhrenfelder) als einflussreich erwiesen (

Tabelle 7). So zeigte sich bei Betrieb A in allen drei Versuchsjahren ein positiver Einfluss auf das Vorkommen der 1. Generation Möhrenfliege, und auch auf den Befall zum Erntezeitpunkt in 2007. Bei den weiteren Betrieben zeigten sich die Kleingehölze befallsfördernd, und nur im Fall von Betrieb B einen negativen Einfluss. Für den Faktor Wald unterstützen die Ergebnisse ebenfalls die Annahme eines förderlichen Einflusses. Das Vorhandensein von Waldstücken im Umfeld der Möhrenfelder schien auf Betrieb E die Wahrscheinlichkeit des Möhrenfliegenauftretens zu erhöhen. Dabei ist auch der starke Zusammenhang hervorzuheben. Die Erhöhung des Waldindex [Hektar Wald x PAR] um 1 Einheit versiebenfacht demnach den zu erwartenden Befall. Dahingegen ist der Einfluss von Ortschaften in der Nähe von Möhrenfelder auf das Fliegenvorkommen weniger eindeutig aus den Ergebnissen abzulesen. Es zeigten sich abhängig vom Versuchsjahr förderliche und negative Auswirkungen auf das Fliegenvorkommen und den Befall (Betrieb A und B), aber auch nur positive (Betrieb D), sowie nur negative Korrelationen (Betrieb E). Solch wechselnde Einflüsse von Ortschaften können durchaus begründet sein: Ortschaften sind durch ihr potentielles Angebot an Wirtspflanzen in Hausgärten sowohl eine denkbare Fliegenquelle sein („source“) können aufgrund von Wirtspflanzen in Privatgärten oder Schattenspendern aber auch Fliegen aus der Umgebung anziehen („sink“).

Tabelle 7: Übersicht der Signifikanzen der 2. multiplen linearen Regression. Die Faktoren 1) Kleingehölze 2) Wald x PAR (Wald) und 3) Ortschaften (Ort) wurden im Rückwärts- Verfahren auf ihren Einfluss auf das lokale Fliegenauftreten (Fliegen (1. Gen) und Schäden am Erntegut (Befall) getestet. B entspricht der Steigung des Modells.

Betrieb	Fliegen Gen 1 ⁴							Befall ⁵					
	Kleing.		Wald		Ort			Kleing.		Wald		Ort	
	Jahr	B	Sig.	B	Sig.	B	Sig.	B	Sig.	B	Sig.	B	Sig.
A	2007	+ 3,73 ⁻⁴	+++			+ 0,09	++	+ 3,69	+++			+0,02	+++
	2008	+ 0,01	+	+ 2,71	(+)	- 0,49	++					-0,03	+++
	2009	+ 0,01	++										
B	2007									- 7,64 ⁻⁶	++	+0,05	+
	2008							- 1,81 ⁻⁵	+				
	2009	- 0,002	(+)					+ 7,65 ⁻⁵	+++			- 0,04	+
C	2007												
	2008							+ 4,15 ⁻⁵	++				
	2009												
D	2008												
	2009	+ 0,001	(+)	+ 10,91	++	+ 0,2	+	+ 5,71 ⁻⁵	(+)				
E	2007	+ 0,05	+							+ 6,81	+	-0,18	++
	2008							+ 2,13 ⁻⁴	(+)	+ 0,5	++	-0,06	+
	2009			+ 18,90	+								

Signifikanzen multipler Regressionen, Rückwärts- Verfahren, (+) $p < 0,1$; + $p < 0,05$; ++ $p < 0,01$; +++ $p < 0,001$

Andererseits kann die erhobene bloße Fläche bebauter Ortschaften auch ein nicht ausreichend aussagekräftiger Faktor sein, um einen Fliegenbefall vorherzusagen. Eine genauere Erhebung über den Anteil der Hausgärten und den Anbau von Möhren bzw. deren Bewertung als Nektarquellen o.ä. stellte im Rahmen der Untersuchungen eine zu aufwendige Maßnahme dar. Die Ergebnisse der 2. multiplen Regression stützen somit insbesondere die Annahme, dass holzige Kleinstrukturen (Hecken und Bäume) den Möhrenfliegenbefall fördern.

3.1.4.2. Multiple lineare Regression – MR 3

Um die Hypothese zu testen, dass Kleingehölze auch bei der Ausbreitung der 1. Generation Fliegen eine förderliche Rolle spielen, wurde ein 3. lineares multiples Regressionsmodell gerechnet. Aus MR 1 ist der Anteil Vorjahresflächen (A_{Vj}) als aussagekräftigerer Faktor zur Vorhersage von Möhrenfliegen hervorgegangen. Mit der Aufnahme des Parameters „Kleingehölze“ im hierarchischen Regressions-Verfahren hat sich die Güte des Modells jedoch nicht verbessert, so dass der Faktor A_{Vj} allein in allen Fällen ein besseres Erklärungsmaß darstellte (Tabelle 8).

⁴ Fliegenzahlen waren wurzeltransformiert

⁵ Befallszahlen waren arcsin – wurzeltransformiert

Tabelle 8: Übersicht der Signifikanzen der 3. multiplen linearen Regression MR 3. Die Faktoren 1) Fläche vorjähriger Möhrenfelder im Umkreis und 2) Kleingehölze wurden im hierarchischen Verfahren auf ihren Einfluss auf das lokale Fliegenauftreten (Fliegen (1. Gen) und Schäden am Erntegut (Befall) getestet. B entspricht der Steigung des Modells.

Betrieb	Fliegen Gen 1 ⁶					Befall ⁷			
	A _{VJ}		Kleingehölz			A _{VJ}		Kleingehölz	
	Jahr	B	Sig.	B	Sig.	B	Sig.	B	Sig.
A	2007	0,37	+	2,25 ⁻⁴	+	0,05	++		
	2008	0,92	++			0,2	++	- 1,18 ⁻⁴	(+)
	2009	1,22	+++			0,21	+++	2,31 ⁻⁴	+
B	2007							5,93 ⁻⁵	(+)
	2008	keine Gen 1							
	2009	0,13	+			0,01	(+)		
C	2007	keine Gen 1							
	2008								
	2009					-0,06	+++	2,34 ⁻⁴	++
D	2008								
	2009					1,4	+	2,34 ⁻⁴	++
E	2007			0,04	(+)	0,66	+++		
	2008					0,05	+		
	2009					0,24	(+)		

Signifikanzen multipler Regressionen, hierarchisches Verfahren, (+) $p < 0,1$; + $p < 0,05$;
 ++ $p < 0,01$; +++ $p < 0,001$

Dennoch unterstützen die signifikanten Einflüsse der Strukturparameter auf räumlicher Ebene, dass die Landschaftsstruktur, in Form holziger Vegetation, einen positiven Einfluss auf das Fliegenvorkommen, mehr noch auf den verursachten Befall hat.

3.1.5. Risikofaktor Vorbefall

Im Untersuchungszeitraum stiegen auf diesen Betrieben das durchschnittliche Fliegenaufkommen (Abbildung 12) und der Befall (Abbildung 13) jährlich an. Betrachtet man die jeweiligen Anteile von leichtem Schadfraß (SKL1) bzw. stark befallener Möhren (SKL 2) am Gesamtbefall, wiesen insbesondere die Betriebe A und E einen hohen Anteil an Schäden der SKL 2 auf. Dies deckt sich mit den Aussagen der Betriebsleiter bezüglich Einschränkungen in der Vermarktungsfähigkeit und einem im Vorfeld kommunizierten Möhrenfliegenproblem. Der Befall auf den Betrieben B, C und D war hingegen überwiegend auf Schäden der Kategorie SKL 1 zurückzuführen. Ein vermarktungsrelevantes Möhrenfliegenproblem trat auch im Vorfeld nicht auf. Der Gesamtbefall schwankte von Jahr zu Jahr und lag selten über 5 %. Trotz eines vereinzelt stärkeren Fliegenauftretens (z.B. Betrieb C 2008) kam es im Untersuchungszeitraum zu keinen Einschränkungen in der Vermarktung.

⁶ Fliegenzahlen waren wurzeltransformiert

⁷ Befallszahlen waren arcsin-wurzeltransformiert

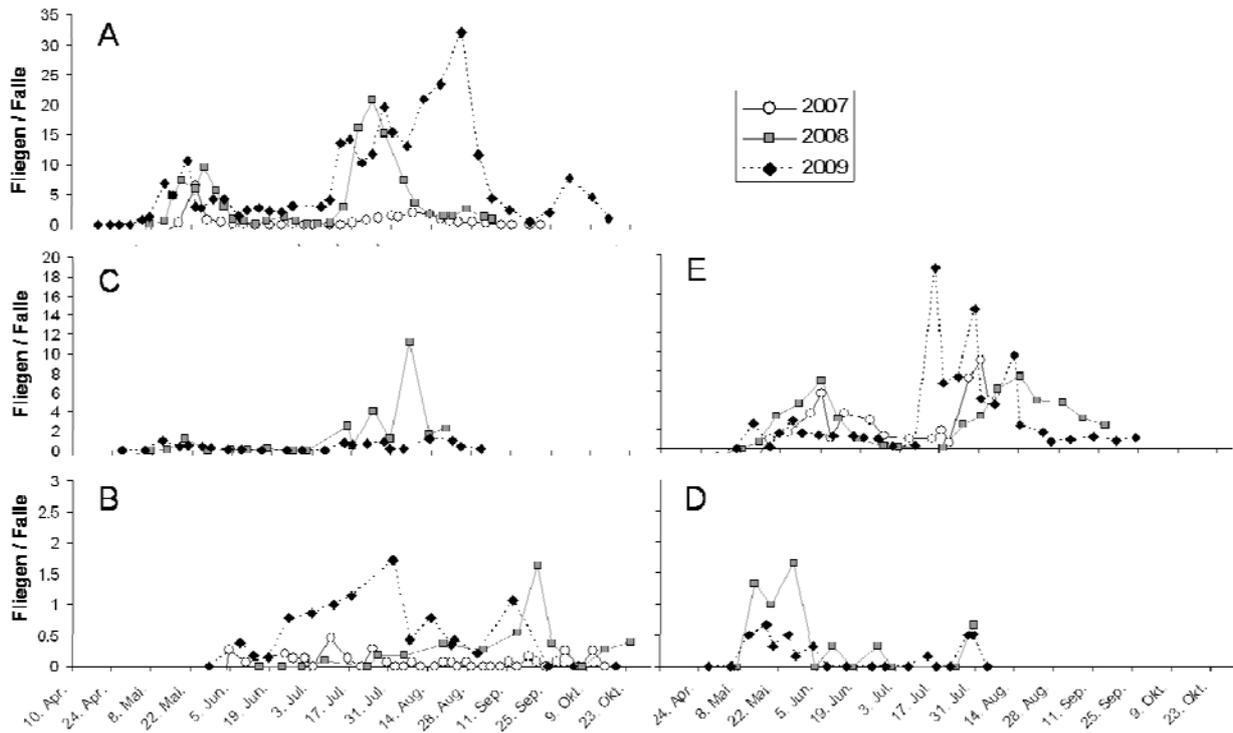


Abbildung 12: Fangzahlen des Gelbfallenmonitorings. Mittelwerte pro Falle im Zeitverlauf auf den Betrieben A – E der Jahre 2007 – 2009. Zu beachten: Nur innerhalb einer Ebene trägt die y-Achse die gleiche Skala.

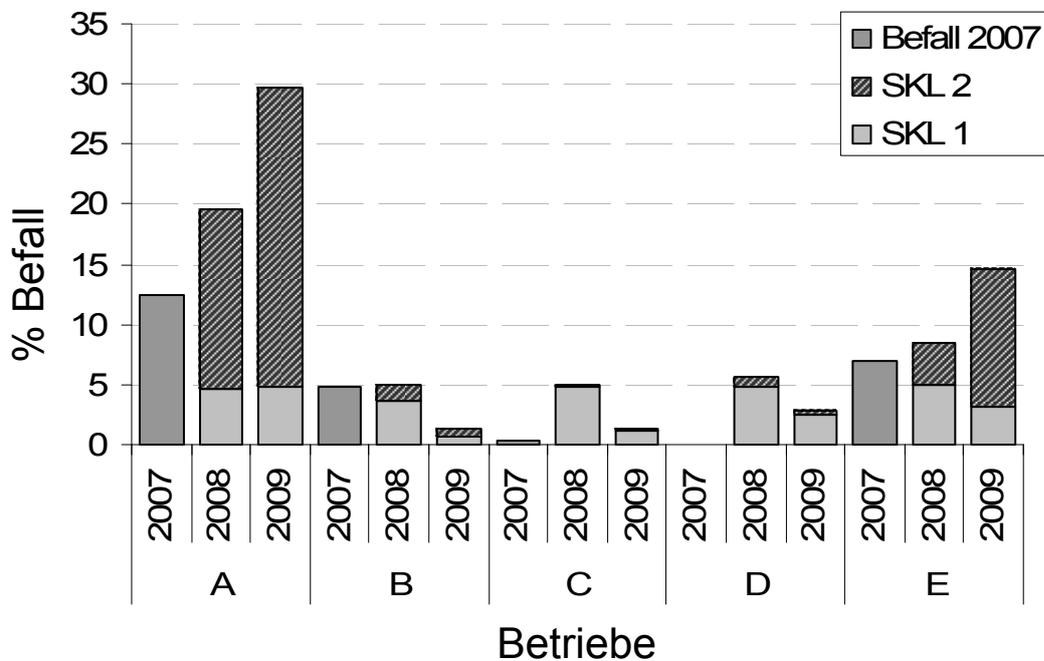


Abbildung 13: Möhrenfliegenbefall pro Betrieb und Jahr. In 2007 wurde nur der Gesamtbefall erhoben, für 2008 und 2009 sind die jeweiligen Anteile der Schadensklasse 1 und 2 (SKL 1, SKL 2) aufgetragen.

