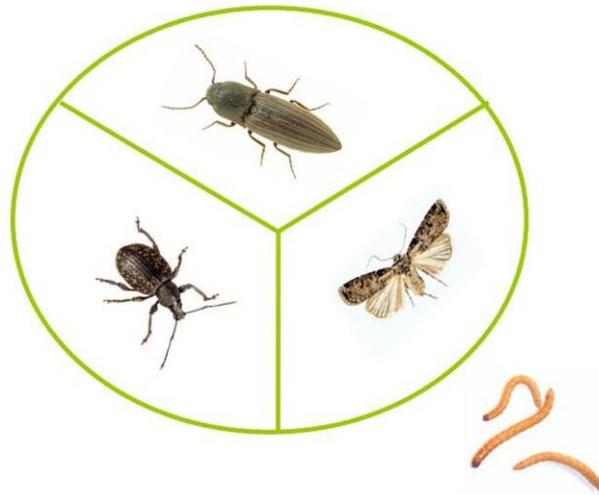


## Verbundabschlussbericht

# Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen Bodenschädlinge



Projektlaufzeit: Feb. 2008 – April 2012  
Berichtszeitraum: Feb. 2008 – Feb. 2012

Das Verbundvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) gefördert.- Förderkennzeichen: 06HS018

### In Zusammenarbeit mit folgenden Stellen:

Koordination: Julius-Kühn-Institut Braunschweig, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst; Herr Dr. M. Hommes, Frau R. Schaarschmidt

Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (IPZ), Hopfenforschungszentrum (IPZ5b) in Hüll; Herr Dr. Weihrauch, Herr J. Schwarz

CURCULIO-Institut e. V. (CURCI) in Hannover; Herr Dr. P. Sprick

Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück (DLR-RNH) in Bad Kreuznach; Herr Dr. F. Burghause, Frau M. Schmitt, Frau J. Schmitt

Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Phytomedizin; Frau Prof. A. Reineke, Frau J. Hirsch

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gemüsebaukompetenzzentrum (GKZ) in Gülzow; Frau Dr. E. Richter, Herr Dr. K.-U. Katroschan, Frau C. Ritter

Landwirtschaftskammer Schleswig Holstein, Gartenbauzentrum in Ellerhoop, Fachbereich Versuchswesen; Herr Dr. A. Wrede, Herr T. Ufer

Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP) in Bad Kreuznach; Herr Dr. B. Kleinhenz, Frau J. Jung

# Inhaltsverzeichnis

Verbundabschlussbericht.....	1
Inhaltsverzeichnis .....	2
Gesamtzusammenfassung – Nutzen und Anwendbarkeit der Ergebnisse des Verbundvorhabens .....	4
Abschlussberichte der Teilvorhaben .....	7
1. Bodenrüssler als Schädlinge im Garten- und Hopfenbau – Erfassung des Artenspektrums und Untersuchungen zu Bekämpfungsmöglichkeiten als Grundlage zur Entwicklung gezielter Bekämpfungsstrategien.....	7
1.1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens.....	7
1.1.1. Planung und Ablauf des Vorhabens .....	8
1.1.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde .....	11
1.2. Material und Methoden .....	12
1.3. Ergebnisse .....	13
1.3.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse .....	13
1.3.2. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	64
1.4. Zusammenfassung.....	64
1.5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen .....	66
1.6. Literaturverzeichnis .....	69
1.7. Publikation der Ergebnisse.....	72
2. Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen Luzernerüssler im Hopfenbau.....	73
2.1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens.....	73
2.1.1. Planung und Ablauf des Vorhabens .....	74
2.1.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde .....	76
2.2. Material und Methoden .....	77
2.3. Ergebnisse .....	87
2.3.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse .....	87
2.3.2. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	94
2.4. Zusammenfassung.....	95
2.5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen .....	96
2.6. Literaturverzeichnis .....	97
2.7. Bisherige Publikation der Ergebnisse .....	97
3. Optimierung und Erweiterung des Nematodeneinsatzes gegen Dickmaulrüssler (Otiiorhynchinae) und andere Bodenschädlinge .....	99
3.1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens.....	99
3.1.1. Planung und Ablauf des Vorhabens .....	99
3.1.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde .....	100
3.2. Material und Methoden .....	102
3.3. Ergebnisse .....	119
3.3.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse .....	119
3.3.2. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	138
3.4. Zusammenfassung.....	145
3.5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen .....	147
3.6. Literaturverzeichnis .....	148
3.7. Bisherige Publikation der Ergebnisse .....	149

<b>4.</b>	<b>Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (<i>Otiorhynchus sulcatus</i>) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand .....</b>	<b>150</b>
4.1.	<b>Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens.....</b>	<b>150</b>
4.1.1.	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	150
4.1.2.	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde .....	151
4.2.	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>153</b>
4.3.	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>163</b>
4.3.1.	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse .....	163
4.3.2.	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	177
4.4.	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>178</b>
4.5.	<b>Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen .....</b>	<b>179</b>
4.6.	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>181</b>
4.7.	<b>Bisherige Publikation der Ergebnisse .....</b>	<b>183</b>
<b>5.</b>	<b>Erarbeitung von Basisdaten zur Drahtwurmprognose.....</b>	<b>186</b>
5.1.	<b>Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens.....</b>	<b>186</b>
5.1.1.	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	187
5.1.2.	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde .....	188
5.2.	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>190</b>
5.3.	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>197</b>
5.3.1.	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse .....	197
5.3.2.	Voraussichtlicher Nutzen und Verwendbarkeit der Ergebnisse .....	212
5.4.	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>213</b>
5.5.	<b>Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen .....</b>	<b>213</b>
5.6.	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>214</b>
5.7.	<b>Bisherige Publikation der Ergebnisse .....</b>	<b>216</b>
<b>6.</b>	<b>Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren zur Bekämpfung von Drahtwürmern und Erdräupen im Gemüsebau .....</b>	<b>219</b>
6.1.	<b>Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens.....</b>	<b>219</b>
6.1.1.	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	219
6.1.2.	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde .....	221
6.2.	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>222</b>
6.2.1.	Drahtwürmer ( <i>Agriotes</i> spp.) .....	222
6.2.2.	Erdräupen ( <i>Agrotis segetum</i> ) .....	234
6.3.	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>238</b>
6.3.1.	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse .....	238
6.3.2.	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	273
6.4.	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>275</b>
6.4.1.	Drahtwürmer ( <i>Agriotes</i> spp.) .....	275
6.4.2.	Erdräupen ( <i>Agrotis segetum</i> ) .....	275
6.5.	<b>Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen .....</b>	<b>276</b>
6.6.	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>277</b>
6.7.	<b>Bisherige Publikation der Ergebnisse .....</b>	<b>280</b>

## Gesamtzusammenfassung – Nutzen und Anwendbarkeit der Ergebnisse des Verbundvorhabens

Während des vierjährigen Verbundvorhabens wurden integrierte Pflanzenschutzverfahren gegen Rüsselkäfer, Drahtwürmer und Erdräupen erarbeitet.