3.2. Fangstreifenversuche (FS)

3.2.1. FS – Zusammenfassung

Dreijährige Versuche zum paarweisen Einsatz von Fangstreifen (ebenfalls Möhre) auf zwei Betrieben bestätigten, dass Möhrenfangstreifen gezielt eingesetzt werden können, um Möhrenfliegen noch am Ort ihres Schlupfes zu binden (1. Fangstreifen, FS 1). Nachdem die Ergebnisse 2007 zeigten, dass der FS 1 ein attraktiver Eiablageplatz ist, folgte in 2008 eine Versuchserweiterung durch den Einsatz von Photoektoren. Die Ergebnisse zeigten, dass eine 100% ige Unterdrückung der Fliegenentwicklung durch Grubbern von FS 1 nach erfolgter Eiablage erreicht werden kann. Um mehr Informationen über den Zeitpunkt der Entfernung zu gewinnen, wurden 2009 drei Entfernungstermine und eine Kontrollvariante getestet, die eine fortschreitende Reife von Möhren (59, 69, 77, 93 Tage nach Aussaat) und Fliegenlarven aufwies. Des Weiteren wurde der Nutzen des 2. Fangstreifens (FS 2) direkt an der Haupterwerbsfläche im Vergleich zu einer Kontrollvariante untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass sich in 2009 bei zweimaligem Grubbern, die Fliegenentwicklung im FS 1 lediglich zu max. 41% unterdrücken ließ. Ein Wiederanwachsen der gegrubberten Möhren und eine langsamere Verrottung von groben Möhrenresten sind hier als primäre Gründe zu nennen. Aus den Ergebnissen 2008 und 2009 ist zu schlussfolgern, dass a) eine spätere Aussaat (~20 April) von FS 1 und dessen frühzeitigere Entfernung (~Ende Mai) zu empfehlen ist, damit Möhrendickenwachstum und Larvenentwicklung nicht zu weit vorangeschritten sind. FS 2, drei Meter vor einem Hauptfeld früher Möhren gelegen, zeigte hingegen keinen befallsmindernden Einfluss, der über den bekannten Randeffekt bei Möhrenfliegenbefall hinausgeht. Zusammenfassend wird der Einsatz des FS 1 auf der Vorjahresfläche als nützlich beurteilt, wenn a) lokal ein sehr hoher Fliegenschlupf zu erwarten ist und es sich b) um frühe Möhrensätze handelt. Ein Ernteabschluss bei frühen Sätzen bis Anfang August bewahrt die Möhren vor der deutlichen Befallszunahme durch die 2. Generation in der Folgezeit.

3.2.2. FS – Versuchsfrage

Ziel dieser Versuchsanlage (Abbildung 14) war es, Möglichkeiten zu testen, ob sich Möhrenfliegen der 1. Generation am Ort ihres Schlupfes mithilfe eines Möhren-Fangstreifens (FS 1) wirksam binden und die sich daran entwickelnden Larven durch rechtzeitiges Eingrubbern mitsamt Fangmöhren eliminieren lassen. Mit dem Einsatz eines zweiten Fangstreifens (FS 2) unmittelbar an der aktuellen Erwerbsfläche sollte zusätzlich getestet werden, ob sich ein weiterer Einflug in die Hauptfläche (HF) noch vor dem Feldrand abfangen lässt.

3.2.3. FS – Durchführung

Auf zwei Betrieben (A und E) wurden zwischen 2007 und 2009 jeweils 2 Fangstreifenversuche durchgeführt. Dazu wurden FS 1 und FS 2 à 4 Dämme (nur in 2008 mit FS 2 = 2 Dämme) in praxisüblicher Saatstärke zum Saattermin früher Möhrensätze angelegt. Die Länge der Fangstreifen richtete sich nach der jeweiligen Feldgeometrie (Abbildung 14). Für die Dokumentation des Befallsdrucks wurde ein praxisübliches Gelbtafelmonitoring im FS1, FS2 und HF mit 1 – 2 Kontrollen pro Woche durchgeführt.

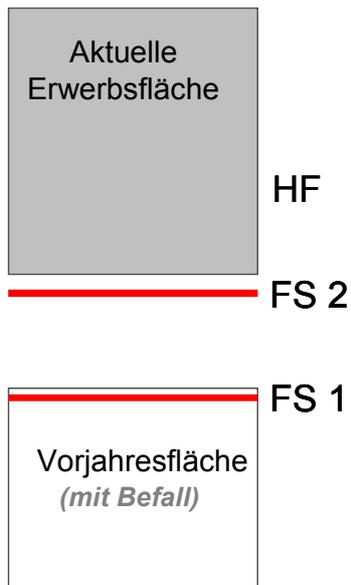


Abbildung 14: Schema der Fangstreifenversuche. Fangstreifen 1 (FS 1) auf bzw. am Vorjahresfeld, Fangstreifen 2 (FS 2) ist der aktuellen Haupterwerbsflächen (HF) vorgelagert

Die Distanzen zwischen der Vorjahres- und Haupterwerbsfläche waren für die Betriebe sehr unterschiedlich und lagen zwischen einer Feldwegbreite (ca. 10m) und 1000 m. Zusätzlich wurde zur Ermittlung zielgerichteter Entfernungstermine des Fangstreifens das Simulationsmodell SWAT genutzt. Die Bonituren wurden zum Abgleich der simulierten Larvenentwicklung (L1-L3) zu fortschreitenden Zeitpunkten durchgeführt. Das daraus abgeleitete Zeitfenster für eine FS - Entfernung erforderte einerseits, möglichst viele Fliegen zu binden, andererseits die Entwicklung von Puppen in jedem Fall zu vermeiden. Der Eliminierungseffekt erfolgter FS 1 - Entfernungen wurde an der Anzahl schlüpfender Fliegen (2. Generation) im Vergleich zu ungestörten Fangstreifenabschnitten bemessen. Dazu wurden 2008 und 2009 (Betrieb A) Schlupfzelte (à 0,33 m²) auf den gegrubberten Parzellen aufgebaut und die Anzahl schlüpfender Fliegen 1-2 x wöchentlich notiert (Abbildung 15). In 2009 wurden die Möhren, in einer vierfachen Wiederholung, an drei verschiedenen Terminen entfernt. Einen Überblick über die wichtigsten Versuchsparameter sowie Ergebnisse gibt Tabelle 1.

3.2.4. FS - Ergebnisse

3.2.4.1. Befallsdruck

Entsprechend der Erwartung, nahmen die Fangsummen des Gelbtafelmonitorings in FS1, FS2 und HF-Randbereich mit zunehmender Entfernung zur Vorjahresfläche in allen Versuchsjahren deutlich ab (**Tabelle 9**, Ergebnisse). Die jeweiligen Flugzeiten der 1. Generation Möhrenfliege dauerten etwa von Ende April bis Ende Juni, jedoch mit einem deutlichen Höhepunkt Mitte bis Ende Mai. Die Befallswerte in Möhren zeigten zu t1 einen starken Gradienten, zwischen Fangstreifen und Hauptfläche. Insbesondere der 1. Fangstreifen war zu Beginn der Larvenentwicklung stark befallen. Im weiteren Zeitlauf stiegen auch die erkennbaren Fraßschäden im 2. Fangstreifen und im Feldrandbereich, mit nicht mehr ganz so deutlichen Unterschieden bis zum Erntetermin.

Tabelle 9: Versuchsplan und Ergebnisse der Fangstreifen Versuche 2007–09 im Überblick

Versuchsjahr	2007	2008	2009	2009
durchführender Betrieb	E	A	A	E
Distanz zw. FS 1+2	130 m	180 m	10 m	1040 m
Distanz zw. FS 2 und HF	7 m	1.5 m	3 m	7 m
Distanz zw. Fallen (FS 2 und HF)	15 m	15 m	15 m	15 m
Aussaat Fangstreifen	30.03.	23.04.	07.04.	17.04.
Auflauf Fangstreifen	09.04.	02.05.	16.04.	30.04.
Auflauf Hauptfläche	09.04.	02.05.	16.04.	06.04.
Entfernung Fangstreifen1	15.06.	09.06.	05.,15.,23.06. 59, 69, 77	12.06.
Alter der Möhren bei Entfernung	77 Tage	47 Tage	Tage	56 Tage
Tage zw. Auflauf u. Entfernung	67	38	50,60,68	43
Bonitur t1	13.06.	05.06.	04.06.	03.06.
Bonitur t2	27.06.	25.07.	23.06.	24.06.
Bonitur t3	20.07.	21.08.	18.08.	11.08.
N (Befallsproben) t1	4	3	3	4
N (Befallsproben) t2	4	3	3	4
N (Befallsproben) t3	3	3	3	4
N (Möhren / Probe)	100	50	50	50
Ergebnisse				
Flug der 1. Generation	13.5. –	05.5. –	16.4. –	20.4. –
(Gelbtafelmonitoring)	22.6.	01.7.	26.6.	29. 6.
N Fliegen (Gen 1) /Falle, FS 1	60	112	143	443
N Fliegen (Gen 1) /Falle, FS 2	37	49	48	43
N Fliegen (Gen 1) /Falle, HF	12	25	44	14
Befall t1 (FS1) %	100	41	51	90
Befall t1 (FS2)	19	4	28	10
Befall t1 (HF)	0	6	36	5
Befall t2 (FS1)	entf.	26	92	entf.
Befall t2 (FS2)	73	45	63	5
Befall t2 (HF)	5	14	57	8
Befall t3(FS1)	entf.	entf.	entf.	entf.
Befall t3 (FS2)	68	37	71	entf.
Befall t3 (HF)	25	27	65	25
Befall zum Ernte im HF	11	16	38	13
Eklektoren	nein	ja	ja	nein
Aufbau Eklektoren		09.07.	09.07.	
Abbau Eklektoren		01.09.	10.09.	
Fliegen pro Eklektor (MW)		0, (Kontr.35)	40, 52, 58, (Kontr. 68)	

3.2.4.2. Entfernen des Fangstreifens

Mit Abklingen der 1. Generation wurde der FS 1 geräumt, auf Betrieb A in 2009 zu drei unterschiedlichen Terminen (Tabelle 9). In den zur Überprüfung der unterdrückten Fliegenentwicklung aufgebauten Schlupfzelten wurden in 2008 keine Fliegen (In Kontrollparzellen durchschnittlich 35) gefunden. In 2009 wurden in den Varianten 1., 2., 3. Entfernungstermin & Kontrolle im Mittel 40, 52, 58 & 68 Tiere pro Schlupfzelt gezählt.

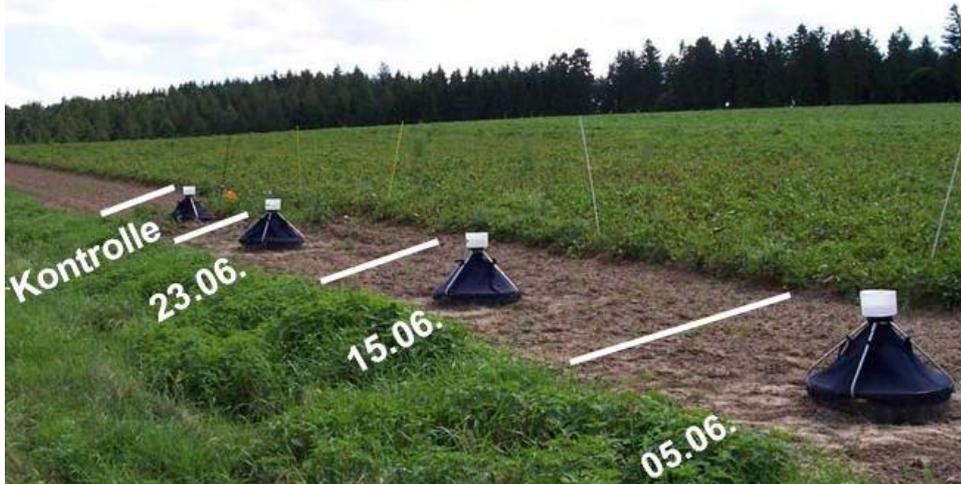


Abbildung 15: Ehemaliger Fangstreifen 1 des Betriebes A 2009 mit Schlupfzelten auf den 4 Abschnitten verschiedener Behandlungen: Gegrubbert am 05., 15., 23. Juni bzw. nicht entfernt (Kontrolle).

3.2.5. FS – Diskussion

Das Ziel des Fangstreifenansatzes, die 1. Generation außerhalb der Erwerbsflächen zum Schutz früher Möhrensätze im FS 1 zu binden und zu eliminieren, konnte im Wesentlichen erreicht werden. Eine wichtige Erkenntnis im Projektverlauf bildet der Umstand, dass bereits Möhrenkeimlinge ab Feldaufgang, massenhaft Möhrenfliegen binden können. Zwei Grundvoraussetzungen wurden zum Einsatz von Fangstreifen herausgearbeitet:

a) Eine zu frühe Saat von FS 1 muss vermieden werden. Ein Feldaufgang um den 20 April, zum Flugbeginn der 1. Generation, ist besonders günstig. Gegebenenfalls sollte die Aussaat zeitlich unabhängig von der Hauptflächensaat erfolgen.

b) Sofortiges Eingrubbern der Fangstreifenmöhren zeitnah zum Abklingen des Hauptfluges der 1. Generation (Ende Mai/ Anfang Juni). Auf das Flugende sollte nicht gewartet werden, damit die Fadenwurzeln der Jungpflanzen noch keinen Rübenkörper gebildet haben. So wird dem Larvenbesatz die Lebensgrundlage weit vor der Verpuppung durch schnelles Verrotten entzogen und die unerwünschte Bildung einer 2. Generation zuverlässig unterdrückt.

Diese Konstellation wurde in 2008 auf Betrieb A (Tabelle 9; Photoelektorenschlupf = 0) erzielt. In 2009 waren aufgrund der zu frühen Aussaat von FS 1 die Rübenkörper zu allen Grubberterminen (t1–t3) bereits zu stark, sodass es zum zahlreichen Wiederauwachen kam, die hohen Verpuppungserfolg und Fliegenschlupf in den Photoelektoren zu allen Grubberterminen bewirkte (Tabelle 9; Betrieb A, 2009). Bei der jetzigen schwachen Bindungseffizienz von FS 2, der sich vom bloßen Randeffekt an der Hauptfläche nicht sicher trennen ließ, ist FS 1 hinsichtlich Befallsbindung wichtiger als FS 2 einzustufen. FS 2 erscheint

nach der jetzigen Ergebnislage als verzichtbar. Für die zeitliche Abstimmung ist ein begleitendes Monitoring mit Gelbklebefallen unentbehrlich; die zusätzliche Nutzung des Simulationsmodell SWAT kann hilfreiche Informationen zum Einschätzen der Fliegenentwicklung liefern. Unter den genannten Voraussetzungen kann FS 1 einen Beitrag leisten, extremen Fliegendruck in frühen Möhrensätzen zu reduzieren.

4. Konzeptgestaltungen – Strategien zur Vermeidung von Möhrenfliegen

4.1. Einzelbetriebliche Diskussion – Möglichkeiten der Möhrenfliegenprävention

Aus den unterschiedlichen Anbaukonstellationen der fünf Versuchsbetriebe konnten im Untersuchungszeitraum von drei Jahren wichtige Erkenntnisse zur Befallswahrscheinlichkeit abgeleitet werden. Eine Risikoeinschätzung und Möglichkeiten der Prävention wurden anhand der überprüften Arbeitshypothesen für jeden Versuchsbetrieb separat abgeleitet und diskutiert.

4.1.1. *Betrieb A*

Mindestabstand – Anhand des bekannten Möhrenfliegen – Vorbefalls und der Tatsache, dass als größere Möhrenfliegenquelle nur die betriebseigenen Möhrenfelder in Betracht kamen, konnte der deutliche geographische Zusammenhang zwischen Fliegenauftreten und Vorjahresflächen, als gerichteter Zuflug der Möhrenfliegen im Frühjahr gewertet werden. Die Distanz zu einer Vorjahresfläche stellte somit den wichtigsten Risikofaktor dar. Dabei zeigte sich die 1. Generation Fliegen in der Distanzüberwindung als anpassungsfähig. Fliegen und Befall fanden sich vermehrt im nächstgelegenen Möhrenfeld, unabhängig davon ob dieses in 20, 200 oder 500 Meter Entfernung von der Vorjahresfläche lag Abbildung 10. Im Bestand schlüpfende spätere Generationen zeigten sich als standorttreu, solange Wirtspflanzen vorhanden waren. Waren die Möhren bereits geerntet, schienen Abwanderungen in spätere Felder über 600 m problemlos möglich. Die Daten zeigen, dass der Befall in über 1000 Metern Entfernung zur Vorjahresfläche kaum mehr von den Vorjahresflächen beeinflusst war. Diese Distanz kann als lokaler Mindestabstand definiert werden. Als Einschränkung gilt, dass wir nicht belegen können, dass sich Fliegen nicht auch > 1 km hinaus verbreitet hätten, wenn kein Möhrenfeld im Umkreis die 1. Generation gebunden hätte, weil diese Flächenkonstellation auf Betrieb A nicht vorkam. Zumindest erbrachte das variable Flugverhalten in Abhängigkeit von der nächstgelegenen Fläche auch auf Betrieb A jährlich „Nichtbefallslagen“, in denen Felder vom Initialbefall verschont blieben und bis zu Ernte nur minimalen Befall entwickelten.

Koinzidenz – Da der Betrieb sowohl frühe als auch späte Möhren anbaut, kam es jährlich zum Aufschaukeln der Fliegenzahlen von der 1. zur 2. Generation. Möhren, die bereits im Mai aufliefen und bis Mitte August und länger im Feld stehen, ermöglichen die Entwicklung beider Generationen mit folglich hohem Befallsaufkommen. Gleiches galt für späte Sätze, die neben frühen gesät waren.

Struktur – Großräumig zeigten insbesondere die Kleinstrukturen (Hecken und Bäume) einen förderlichen Einfluss auf das Fliegenvorkommen. Als Risikofaktor bei der Verbreitung der 1.

Generation Fliegen konnte jedoch kein befallssteigernder Effekt festgestellt werden. Bei hohem Fliegenaufkommen waren jedoch insbesondere Feldrandbereiche mit benachbarten Hecken verstärkt befallen.

Da die zur Verfügung stehenden Betriebsflächen begrenzt sind und Mindestabstände von 1 km nicht in allen Jahren einzuhalten sind, ist die Nutzung eines Mindestabstandes beschränkt. Das Flächenmanagement, als strikte Trennung der Möhrensätze nach frühen und späten Sätzen, somit separat nach Feldern, ist hier ratsamer. Mit den frühen Sätzen nahe den Vorjahresflächen wird die Fliegenpopulation vor Ort gebunden. Spätere Sätze bleiben weitgehend unbetroffen, wenn sie nach Mai auflaufen separat von den Frühen Sätzen stehen. Auch der umgekehrte Fall ist denkbar: Die späten Sätze an die Vorjahresflächen und die frühen Sätze entfernt zu legen. Durch die lange Zuwanderung würde sich der Befall in den frühen Möhren reduzieren. Jedoch besteht die Gefahr, eine (u. U.) verspätete 1. Generation noch auf späte Möhren trifft, und dort in der 2. Generation starken Schaden anrichtet. Zu alledem ist zu bedenken, dass im Folgejahr alle Sätze als Fliegenquelle fungieren. Werden mehrere Felder mit frühen und späten Möhren angebaut, sollten diese jeweils (!) möglichst nah beieinander liegen, um nicht zu viele „Infektionsquellen“ für das Folgejahr zu produzieren. Lässt sich die Möhrenfliege damit mittelfristig nicht kontrollieren, oder wird der ökonomische Druck zu groß, könnte der Betrieb gezwungen sein, sich auf den Anbau später Möhren zu beschränken. Eine weitere Option ist das regionale einjährige Aussetzen des Möhrenanbaus. Das Untersuchungsgebiet stellt eine durch einen Waldgürtel in sich geschlossene Anbauregion dar. Könnte sich der gesamte Möhrenanbau für ein Jahr auf Betriebsfläche außerhalb dieses Gebietes beschränken, sollte eine starke Dezimierung der Fliegenpopulation damit einhergehen. Dies erfordert jedoch eine entsprechende Flächenverfügbarkeit und geht mit einem zusätzlichen Aufwand (z.B. für Pacht oder Flächentausch) bzw. Einschränkungen (z.B. in der Bewässerung) einher.

4.1.2. *Betrieb B*

Mindestabstand – Möhrenfliegenschäden waren schwach ausgeprägt und stellten kein Vermarktungsproblem dar, obwohl der Betrieb seit ca. 10 Jahren räumlich nah und flächig Möhren anbaut. Im Untersuchungszeitraum wurde einzig in 2009 ein förderlicher Einfluss des A_{vj} auf Fliegenvorkommen und Befall festgestellt.

Koinzidenz – Durch den schweren Boden sind Aussaat und folglich ein Auflaufen der Möhren im Frühjahr meist erst ab Ende Mai / Juni möglich. Die erste Generation Möhrenfliegen findet dadurch keine Vermehrungsgrundlage. Erst die zweite Generation kann sich in den Möhrenfeldern etablieren und unterstützt potentiell auch die 3. Generation. Wenn die 1. Generation Fliegen im Folgejahr jedoch keine Wirtspflanzen vorfindet, bleibt ein Aufschaukeln der Fliegenzahlen aus.

Struktur – Aufgrund des geringen Fliegenaufkommens spielt die Struktur eine untergeordnete Rolle bei der Risikoeinschätzung. Der Einfluss fiel in den großräumigen Analysen sehr uneinheitlich aus, mit positiven wie negativen Einflüssen der Kleingehölze und Ortschaften auf den Befall und keinen Effekten auf das Fliegenvorkommen.

Ähnlich den Betrieben C und D scheint die Vermeidung der Möhrenfliegen auf eine beschränkte zeitliche Überschneidung mit dem Möhrenanbau zu beruhen (Tabelle 3). Da die Möhrenfelder jedoch oftmals in unmittelbarer Nachbarschaft zu Vorjahresflächen liegen, besteht mittelfristig die Gefahr des Anstiegs der Fliegenzahlen. Um dem vorzubeugen sollte

insbesondere auf frühe Sätze verzichtet werden, die vor Juni auflaufen und größtmöglicher Abstand zu Vorjahresflächen gehalten werden.

4.1.3. *Betrieb C*

Mindestabstand – Keines der untersuchten Möhrenfelder war in einem Versuchsjahr weiter als 500 m von einem Vorjahresfeld entfernt, dennoch sind Möhrenfliegenschäden nur in geringem Umfang aufgetreten. So konnte auch nur in 2008 ein befallsfördernder Einfluss des AVJ nachgewiesen werden.

Koinzidenz – Durch den Schwerpunktmäßigen Anbau früher Möhren kommt es stets zu einem Initialbefall der (geringen) 1. Generation Fliegen. Durch die Ernten im Juli – August vermutlich jedoch zu einer Verminderung der 2. Generation Möhrenfliege. Vereinzelt länger stehende Möhren haben bisher keine wesentliche Vermehrung der Möhrenfliegenpopulation bewirkt.

Struktur – Lediglich in 2008, das Versuchsjahr mit einem vergleichsweise hohen Fliegenaufkommen, konnte ein befallsfördernder Effekt der Kleingehölze (Hecken und Bäume) nachgewiesen werden. Dies verdeutlicht, dass die Vegetation erst zum bedeutsamen Risikofaktor wird, wenn ein Befallsdruck bereits besteht.

Die Tatsache, dass der Betrieb seit 20 Jahren Möhren räumlich eng anbaut, ohne ein Fliegenproblem entwickelt zu haben, scheint zu einem Teil in der zeitlichen Vermeidung der Schädlinge, hier „weitgehende Beschränkung auf frühe Sätze und damit die 1. Fliegengeneration, zu liegen. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass weitere Faktoren, die nicht erhoben wurden, einen Befall nachhaltig unterdrücken und das Anbausystem stabilisieren. Beispielsweise stellt der stärker sandhaltige Boden (wie auch bei Betrieb D) ein potentiell trockeneres Mikroklima dar, dass insbesondere zur Zeit der Eiablage die Mortalität der Möhrenfliegen erhöhen kann. Dennoch scheint es für die langfristige Prävention ratsam, den Möhrenanbau nicht weiter in den Herbst zu verlagern, sondern den Schwerpunkt auf frühen Möhren zu belassen.

4.1.4. *Betrieb D*

Mindestabstand – In den zwei Versuchsjahren hat sich die Distanz zu Vorjahresflächen als kein Risikofaktor erwiesen, da das Gesamtfliegenaufkommen und der Befall gering waren.

Koinzidenz – Durch den Schwerpunktmäßigen Anbau früher Sätze wird die 1. Generation Möhrenfliege gefördert, die 2. Generation jedoch mit Ernten vor August dezimiert.

Struktur – Im Versuchsjahr 2009 hatten alle Strukturparameter (Kleingehölze, Wald und Ortschaften) einen förderlichen Einfluss auf das Fliegenvorkommen, was jedoch aufgrund der allgemein niedrigen Fliegenzahlen von geringer Bedeutung ist.

Der Betrieb beugt durch einen Schwerpunkt im Anbau früher Möhren dem Aufbau einer Fliegenpopulation automatisch vor. Zudem wurden 2006 erstmals Möhren angebaut, weshalb ein Fliegenproblem vorerst nicht zu erwarten ist. Dennoch ist langfristig ein Befallsrisiko nicht auszuschließen, zumal vor Ort ein weiterer Landwirt (konventionelle) Möhren anbaut. Absprachen bezüglich der Flächenwahl scheinen auch hier sinnvoll, da alle Möhrenfelder eine potentielle Infektionsquelle im Folgejahr darstellen. Werden auf den betriebsfremden Möhrenflächen auch späte Sätze angebaut, sollten diese separat zu Feldern früher Sätze liegen, um so das Aufschaukeln der Fliegenpopulation zu vermeiden.

4.1.5. *Betrieb E*

Mindestabstand – Bei der räumlichen Auswertung zeigte sich, dass die Distanz und Fläche vorjähriger Möhrenfelder einen Einfluss auf den Befall haben. Der Befall korrelierte am besten mit der Anbaufläche im Umkreis von 1600 und 1200 Metern (2008, 2009) und die Fliegen erreichten in diesen Versuchsjahren aus mehreren Richtungen die Felder. Dies kann darauf hinweisen, dass auch Distanzen von Vorjahresfläche in > 1 km Entfernung zurückgelegt wurden, die Zuwanderung aber nicht zielgerichtet war. Eine weitere Erklärungsmöglichkeit wären unbekannte Fliegenquellen wie konventionelle Möhrenflächen benachbarter Landwirte, die bei den Kartierungen, trotz Abfahren der Umgebung und Befragung der Landwirte, übersehen worden sein könnten. Solche Mischanbaulagen mit konventioneller Möhrenpräsenz würden die Ermittlung bzw. den Nutzen eines lokalen Mindestabstandes deutlich erschweren.

Koinzidenz – Die Möhrenanbauperiode unterstützt langfristig sowohl die 1. als auch die 2. Generation Möhrenfliege (Anbau April bis mindestens September), was das jährliche Befallsrisiko aufrechterhält. Wurden frühe und späte Sätze im selben Feld nebeneinander angebaut, führte das Übersiedeln zwischen den Generationen zu besonders starker Befallsentwicklung in den späteren Sätzen.

Struktur – Die großräumigen Analysen zum Einfluss der Vegetation zeigten, dass der Wald in allen Versuchsjahren einen leichten förderlichen Einfluss bei Verbreitung der 1. Generation bzw. dem Befallsaufkommen hatte. In 2007 zeigte sich, dass Hecken am Möhrenfeld einen wichtigen Sammelpunkt (vermutlich Windschutz) für Möhrenfliegen bilden. Die Ortschaften schienen das lokale Befallspotential zu reduzieren. So besteht die Möglichkeit, dass die Möhrenfliegen durch Wind verdriftet werden und über windgeschützte Umwege das aktuelle Feld erreichen. (Durchschnittliche Windgeschwindigkeit lag im Mai bei 3,8 m/s. Im Vergleich dazu Betrieb A: 1,6 m/s (2007–2009))

Aufgrund des vermehrten Möhrenfliegenaufkommens stellt die Lage der Vorjahresflächen den wichtigsten betrieblichen Risikofaktor dar. Jedoch war die Richtung des Fliegenzuflugs weniger gut kalkulierbar als bei Betrieb A. Bei der jährlichen Flächenplanung ist daher eine Absprache mit weiteren Möhren anbauenden Betrieben in der Region ratsam, um eine Befallssituation einzuschätzen und Distanzen einzuplanen. Wie bei Betrieb A sollten frühe Sätze, die im Mai von der 1. Generation angefliegen werden strikt von Sätzen getrennt werden, die erst nach Mitte August geerntet werden. Ist die räumliche Nähe zu einem vorjährigem Möhrenfeld unvermeidbar, könnten ausschließlich frühe Sätze an die Vorjahresfläche gelegt werden, um den Befall durch die 1. Generation dort zu binden. Der Befall weiter entfernter Flächen würde somit reduziert. Damit ist jedoch ein anspruchsvolles Management des frühen Feldes verbunden. Wenn die 2. Generation Fliegen im Juli erneut Eier ablegt, sollten die frühen Möhren noch nicht geerntet sein, um auch das Befallspotential der neuen Generation vor Ort zu binden. Die Ernte muss dann jedoch bis Anfang / Mitte August abgeschlossen sein, damit die Fraßschäden begrenzt sind und die Fliegenpopulation dezimiert wird, indem Larven mit dem Erntegut abtransportiert werden und die Entwicklung somit unvollständig bleibt (Siehe auch Betrieb A). Ein Einsatz von Fangstreifen direkt auf der Vorjahresfläche kann das Abwandern eines Teiles der Fliegen verhindern und Befallspotential binden. Es ist jedoch abzuwägen, ob der Nutzen von Installation, Pflege und Entfernung eines Fangstreifens dessen Nutzen überwiegt (Vgl. Kapitel 3.2). Da wir zeigen konnten, dass sich frühe Sätze, nahe der Vorjahresfläche, wie die untersuchten Fangstreifen verhalten und die 1. Generation Fliegen in höherer Zahl binden werden, ist dies eine interessante Synthese aus beiden Befunden. Ist eine zeitgerechte frühe Ernte möglich (Noternte) ist diese Strategie ein effizienter,

empfehlenswerter Baustein, z.B. auf leichteren Böden. Witterungsbedingte Verzögerungen (z.B. auf schweren Böden) bringen für diesen Ansatz dann allerdings ein erhebliches Risiko mit sich.

4.2. Vermeidung der Risikofaktoren

4.2.1. Flächenwahl

Die Ergebnisse der Studie haben deutlich gemacht, dass bestimmte Risikofaktoren erst bei akutem Befallsdruck zum Tragen kommen. Im Fall von bereits bestehenden Möhrenfliegenproblemen stellt sich bei Praktikern die Frage nach einem generellen Mindestabstand zu Vorjahresflächen, bei dessen Einhaltung kein Befall mehr zu erwarten und der Fangstreifeneinsatz gleichbedeutend überflüssig ist. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, dass bei einem bestehenden Vorbefall mit Möhrenfliegen (Betrieb A & E), die Entfernung zu Vorjahresflächen der wichtigste Risikofaktor bei der Vorhersage eines neuerlichen Befalls ist. Je kürzer der Abstand zu Vorjahresflächen, desto größer die Wahrscheinlichkeit, dass Möhrenfliegen einen Schaden anrichten werden. Das Ausbreitungsverhalten der Möhrenfliege im Frühjahr hat sich zusätzlich als sehr variabel gezeigt. Die Distanz, über die die Fliegen wanderten schien vor allem durch das Wirtspflanzenangebot bestimmt zu sein. Distanzen, über die sich Möhrenfliegen im Frühjahr verbreiten, variieren entsprechend des regionalen Möhrenangebotes betriebsspezifisch. In vorangegangenen Studien wurde bereits auf einen geographischen Zusammenhang zwischen Fliegenquelle und Befallsausmaß hingewiesen (Collier 2009; Coaker & Hartley 1988) und die Wanderungsgeschwindigkeit der Möhrenfliege mit ca. 100 Metern pro Tag berechnet (Finch & Collier 2004). Eine polnische Studie empfahl ebenfalls einen Mindestabstand zu vorjährigen Feldern von 1000 Metern (Legutowska 1988). Da jedoch, insbesondere auf arrondierten Betriebsflächen, die Flächenwahl eingeschränkt ist, scheint die Angabe eines solchen Abstandes nur begrenzt hilfreich. Nützlicher könnte daher die Erkenntnis sein, dass sich Möhrenfliegen mit dem nächstgelegenen Möhrenfeld begnügen, während weiter entfernt liegende Felder deutlich weniger Befall aufwiesen. Möhrenfelder solcher „Nichtbefallslagen“ zeigten im Versuch einen durchschnittlichen Möhrenfliegenbefall von 5 % und glichen somit den Betrieben, wo das dokumentierte Fliegenvorkommen und der Befall lediglich auf eine Hintergrundpopulation zurückgeführt wurden (B, C und D).

Ist die Flächenwahl eingeschränkt, aber die Fliegenquelle bekannt sollte einzelbetrieblich geprüft werden, ob sich der Zuflug der Möhrenfliegen im Frühjahr manipulieren lässt. Fangstreifen bieten nur eingeschränkten Schutz, wenn mehrere Sätze angebaut werden. Daher sollte parallel die Möglichkeit durchdacht werden, über eine geschickte Flächenwahl die Fliegen auf ein Feld (früher Möhren) zu konzentrieren und sensible (spätere) Sätze in die weitest möglich entfernten Nichtbefallslagen zu legen. Die Flächenwahl sollte eine übergeordnete Stellung in der Möhrenfliegenprävention einnehmen und kann die Absprache mit weiteren Möhren anbauenden Betrieben erfordern.

4.2.2. Zeitfenster Anbau & Ernte

Die Versuchsergebnisse legen nahe, dass solche Betriebe am stärksten gefährdet sind, die sowohl frühe als auch späte Möhren anbauen. Mehrere Untersuchungen zeigten bereits, dass der Zeitpunkt der Aussaat einen wesentlichen Einfluss auf die Befallswahrscheinlichkeit hat (Petherbridge 1943; Cole et al. 1987; Ellis et al. 1987). Betriebe mit langer Anbauperiode

sollten räumlich vorbeugen: Insbesondere muss ein Aufschaukeln zwischen der ersten und zweiten Generation vermieden werden, indem ein Übersiedeln der Fliegen früher Sätze auf Möhren, die erst nach ~ Mitte August geerntet werden, verhindert wird. Frühe und späte Möhren in räumlicher Nähe sind daher als besonders kritisch zu bewerten. Wie auf Betrieb A und E beobachtet wurde, scheint die Zeitspanne zwischen August und September entscheidend für die Entstehung vermarktungsrelevanter Schäden zu sein. Ist eine entsprechend späte Ernte geplant, sollten diese Sätze somit räumlich von Möhrenfeldern getrennt werden, die schon Anfang Mai aufgelaufen waren.

Ist der Ertragsausfall weiterhin zu stark, muss abgewogen werden, ob sich eine Beschränkung auf entweder frühe oder späte Möhren rechnet.

Um die Fliegenpopulation generell möglichst gering zu halten, sollte zusätzlich auf die Feldhygiene geachtet werden. Eine unnötige Puppenentwicklung lässt sich vermeiden, indem bei einer Ernte vor September das Ausmaß an Rodeverlusten und überständigen Partien möglichst gering gehalten wird, damit sich in den im Boden verbleibenden Möhren die Larven nicht weiterentwickeln. Für Ersteres ist insbesondere auch die Laubgesundheit von Bedeutung, damit der Klemmbandroder alle Möhren erreicht.

4.2.3. *Kritische Vegetation*

Die absolute Menge an holziger Vegetation und Ortschaften im Umkreis der Fallen und Probestellen zeigte ebenfalls einen förderlichen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit eines Fliegenbefalls, insbesondere die Kleinstrukturen (Hecken und Bäume). Eine direkte Unterstützung der Möhrenfliegenverbreitung im Frühjahr (1. Generation) durch Hecken und Bäume lässt sich mit den Regressionsanalysen jedoch nicht bestätigen. Aufgrund der Erfahrungswerte bei der Möhrenfliege sollte beim Möhrenanbau jedoch windoffenen Lagen der Vorzug gegeben werden und die Randvegetation zur Zeit der Eiablage im Mai und im Juli / August nach Möglichkeit kurz gehalten werden, da sich die Tiere dort sammeln, und das lokale Befallsrisiko erhöhen. Eine niedrige Vegetation steht jedoch in einem Zielkonflikt mit einem betrieblichen Bestreben der Nützlingsförderung z.B. durch Blühstreifen sowie naturschutzfachlichen Empfehlungen einer späten Mahd solcher Saumbiotope und bedarf auch hier einer einzelbetrieblichen Abwägung. In der Literatur wird die Funktionalität von Hecken in Agrarlandschaften vielseitig und konträr diskutiert. So erfüllen sie zweifelsfrei wichtige Funktionen, wie beim Erosionsschutz und stellen wichtige Habitate für Arthropoden dar. In Bezug auf einen ökologischen Pflanzenschutz können Hecken auch Barrieren darstellen und so die Verbreitung von Schädlingen unterdrücken sowie Gegenspieler fördern (Bhar & Fahrig 1998). Zum besseren Verständnis der Rolle von Hecken und Waldrändern bei der Verbreitung und dem Befallserfolg der Möhrenfliegen bedarf es weiterer Forschung.

4.3. **Noternteszenario**

Lassen sich Hecken oder eine hohe Randvegetation am Möhrenfeld nicht vermeiden oder ist der Befallsdruck besonders hoch, kann eine vorgezogene Ernte stark befallener Randparzellen sinnvoll sein, um Fliegenzahlen in der Folgegeneration bzw. im Folgejahr zu dezimieren und somit innere Feldbereiche vor zusätzlichem Befall zu schützen. Randbereiche früher Sätze sollten bis Mitte Juni, befallene späte Partien bis Anfang / Mitte August geerntet werden. Zu diesem Zeitpunkt sind die Möhren äußerlich oftmals noch vermarktungsfähig, was sich in den folgenden Wochen ändert. Zudem wird das zukünftige Befallspotential mitsamt den Larven in

den Möhren „entsorgt“. Diese vergleichsweise drastische Maßnahme erfordert zwar Ernteverluste oder die Organisation von Abnehmern (unausgereifter) Möhren (z.B. Bio-Brotbox-Aktion), kann dafür aber der Kernparzelle des jeweiligen Feldes einen Ertragsvorteil geben. Ein bloßes Untergrubbern reicht in diesem Fall nicht. Die Möhrenkörper müssen vollständig entfernt werden, um eine Weiterentwicklung der Larven zu vermeiden.

4.4. Fangstreifen

Fangstreifen, in Form von Möhren, die direkt auf oder an der Vorjahresfläche angebaut werden, bieten die Möglichkeit das standorttreue Verhalten der Fliegen zu nutzen und die Ausbreitung zu manipulieren. Indem ein Wirtspflanzenangebot direkt am Überwinterungsort geschaffen wird, erfolgte im Frühjahr die Eiablage an den Fangpflanzen und verhinderte so einen Teil der Abwanderung zu aktuellen Möhrenfeldern. Dass die vergleichsweise geringen Ausmaße der Fangstreifen von gerade einmal vier Dämmen Breite ausreichten, um für Möhrenfliegen attraktiv zu sein, belegen die hohen Fangzahlen von bis zu 450 Fliegen pro Falle im Zeitraum Mai–Juni 2009. Dabei erwiesen sich bereits Möhrenkeimlinge als äußerst attraktiv für Möhrenfliegen. Fangstreifen bieten keinen 100 % igen Schutz vor einem Überwandern eines Teils der geschlüpften Fliegen, können die Anzahl Fliegen, die in 1. Generation Initialbefall verursachen jedoch reduzieren. Die Entwicklung einer 2. Generation lässt sich somit nur anteilig verhindert. Daher bietet sich der Fangstreifen-Einsatz insbesondere an, wenn die (einzige) Fliegenquelle bekannt ist und frühe Sätze geschützt werden sollen. Eine sofortige Entfernung nach Abklingen des Fluges (nach Möglichkeit ~ Ende Mai) ist essentiell. Siehe auch Kapitel 3.2 .

5. Zusammenfassung

Ziel des Projektes war es, unter Berücksichtigung der Praxisbedingungen im ökologischen Möhrenanbau, Möglichkeiten der Möhrenfliegenprävention aufzuzeigen. Dazu wurde begleitend zum Möhrenanbau auf Betrieben in Niedersachsen und Hessen drei Jahre lang das Fliegenauftreten und Befallsaufkommen dokumentiert. Risikofaktoren der Landschaftsstruktur und Möhrenanbaudichte im Umkreis von 1000 bzw. 1600 Metern um aktuelle Möhrenfelder wurden in räumlichen Analysen mit den Fliegen- und Befallszahlen korreliert. Insbesondere bei Betrieben mit Vorbefall zeigte sich ein deutlicher geographischer Zusammenhang zwischen dem kürzesten Abstand einer Falle bzw. eines Boniturpunktes zu der nächstgelegenen Vorjahresfläche und dem aktuellen Fliegenaufkommen oder Befall. Dies unterstreicht die Bedeutung der lokalen Vorjahresflächen als bedeutsamste Infektionsquellen. Die Flugdistanzen, die Möhrenfliegen der 1. Generation im Frühjahr zurücklegen, erwiesen sich dabei als sehr variabel. Im Wesentlichen passte sich die Möhrenfliege dem Möhrenangebot an. Die Tiere konzentrierten sich auf das nächstgelegene Feld, unabhängig davon, ob sich dieses in 20, 200 oder 500 Metern Entfernung zur Vorjahresfläche befand. Die Verbreitung darüber hinaus war deutlich abgeschwächt, und änderte sich auch nicht zum Flug der 2. Generation (ab Mitte Juli), solange noch Möhren im selben Feld vorhanden waren und hier erneut eine Eiablage stattfinden konnte. Dieses als träge zu bezeichnende Verhalten bietet Ansatzpunkte für eine gezielte Manipulation der Fliegenverbreitung über die Flächenwahl. Die Option, die 1. Generation mit frühen Sätzen in räumlicher Nähe zur Vorjahresfläche zu binden, während

späte Sätze entfernt liegen sollten, wird diskutiert. Als Schlussfolgerung wird das Befallsrisiko auf Betrieben mit ausschließlich frühem oder spätem Möhrenanbau als gering eingeschätzt. Erstreckt sich die Anbauperiode hingegen über einen Zeitraum von mindestens Ende April bis einschließlich September, wird der Möhrenfliege die Entwicklung von zwei vollen Generationen ermöglicht und der Aufbau einer befallsrelevanten Fliegenpopulation ist wahrscheinlicher. In diesem Fall wird ein Mindestabstand von 1 km zu vorjährigen Möhrenfeldern empfohlen.

6. Gegenüberstellung der urspr. geplanten zu den erreichten Zielen

Die im Projektantrag formulierten Ziele konnte im Wesentlichen erreicht werden. Im Versuchsjahr 2007 wurden aufgrund des verzögerten Projektbeginns nur vier Betriebe begleitet und beprobt, in den Jahren 2008 und 2009 jeweils Fünf. Abweichend vom Projektantrag wurden zusätzlich Untersuchungen mit Fangstreifen durchgeführt, die einen Regulierungsansatz bei bereits bestehenden Möhrenfliegenproblemen darstellen und somit den Versuchsschwerpunkt der Prävention ergänzten. Grund hierfür war die Nachfrage seitens der Landwirte und der Beratung, die aus eigenem Engagement Fangstreifenversuche im Biomöhrenanbau anstrebten. Ein Einbinden der Fragestellung in die Versuchsabläufe des BÖL-Projektes war aufgrund der identischen Zielsetzung einer Schädlingsvermeidung sowie der Praxisakzeptanz unumgänglich.

7. Literaturverzeichnis

- Altieri, M.A., Letourneau, D.K. & Risch, S.J. (1984) Vegetation diversity and insect pest outbreaks. *Critical Reviews in Plant Sciences*, **2**, 131.
- AMI & Illert, S. (2009) Agrarmarkt Informations-GmbH (AMI): Entwicklungen bei Frischmarktmöhren; Fachtag Möhre 11. 03.2009; Ökoring Niedersachsen e.V.
- Berenbaum, M.R. (1990) Evolution of Specialization in Insect-Umbellifer Associations. *Annual Review of Entomology*, **35**, 319–343.
- Beyer, H.L. (2004) *Hawth's analysis tools for ArcGIS*.
- Bhar, R. & Fahrig, L. (1998) Local vs. landscape effects of woody field borders as barriers to crop pest movement. *Conservation Ecology [online]*, **2**, 3.
- Bohlen, E. (1967) Untersuchungen zum Verhalten der Möhrenfliege, *Psila rosae* Fab. (Dipt. Psilidae), im Eiablagefunktionskreis. *Z. Angew Entomol*, **59**, 325–360.
- Buck, H. (2006) Möhrenfliege und Möhrenminierfliege – ein zunehmendes Problem im intensiven ökologischen Möhrenanbau. *Gemüse*, 352–354.

- Coaker, T.H. & Hartley, D.R. (1988) Pest management of *Psila rosae* on carrot crops in the eastern region of England. *Bulletin SROP (France)*.
- Cole, R.A., Phelps, K., Ellis, P.R. & Hardman, J.A. (1987) The effects of time of sowing and harvest on carrot biochemistry and the resistance of carrots to carrot fly. *Annals of Applied Biology*, **110**, 135–143.
- Collier, R. (2009) Review of carrot fly control in Northern Europe 2009. *EPPO/OEPP Bulletin*, **39**, 116–120.
- Collier, R.H. & Finch, S. (1996) Field and laboratory studies on the effects of temperature on the development of the carrot fly (*Psila rosae* F.). *Annals of Applied Biology*, **128**, 1–11.
- Conradt, L., Bodsworth, E.J., Roper, T.J. & Thomas, C.D. (2000) Non-random dispersal in the butterfly *Maniola jurtina*: implications for metapopulation models. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **267**, 1505–1510.
- Crüger, G., Backhaus, G., Hommes, M., Smolka, S. & Vetten, H. (2002) *Pflanzenschutz im Gemüsebau*. Ulmer.
- Ellis, P.R., Hardman, J.A., Cole, R.A. & Phelps, K. (1987) The complementary effects of plant resistance and the choice of sowing and harvest times in reducing carrot fly (*Psila rosae*) damage to carrots. *Annals of Applied Biology*, **111**, 415–424.
- Ellis, P. (1999) The Identification and Exploitation of Resistance in Carrots and Wild Umbelliferae to the Carrot Fly, *Psila rosae* (F.). *Integrated Pest Management Reviews*, **4**, 259–268.
- Ester, A. & Rozen, K.V. (2009) State of the art regarding carrot fly control in practice and possibilities in the future for Western and Northern Europe¹. *EPPO Bulletin*, **39**, 138–142.
- Field, A.P. (2009) *Discovering statistics using SPSS*. SAGE publications Ltd.
- Finch, S., Freuler, J. & Collier, R.H. (1999) Monitoring Populations of the Carrot Fly *Psila rosae*. *IOBC/WPRS Bull*, 1–108.
- Finch, S. & Collier, R.H. (2004) A simple method based on the carrot fly for studying the movement of pest insects. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **110**, 201–205.
- Guerin, P.M., Städler, E. & Buser, H.R. (1983) Identification of host plant attractants for the carrot fly, *Psila rosae*. *Journal of Chemical Ecology*, **9**, 843–861.
- Guerin, P.M. & Visser, J.H. (1980) Electroantennogram responses of the carrot fly, *Psila rosae*, to volatile plant components. *Physiological Entomology*, **5**, 111–119.

- Hardman, J.A. & Ellis, P.R. (1982) An investigation of the host range of the carrot fly. *Annals of Applied Biology*, **100**, 1–9.
- Hill, D.S. (1987) *Agricultural insect pests of temperate regions and their control*. CUP Archive.
- Hokkanen, H.M.T. (1991) Trap Cropping in Pest Management. *Annual Review of Entomology*, **36**, 119–138.
- Johnson, C.G. (1969) *Migration and dispersal of insects by flight*. Methuen.
- Kettunen, S., Havukkala, I., Holopainen, J.K. & Knuuttila, T. (1988) Non-chemical control of carrot rust fly in Finland. *Annales Agriculturae Fenniae (Finland)*.
- Kramer, H. (1988) *Waldwachstumslehre*. Paul Parey, Hamburg.
- Krug, H., Liebig, H. & Stützel, H. (2003) *Gemüseproduktion*. Ulmer (Eugen).
- Legutowska, H. (1988) Dynamics of appearance of the carrot rust fly, *Psila rosae* Fabr.(Diptera: Psilidae) on carrot plants in Poland. *Acta Horticulturae (Netherlands)*, 53–57.
- Lindner, U. & Billmann, B. (2006) Planung, Anlage und Auswertung von Versuchen im ökologischen Gemüsebau. Handbuch für die Versuchsanstellung.
- McCoy, J. & Johnston, K. (2002) *Using ArcGIS spatial analyst*. ESRI Press.
- Nagel, J. (2001) Skript Waldmesslehre. wwwuser.gwdg.de/~jnagel/wamel.pdf.
- Otto, M. & Hommes, M. (2000) Development of a simulation model for the population dynamics of the onion fly *Delia antiqua* in Germany. *EPPO Bulletin*, **30**, 115–119.
- Overbeck, H. (1978) Untersuchungen zum Eiablage- und Befallsverhalten der Mohrenfliege *Psila rosae* (Diptera, Psilidae) im Hinblick auf eine modifizierte chemische Bekämpfung. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*, **183**, 1–145.
- Petherbridge, F.R. (1943) Further investigations on the biology and control of the carrot fly (*Psila rosae* F.). *Annals of Applied Biology*, **30**, 348–358.
- Sexson, D.L. & Wyman, J.A. (2005) Effect of crop rotation distance on populations of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): development of areawide Colorado potato beetle pest management strategies. *Journal of Economic Entomology*, **98**, 716–724.
- Shelton, A.M. & Badenes-Perez, F.R. (2005) Concepts and applications of trap cropping in pest management.

- Siekmann, G. & Hommes, M. (2005) *Controlling root flies with exclusion fences?* unpublished [available online] <http://orgprints.org/9072/>.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. (1995) *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. WH Freeman.
- Southwood, T.R.E. (1962) MIGRATION OF TERRESTRIAL ARTHROPODS IN RELATION TO HABITAT. *Biological Reviews*, **37**, 171–211.
- Städler, E. (1972) Über die Orientierung und das Wirtswahlverhalten der Möhrenfliege, *Psila rosae* F.(Diptera: Psilidae). II. Imagines. *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, **70**, 29–61.
- Thöming, G., Pölit, B., Kühne, A. & Saucke, H. (2009) Risk assessment of pea moth *Cydia nigricana* infestation in organic green peas based on spatiotemporal distribution and phenology of the host plant. *Entomol.exp.appl.*, (submitted).
- Vernon, R.S. & McGregor, R.R. (1999) Exclusion fences reduce colonization of carrots by the carrot rust fly, *Psila rosae* (Diptera: Psilidae). *Journal of the Entomological Society of the British Columbia*, **96**, 103–110.
- Wainhouse, D. & Coaker, T.H. (1981) The distribution of carrot fly (*Psila rosea*) in relation to the flora of field boundaries. *Pests, Pathogens and Vegetation*. London: Pitman Books, 263–272.
- Wakerley, S.B. (1963) Weather and behaviour in carrot fly (*Psila rosae* fab. Dipt. Psilidae) with particular reference to oviposition. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **6**, 268–278.
- Wakerley, S.B. (1964) The sensory behaviour of carrot fly (*Psila rosae* Fab., Dipt. Psilidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **7**, 167–178.
- Williams, C.B. (1957) Insect migration. *Annual Review of Entomology*, **2**, 163–180.
- Wright, D.W. & Ashby, D.G. (1946) Bionomics of the carrot fly (*Psila rosae* F.) I. The infestation and sampling of carrot crops. *Annals of Applied Biology*, **33**, 69–77.
- Wyss, E., Daniel, C. & Specht, N. (2003) Wirkung vertikaler Insektennetze gegen die Möhrenfliege *Psila rosae* im biologischen Möhrenanbau.

7.1 Nützliche Links

Bodenschätzungskarte (1:25000) des LBEG, Bodenschätzung seit 1934

<http://memas01.lbeg.de/lucidamap/index.asp?THEMEGROUP=BODEN>

BfN, Karten, Schutzgebiete und Landschaften in Deutschland

http://www.bfn.de/0503_karten.html

Simulationsmodell für Kleine Kohlfliege, Möhrenfliege und die Zwiebelfliege SWAT

http://www.jki.bund.de/no_cache/de/startseite/institute/pflanzenschutz-gartenbau-und-forst/swat.html

8. Im Projektzeitraum entstandene Veröffentlichungen

Informationsveranstaltungen für Praktiker

F. Herrmann (2008) Möhrenfliegenschäden vermeiden, Jahresversammlung der Erzeugergemeinschaft BioWest e.V., 26.02. 2008, Mönchengladbach, Vortrag.

F. Herrmann, H. Buck, M. Hommes, H. Saucke (2010), Ergebnisse aus dem BÖL-Projekt 06 OE 095, Vermeidung von Möhrenfliegenschäden im Ökolandbau, Fachtag Möhre, 11. Mrz 2010, Kompetenzzentrum Ökolandbau, Visselhövede

Zeitschriften für Praktiker

F. Herrmann & H. Saucke (2010) Vermeidung von Möhrenfliegenschäden mit Fangstreifen, *Versuche im Ökologischen Gemüsebau 2009*. Herausgegeben vom Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen GmbH, 2010.

F. Herrmann & H. Buck (2009) Falle für die Möhrenfliege, *Bioland- Fachzeitschrift für den Organisch-Biologischen Land- und Gartenbau*, 2, S. 18–19.

F. Herrmann & H. Saucke (2009) Vermeidung von Möhrenfliegenschäden mit Fangstreifen, *Versuche im Ökologischen Gemüsebau 2008*. Herausgegeben vom Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen GmbH, 2009.

F. Herrmann & H. Saucke (2008) Vermeidung von Möhrenfliegenschäden auf Praxisbetrieben, *Versuche im Ökologischen Gemüsebau 2007*. Herausgegeben vom Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen GmbH, 2008.

Tagungsbeiträge

F. Herrmann, H. Buck, M. Hommes, H. Saucke (vorr. 2011) Vermeidung und Reduktion von Möhrenfliegenschäden im Ökolandbau, *57. Deutsche Pflanzenschutztagung*, 06.–09. Sept 2010, Berlin, (im Druck).

Herrmann, F., Buck, H., Liebig, N., Hommes, M., Saucke, H. (2009). Vermeidung und Reduktion von Möhrenfliegenschäden im Ökolandbau. *10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*, Zürich, 11.–13. Februar 2009. Band 1, 292–295. Verlag Dr. Köster, Berlin

F. Herrmann, H. Buck, N. Liebig, M. Hommes, H. Saucke (2008) Strategien zur Vermeidung von Möhrenfliegenschäden im Ökolandbau, *56. Deutsche Pflanzenschutztagung*, 22.–25. Sept 2008, Kiel: Mitt. Julius Kühn–Institut, 2008, p. 246.

F. Herrmann, M. Hommes, and H. Saucke (2007) Spatial Analysis of Landuse Structures in Relation to Carrot Fly Damage in Organic Carrots. *IOBC Working Group "Integrated Control in Field Vegetables"*, 23.–28. Sept 2007, Oporto, Portugal, IOBC / WPRS (in press).

9. Kurzfassung

Mit dem Ziel, Möhrenfliegenbefall über eine verbesserte präventive Anbauplanung zu reduzieren, wurden die Anbaukonstellationen von 5 Praxisbetrieben über 3 Jahre hinsichtlich räumlich / zeitlicher Risikofaktoren mit GIS- und der Simulations-Software (SWAT) zur Schädlingsphänologie auf den Befall analysiert.

Bei Möhrenfliegenbefall im Vorjahr war die Entfernung zur Vorjahresfläche der dominierende Risikofaktor. Ähnlich wie bei den ebenfalls im Projekt erprobten Fangstreifen, konzentrierten sich Zuflug und Befall überwiegend auf das nächstgelegene Feld im Umkreis von 10 bis 500m. Dadurch entstanden je nach Anbaukonstellation nutzbare „Nichtbefallslagen“ für entfernter liegende Flächen. Die jeweils empirisch ermittelten kritischen Entfernungen für Schwachbefall variierten von ca. 300m bis mindestens ca. 1000m. Weiterhin provozierte die benachbarte Saat früher und später Sätze erhebliche Fliegenprobleme, da der Risikofaktor „Standzeit Mai bis August“ die volle Entwicklung der 1. Generation und das Übersiedeln der 2. Fliegengenerationen begünstigte. Richteten andererseits Betriebe ihre Vermarktung mehrjährig entweder auf frühe oder späte Möhren aus, traten keine Fliegenprobleme auf, vermutlich da sich die zeitliche Koinzidenz von Möhren auf die 1. oder die 2. Generation beschränkte. Bei den untersuchten Anbaukonstellationen spielte der Faktor Vegetationsstruktur (Hecken-, Wald- und Wohngebietsflächen) eine z.T. signifikante Rolle für Fliegenauftreten und Befall. In multiplen linearen Regressionen mit den Faktoren Vorjahresfläche und Kleingehölze war jedoch keine unterstützende Wirkung der Vegetation auf das Fliegenauftreten der 1. Generation und das Befallsergebnis nachweisbar.

Als Präventionsverbesserung wird empfohlen, Möhrenfliegen über die Flächenwahl räumlich zu konzentrieren und entstehende Nichtbefallslagen zu nutzen, um späte Sätze zu isolieren. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Möhrenanbau zeitlich auf frühe oder späte Möhren zu begrenzen.

Englische Kurzfassung

Prevention of carrot fly damage in organic carrots

In order to analyse infestation risk factors and conclude preventive strategies against carrot fly attack, five organic farms were studied during 2007 and 2009 in Lower Saxony and Hesse, Germany. Combining GIS – & SWAT simulation model software with intensive field surveys,

previous year carrot fields were identified to be the most important risk factor where a local carrot fly population was increased. Dispersal behaviour of the first generation carrot flies proved to be highly adaptive with an increased number of flies and damage in the nearest carrot field, while fields located behind were discriminated. The geographic relationship between fly abundance and distances to previous year fields (MD) indicated dispersal from ~300 m to ~1 km (first generation), if carrot fields were present within ~10 to ~500 m from previous year sites. A spatiotemporal analysis underlined a great influence of the coincidence of pest attack and carrot phenology on attack severity. Carrots that experienced both, 1st generation egg laying and 2nd generation pupal development showed the worst damage. Likewise damage was equally increased in late sown carrots adjacent to early varieties that supported the first generation of flies. Perennial vegetation analysis on a landscape scale proved to significantly enhance fly abundance and larval damage but in a multiple linear regression with previous sites and hedgerows as factors the latter did not significantly facilitate fly abundance in spring or damage prior to harvest. In case of an increased carrot fly abundance it is suggested to manipulate fly dispersal by concentrating flies on one field. It is recommended to place (more vulnerable) late carrots, lifted later than Mid–August, in greater distance and to strictly separate these from early crops, emerged before June. Another option would be to focus cultivation on either early or late carrots.

10. Anhang

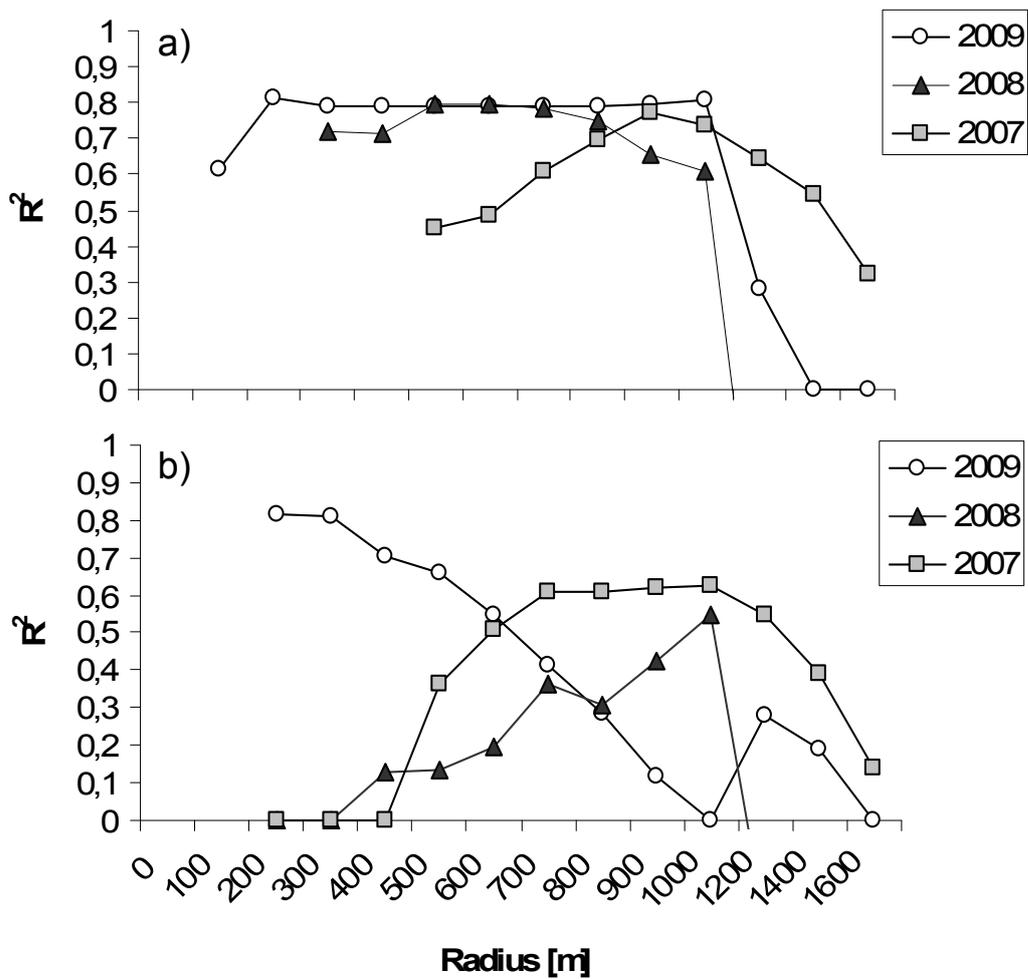


Abbildung X 1: Bestimmtheitsmaße (R^2) linearer Regressionen zwischen a) Fliegenauftreten und b) Befall und der jeweiligen Fläche an vorjährigen Möhrenfeldern (A_{Vj}) innerhalb der Radien (100 - 1600 m) in den Versuchsjahren 2007-09 auf Betrieb A.

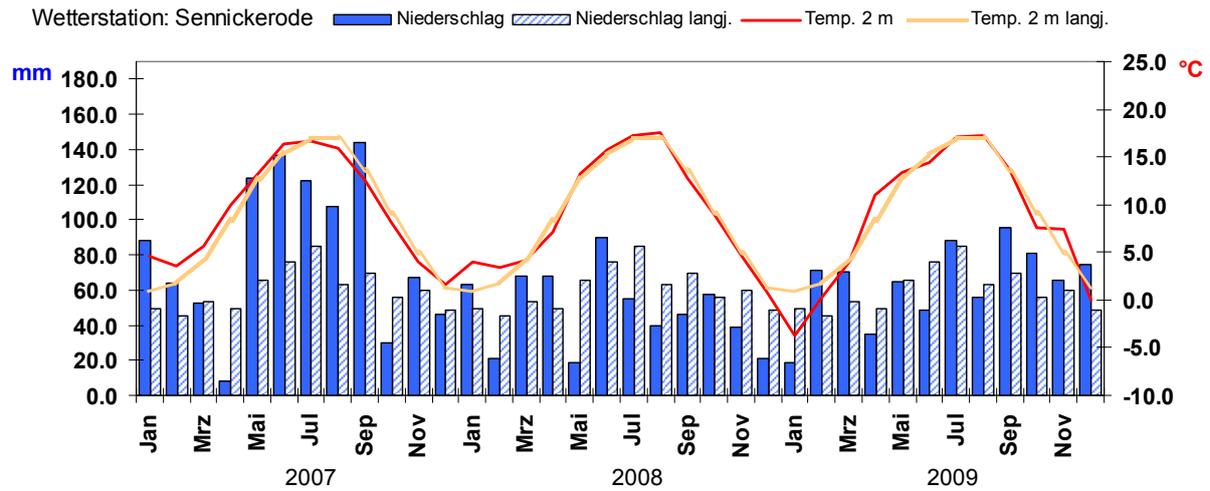


Abbildung X 2: Langjähriges und aktuelles Monatsmittel der Lufttemperatur in 2 m Höhe und des Niederschlages der Wetterstation Sennickerode (LKW).

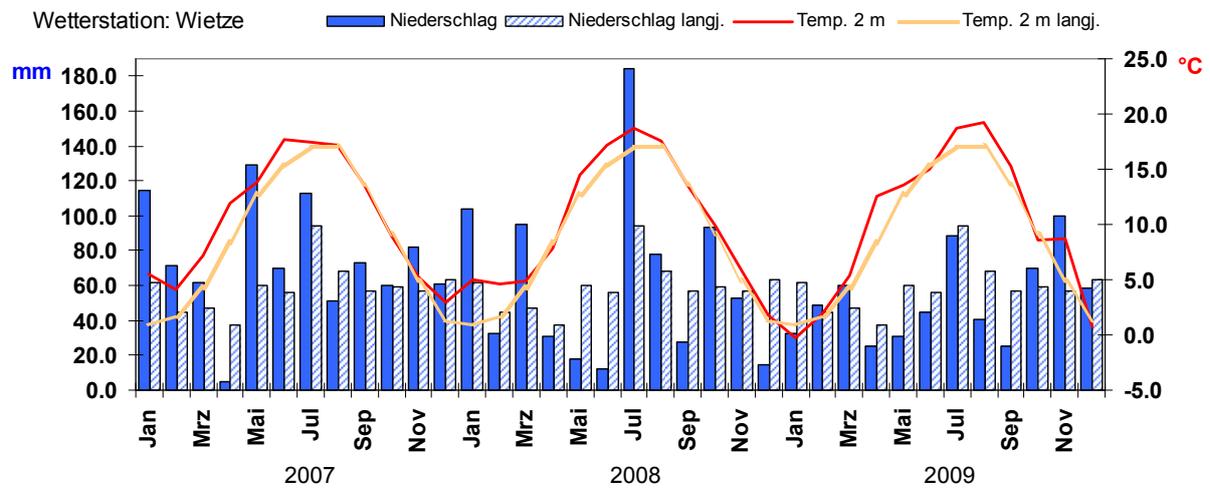


Abbildung X 3: Langjähriges und aktuelles Monatsmittel der Lufttemperatur in 2 m Höhe und des Niederschlages der Wetterstation Wietze (LKW).

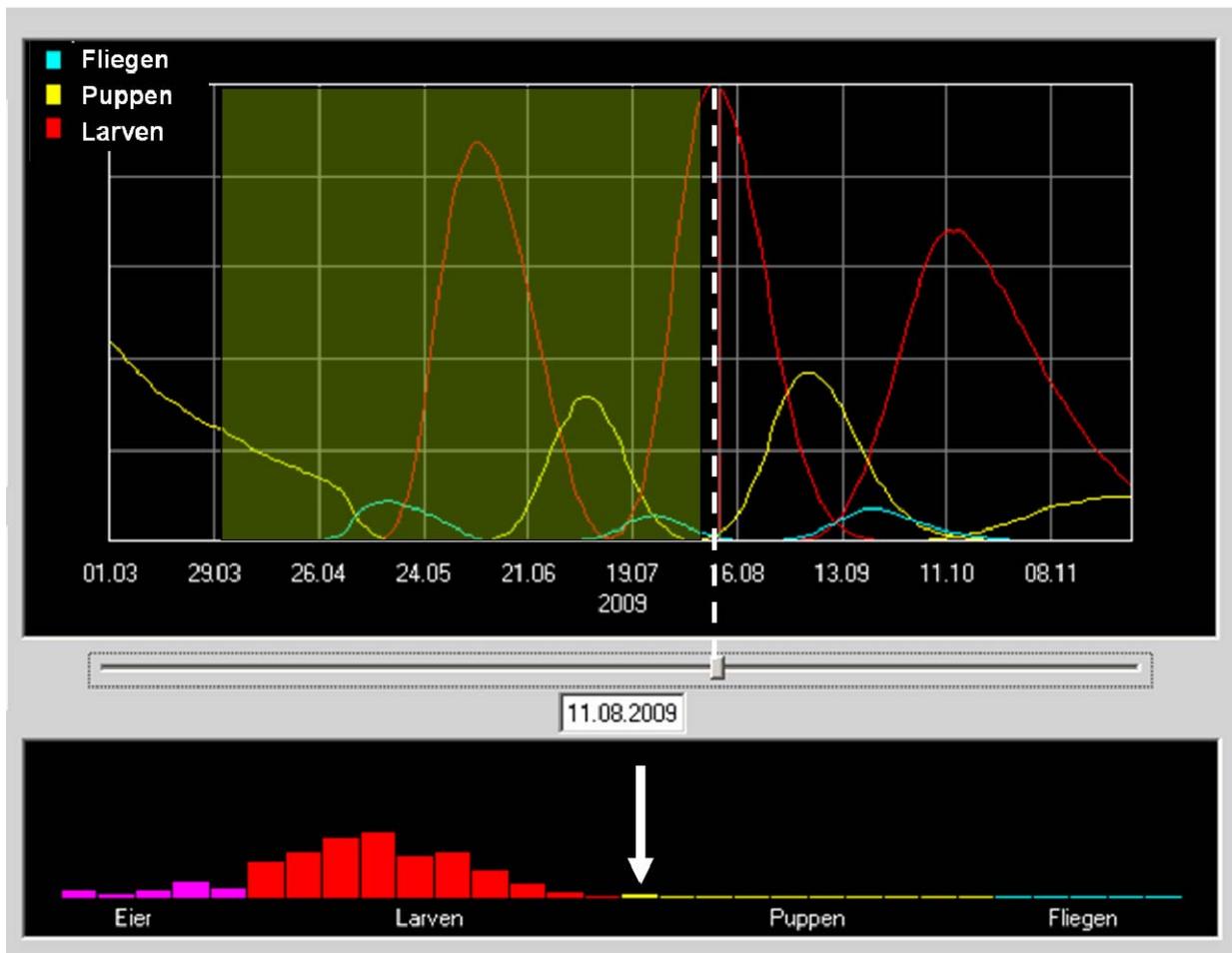


Abbildung X 4: SWAT Simulation auf Betrieb C auf Grundlage langjähriger regionaler Klimadaten im Zeitraum 2000–2009. Relatives Auftreten der Entwicklungsstadien Fliege, Larve, Puppe im Zeitverlauf (oben) zeigen, dass im dokumentierten Zeitraum des Möhrenwachstums (gelber Hintergrund) die Entwicklung der 2. Generation unvollständig bleibt. Unterer Teil: Querschnitt durch die Altersstruktur der Population am 11. August. Jeder Balken repräsentiert einen Altersabschnitt des jeweiligen Entwicklungsstadiums und zeigt seine relative Häufigkeit an. Mit einem Auftreten von Puppen ist erst ab Mitte August zu rechnen (Pfeil unten).

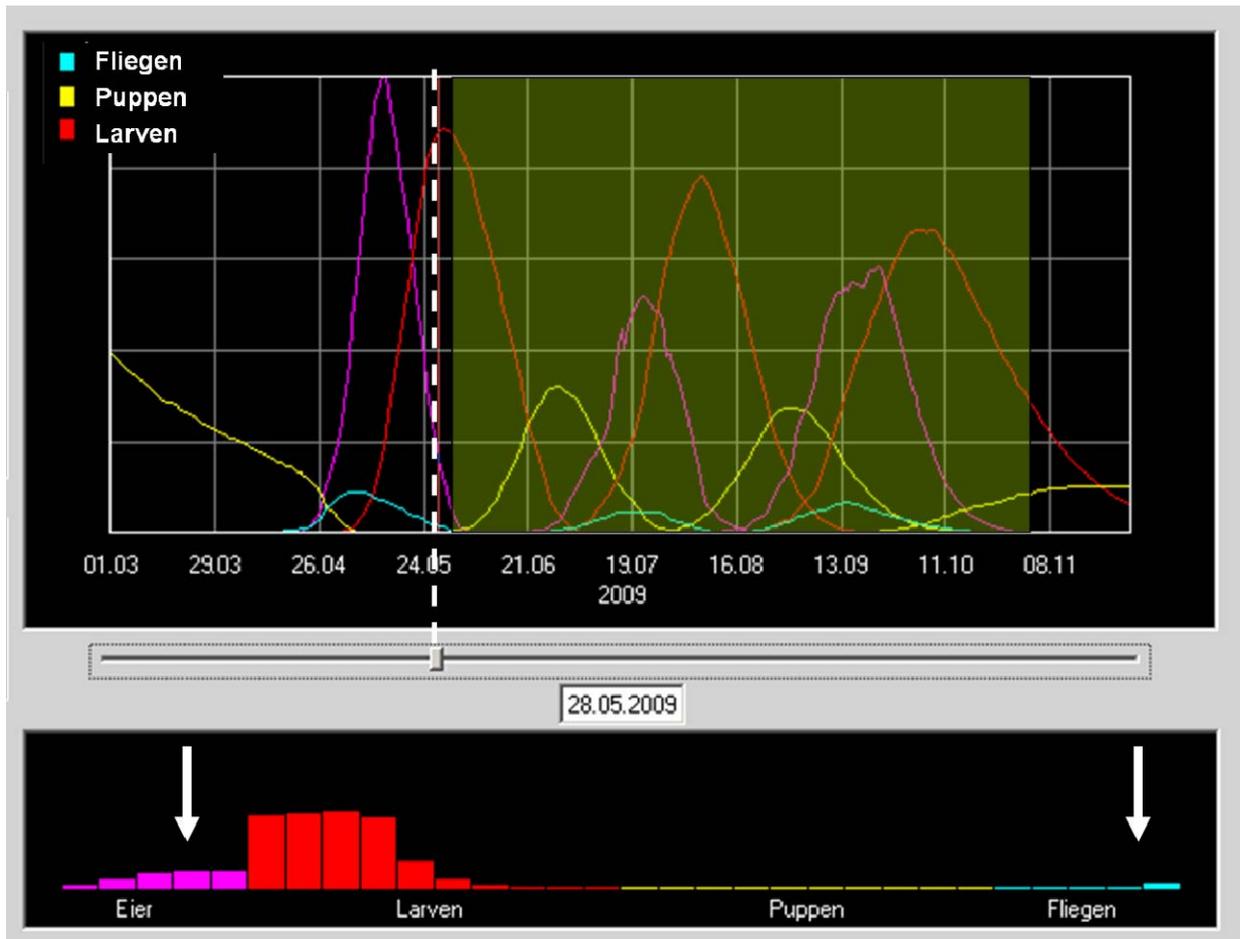


Abbildung X 5: SWAT Simulation auf Betrieb B auf Grundlage langjähriger regionaler Klimadaten im Zeitraum 2000–2009. Relatives Auftreten der Entwicklungsstadien Fliege, Larve, Puppe im Zeitverlauf (oben) zeigen, dass im durchschnittlichen Zeitraum des Möhrenwachstums (gelber Hintergrund) nur die 2. und 3. Generation Möhrenfliege koinzidiert. Unterer Teil: Querschnitt durch die Altersstruktur der Population am 28. Mai. Jeder Balken repräsentiert einen Altersabschnitt des jeweiligen Entwicklungsstadiums und zeigt seine relative Häufigkeit an. Zum Zeitpunkt des Auflaufens der Möhren ist die Eiablage der Fliegen bereits vorbei (Pfeile unten).

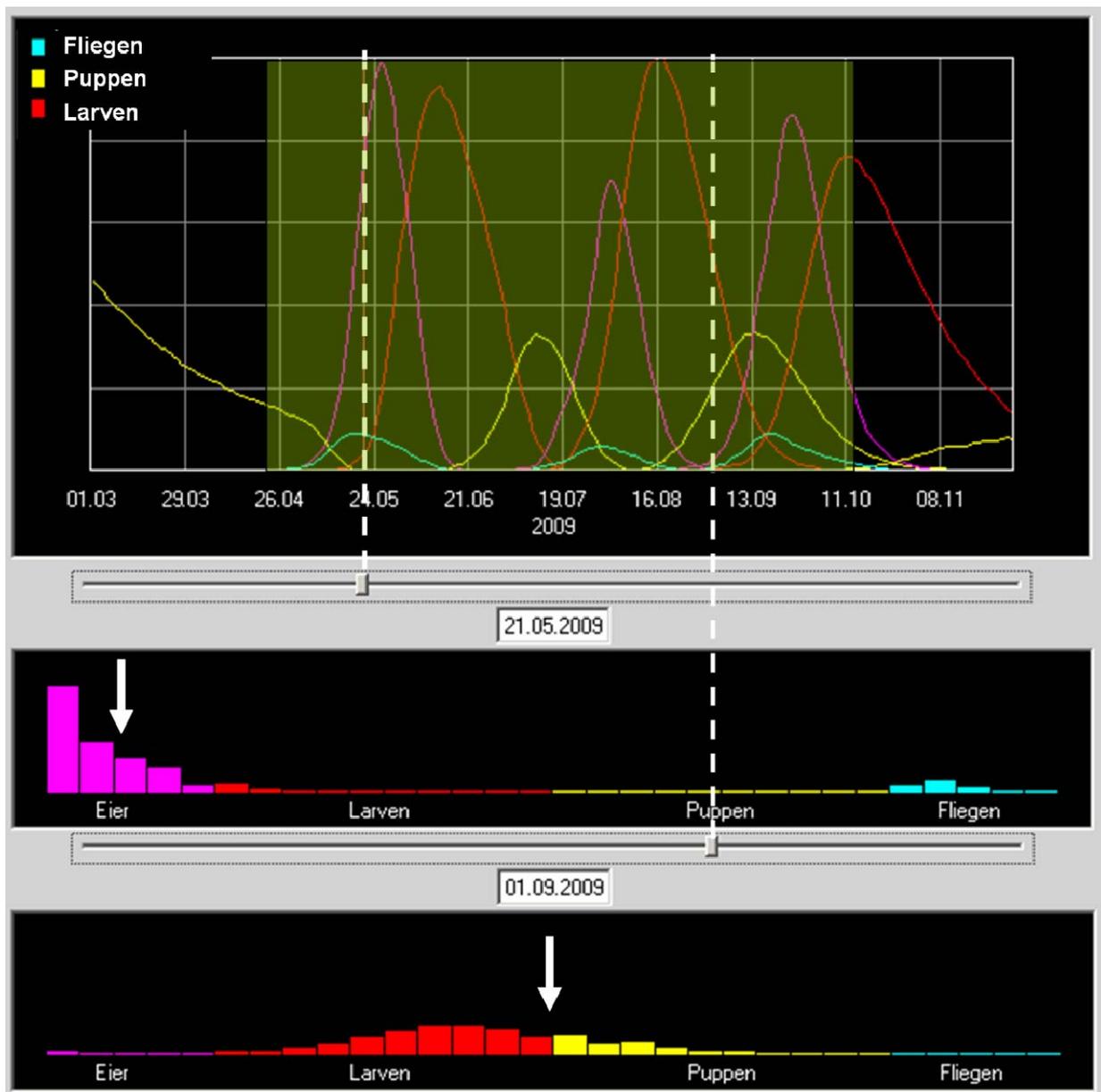


Abbildung X 6: SWAT Simulation auf Betrieb E auf Grundlage langjähriger regionaler Klimadaten im Zeitraum 1980–2009. Relatives Auftreten der Entwicklungsstadien Fliege, Larve, Puppe im Zeitverlauf (oben) zeigen, dass während des durchschnittlichen Möhrenwachstums (gelber Hintergrund) alle drei Generationen Möhrenfliege auftreten. Unterer Teil: Querschnitt durch die Altersstruktur der Population am 21. Mai (Mitte) und am 01. September (Unten). Jeder Balken repräsentiert einen Altersabschnitt des jeweiligen Entwicklungsstadiums und zeigt seine relative Häufigkeit an. Sowohl während der Eiablage der 1. Generation (oberer Pfeil) als auch während der Verpuppung der 2. Generation (Pfeil unten) sind Möhren als Vermehrungsgrundlage präsent.

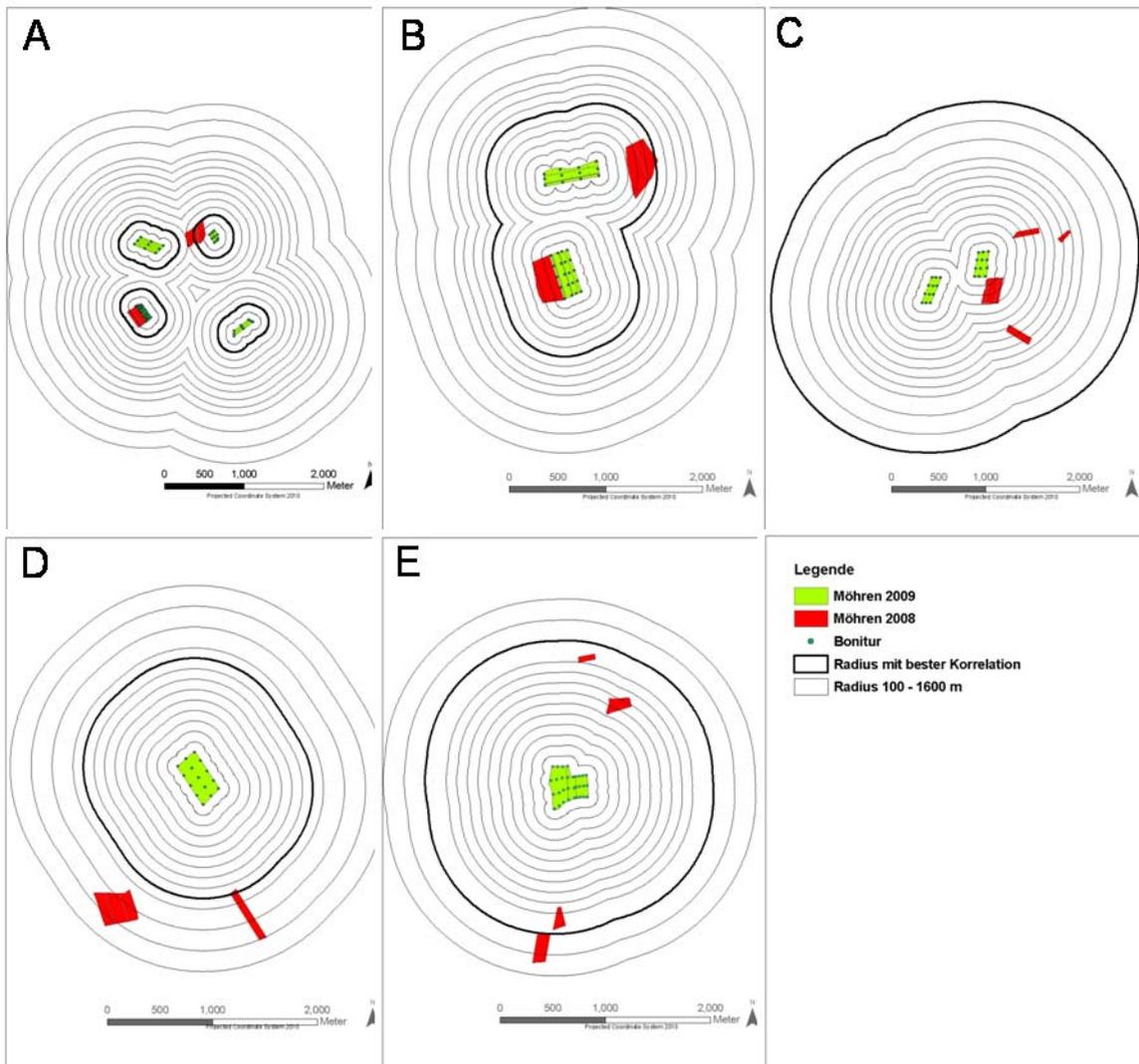


Abbildung X 7: Beispielhaft für das Anbaujahr 2009 ist die Lage der aktuellen und vorjährigen Möhrenfelder auf den Betrieben A-E dargestellt. Die Radien, innerhalb derer die Fläche vorjähriger Felder am besten mit dem Befall 2009 korreliert, sind fett markiert. Für eine vereinfachte Darstellung sind nur die gemeinsamen Außenlinien der Radien der Boniturspunkte abgebildet.

11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Untersuchungsregionen (○), Topographische Karte Deutschlands. Quelle: www.mygeo.info	11
Abbildung 2: a) Positionierte Gelbfalle auf Betrieb A, 13.06. 2007 b) Adulte Möhrenfliege auf Gelbfalle	13
Abbildung 3 a) Möhrenproben von 12 Boniturstellen. Linke Gruppe ungeschädigt, rechte Gruppe mit Schadbild. Betrieb E, 27.06. 2007; b) Möhren der Schadensklasse 2.....	14
Abbildung 4: <i>Screenshot</i> einer SWAT – Simulation. Fliegenauftreten laut Gelbtafelfängen („Feld“) und anhand der kalibrierten Modelldaten („Modell“) auf Betrieb A 2009, Feld 1...	15
Abbildung 5: Parameter zur Baumbeschreibung aus der Waldmesslehre.	18
Abbildung 6: Relative Lage der aktuellen und vorjährigen Möhrenfelder auf Betrieb E 2008 – 2009 sowie exemplarisch für einen Boniturstellen die Radien zwischen 100 und 1600 m, innerhalb derer die Anteile vorjähriger Flächen (A_{Vj}) berechnet wurden sowie der kürzeste Abstand zwischen Boniturstellen und Vorjahresfläche (MD).	20
Abbildung 7: Umliegende Ortschaften, Hecken, Bäume und Wälder wurden innerhalb von 10 Radien (100 – 1000 m) um Fallen und Boniturstellen quantifiziert, und ihr Einfluss auf das lokale Fliegenvorkommen getestet.	20
Abbildung 8: „Möhrenanbauhistorie“. Dargestellt sind Fläche und relative Lage der untersuchten Möhrenfelder auf den Betrieben A – E der Jahre 2006 bis 2009. Mit „k“ gekennzeichnete Flächen sind Möhrenfelder benachbarter konventionell wirtschaftender Betriebe.	22
Abbildung 9: Oben: Fliegensummen (1. und 2. Generation) pro Falle auf aktuellen Möhrenfeldern (2007–2009), Unten: Befall pro Boniturstellen (für 2008, 2009 als Summe der Schadensklassen 1 und 2) in Abhängigkeit des kürzesten Abstandes zur Vorjahresfläche (MD).....	25
Abbildung 10: Das Auftreten der 1.– 2. (3.) Generation Möhrenfliege als Summe pro Falle (obere Reihe) sowie Prozent Befall pro Boniturstellenprobe (unten) in Abhängigkeit der jeweiligen Distanz zwischen Falle bzw. Bonitur und Vorjahresfläche (MD). Dargestellt für die Jahre 2007–2009 auf Betrieb A.	26
Abbildung 11: Holzige Vegetation und Ortschaften im Umkreis von 1 km um die beprobten Möhrenfelder der Betriebe A – E, dargestellt als Mittelwerte pro Betrieb von 2007 – 2009.	30
Abbildung 12: Fangzahlen des Gelbfallenmonitorings. Mittelwerte pro Falle im Zeitverlauf auf den Betrieben A – E der Jahre 2007 – 2009. Zu beachten: Nur innerhalb einer Ebene trägt die y-Achse die gleiche Skala.	33
Abbildung 13: Möhrenfliegenbefall pro Betrieb und Jahr. In 2007 wurde nur der Gesamtbefall erhoben, für 2008 und 2009 sind die jeweiligen Anteile der Schadensklasse 1 und 2 (SKL 1, SKL 2) aufgetragen.....	33
Abbildung 14: Schema der Fangstreifenversuche. Fangstreifen 1 (FS 1) auf bzw. am Vorjahresfeld, Fangstreifen 2 (FS 2) ist der aktuellen Haupterwerbsflächen (HF) vorgelagert	35
Abbildung 15: Ehemaliger Fangstreifen 1 des Betriebes A 2009 mit Schlupfzelten auf den 4 Abschnitten verschiedener Behandlungen: Gegrubbert am 05., 15., 23. Juni bzw. nicht entfernt (Kontrolle).	37

Abbildung X 1: Bestimmtheitsmaße (R^2) linearer Regressionen zwischen a) Fliegenauftreten und b) Befall und der jeweiligen Fläche an vorjährigen Möhrenfeldern (A_{vj}) innerhalb der Radien (100 – 1600 m) in den Versuchsjahren 2007–09 auf Betrieb A.	52
Abbildung X 2: Langjähriges und aktuelles Monatsmittel der Lufttemperatur in 2 m Höhe und des Niederschlages der Wetterstation Sennickerode (LKW).....	53
Abbildung X 3: Langjähriges und aktuelles Monatsmittel der Lufttemperatur in 2 m Höhe und des Niederschlages der Wetterstation Wietze (LKW).	53
Abbildung X 4: SWAT Simulation auf Betrieb C auf Grundlage langjähriger regionaler Klimadaten im Zeitraum 2000–2009. Relatives Auftreten der Entwicklungsstadien Fliege, Larve, Puppe im Zeitverlauf (oben) zeigen, dass im dokumentierten Zeitraum des Möhrenwachstums (gelber Hintergrund) die Entwicklung der 2. Generation unvollständig bleibt. Unterer Teil: Querschnitt durch die Altersstruktur der Population am 11. August. Jeder Balken repräsentiert einen Altersabschnitt des jeweiligen Entwicklungsstadiums und zeigt seine relative Häufigkeit an. Mit einem Auftreten von Puppen ist erst ab Mitte August zu rechnen (Pfeil unten).	54
Abbildung X 5: SWAT Simulation auf Betrieb B auf Grundlage langjähriger regionaler Klimadaten im Zeitraum 2000–2009. Relatives Auftreten der Entwicklungsstadien Fliege, Larve, Puppe im Zeitverlauf (oben) zeigen, dass im durchschnittlichen Zeitraum des Möhrenwachstums (gelber Hintergrund) nur die 2. und 3. Generation Möhrenfliege koinzidiert. Unterer Teil: Querschnitt durch die Altersstruktur der Population am 28. Mai. Jeder Balken repräsentiert einen Altersabschnitt des jeweiligen Entwicklungsstadiums und zeigt seine relative Häufigkeit an. Zum Zeitpunkt des Auflaufens der Möhren ist die Eiablage der Fliegen bereits vorbei (Pfeile unten).....	55
Abbildung X 6: SWAT Simulation auf Betrieb E auf Grundlage langjähriger regionaler Klimadaten im Zeitraum 1980–2009. Relatives Auftreten der Entwicklungsstadien Fliege, Larve, Puppe im Zeitverlauf (oben) zeigen, dass während des durchschnittlichen Möhrenwachstums (gelber Hintergrund) alle drei Generationen Möhrenfliege auftreten. Unterer Teil: Querschnitt durch die Altersstruktur der Population am 21. Mai (Mitte) und am 01. September (Unten). Jeder Balken repräsentiert einen Altersabschnitt des jeweiligen Entwicklungsstadiums und zeigt seine relative Häufigkeit an. Sowohl während der Eiablage der 1. Generation (oberer Pfeil) als auch während der Verpuppung der 2. Generation (Pfeil unten) sind Möhren als Vermehrungsgrundlage präsent.	56
Abbildung X 7: Beispielhaft für das Anbaujahr 2009 ist die Lage der aktuellen und vorjährigen Möhrenfelder auf den Betrieben A–E dargestellt. Die Radien, innerhalb derer die Fläche vorjähriger Felder am besten mit dem Befall 2009 korreliert, sind fett markiert. Für eine vereinfachte Darstellung sind nur die gemeinsamen Außenlinien der Radien der Boniturpunkte abgebildet.....	57

12. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Parameter zum Standort und Möhrenanbau der fünf Versuchsbetriebe. Angabe der Klimastationen, deren Wetterdaten für SWAT Simulationen genutzt wurden. Quelle: Betriebe, Niedersächsisches Landesamt f. Bergbau, Energie und Geologie www.lbeg.de , Bodenschätzungskarte.....	12
Tabelle 2: Auf Grundlage von Orthophotos und Feldblöcken (LGN Niedersachsen) wurden Risikofaktoren im Umkreis von 1 km um aktuelle Möhrenfelder kartiert und anschließend mit ArcGIS 9.1 digitalisiert und quantifiziert.....	17
Tabelle 3: Grün markierter Zeitraum der Möhrenentwicklung aller Sätze von Auflauf bis Bonitur 2007 –2009. Anzahl Tage [d], in denen sich Puppen 2. Generation (Gen.) bzw. 2.+3. Gen. (Betrieb B) entwickeln konnten, auf Basis der regionalen SWAT Simulation. Pinke Schraffur zeigt den Zeitraum des Fliegenflugs, Gelbe den ungefähren Zeitraum der Verpuppung. .	22
Tabelle 4: Radien pro Betrieb und Jahr, innerhalb derer das Fliegenauftreten und der Befall am besten mit der Fläche vorjähriger Möhrenfelder korrelierten und wie sie in die multiplen linearen Regressionsmodelle (MR1, MR2, MR 3) einfließen.	27
Tabelle 5: Ergebnisse der multiplen linearen Regression zur Erklärung des Fliegenvorkommens in 1. Generation und des Larvenbefalls in Möhrenproben zum Erntezeitpunkt auf Betrieb A in 2007, in Abhängigkeit des jeweils kürzesten Abstandes zur Vorjahresfläche (MD) und der Fläche vorjähriger Möhrenfelder (A_{vj}) im Umkreis.....	28
Tabelle 6: Übersicht der Signifikanzen der 1. multiplen linearen Regression. Die Faktoren 1) kürzester Abstand zur Vorjahresfläche (MD) und 2) Fläche vorjähriger Möhrenfelder (A_{vj}) wurden im Rückwärts- Verfahren auf ihren Einfluss auf das lokale Fliegenauftreten (Fliegen Gen 1) und Schäden am Erntegut (Befall) getestet. B entspricht der Steigung des Modells. Befallsprozente waren Arcsin-wurzel transformiert, Fliegenzahlen Wurzel transformiert.	29
Tabelle 7: Übersicht der Signifikanzen der 2. multiplen linearen Regression. Die Faktoren 1) Kleingehölze 2) Wald x PAR (Wald) und 3) Ortschaften (Ort) wurden im Rückwärts- Verfahren auf ihren Einfluss auf das lokale Fliegenauftreten (Fliegen (1. Gen) und Schäden am Erntegut (Befall) getestet. B entspricht der Steigung des Modells.	31
Tabelle 8: Übersicht der Signifikanzen der 3. multiplen linearen Regression MR 3. Die Faktoren 1) Fläche vorjähriger Möhrenfelder im Umkreis und 2) Kleingehölze wurden im hierarchischen Verfahren auf ihren Einfluss auf das lokale Fliegenauftreten (Fliegen (1. Gen) und Schäden am Erntegut (Befall) getestet. B entspricht der Steigung des Modells..	32
Tabelle 9: Versuchsplan und Ergebnisse der Fangstreifen Versuche 2007–09 im Überblick ...	36