**Rüsselkäfer** verursachen massive Schäden in Baumschulkulturen und in Hopfengärten. Neben dem bekannten Dickmaulrüssler *Otiorhynchus sulcatus*, etablieren sich zunehmend weitere Arten in Deutschland (Kapitel 1, nachfolgend K1 genannt). Das **Artenspektrum**, die Entwicklungszyklen, sowie die Ausbreitung und die bevorzugten Nahrungsquellen der einzelnen Arten konnten im Rahmen des Vorhabens zu einem großen Teil erfasst werden. Die Daten lassen darauf schließen, dass neben *O. sulcatus* auch die eingeschleppten Arten *O. amardillo*, *O. salicicola*, und *O. ligustici* ein hohes **Schadpotential** haben. Weitere Versuche zur Lebensweise zeigten, dass die untersuchten Rüsselkäferarten eher ortsfest sind und einen kleinen Aktionsradius haben (K4). Ein befallener Bestand muss daher nicht zwingend flächendeckend behandelt werden, sondern es kann ausreichend sein, gezielt die Befallsherde und die angrenzenden Gebiete zu behandeln. Es wurde ein umfangreicher digitaler Bildbestimmungsschlüssel erstellt, der eine relativ schnelle und einfache **Bestimmung** der adulten Käfer ermöglicht und den beratenden Pflanzenschutzstellen und Instituten zur Verfügung gestellt wird (K1). Da die Larven nur sehr schwierig oder gar nicht morphologisch unterscheidbar sind, wurde eine molekulare Bestimmungsmethode (RFLP-PCR-Technik) entwickelt (K4). Durch die Kenntnis der einzelnen Arten und ihrer Lebensweisen, konnte der jeweils optimale **Bekämpfungszeitpunkt** für die Arten benannt werden (K1). Es wurde untersucht mit welchen kommerziell erhältlichen **entomopathogenen Nematoden** die Rüsselkäferlarven der Arten mit höherem Schadpotential gut bekämpfbar sind (K3). Vor allem Nematoden der Gattung *Heterorhabditis* spp. zeigten sich als wirkungsvoll. Die im Klimaschrank durchgeführten Versuche sollten durch weitere Freilandversuche abgesichert werden. Der Freilandversuch gegen den Luzernerüssler weist darauf hin, dass die Erfolgskontrolle im Freiland problematisch ist und beim Versuchsdesign besonders zu beachten ist (K2). In einem weiteren Ansatz wurde die Wirkung von verschiedenen Nematodenarten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler bei einem simulierten milden **Wintertemperaturverlauf**, wie er beispielsweise bei einer Überwinterung der Pflanzen in Folientunnel zu beobachten ist, untersucht, und es zeigte sich, dass die Angaben der Hersteller zu den Minimaltemperaturen, bei denen die Nematoden einsetzbar sind, genauer überprüft werden sollten (K3). Da vermehrt Schäden in den Winterquartieren zu beobachten sind, wäre es von Nutzen die Minimaltemperaturen bzw. Temperaturprofile benennen zu können. Weiterhin ist ein Bekämpfungsverfahren mit Nematoden gegen die adulten Käfer entwickelt worden. Diese Methode könnte für den Haus- und Kleingartenbereich von Interesse sein. Um dieses Verfahren auch im professionellen Gartenbau anwenden zu können, müsste eine effizientere Infektionsfalle entwickelt werden. Eine gleichmäßige **Ausbringung der Nematoden** über Gießwagen oder Tropfschläuche ist möglich, wenn ein Proportionaldosierer verwendet wird. Die Sedimentation der Nematoden im Gießwasser kann durch ein Rührwerk oder einen Zusatz von Carboxymethylcellulose (Kleister) ausreichend verzögert werden, so dass eine gleichmäßige Ausbringung im Pflanzenbestand bei den getesteten Fließstrecken (Schlauchlänge, Ausleger etc.) sichergestellt ist. Da die Carboxymethylcellulose sich nicht an den Geräten absetzt und auf Dauer zu Störungen führt, ist sicherheitshalber noch zu prüfen. Interessant wäre auch eine Testung des Systems bei sehr langen Fließstrecken, wie sie beispielsweise im Erdbeeranbau notwendig sind. Als eine weitere Möglichkeit der biologischen Bekämpfung wurden drei verschiedene **entomopathogene Pilzarten** gegen Eier, Larven (Laborversuche) und Adulte (Labor- und Freilandversuche) Rüsselkäfer getestet (K4). Es zeigten sich Unterschiede in der Empfindlichkeit der Rüsselkäferarten und auch in den Entwicklungsstadien. Die Anwendung des kommerziell erhältlichen Pilzpräparates Naturalis (*Beauveria bassiana*) erscheint als eine denkbare Bekämpfungsstrategie zur Kontrolle von

*Otiorynchus*-Arten im Freiland. Bei Topfkulturen könnte es eine Möglichkeit sein, diesen Pilzstamm in das Substrat mit einzumischen. Im Versuch war der Pilz über mehrere Wochen im Substrat gegen *Galleria*-Larven infektiös. Durch die entwickelte molekularbiologische Methode zum **stammspezifischen Nachweis** von *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 (Naturalis) in verschiedenen Kultursubstraten könnten zukünftig Versuche zur Persistenz und Ausbreitung sowie zum Einfluss einer Applikation eines entomopathogenen Pilzes auf die Bodenmikroflora durchgeführt werden. Eine **Kombination** von entomopathogenen Pilzen und Nematoden könnte sinnvoll sein wie Tastversuche in einer Topfkultur (Semifreiland) zeigten (K2). **NeemAzal T/S** (Azadirachtin) scheint gegen *O. sulcatus*-Larven zu wirken und die Fekundität der Adulten zu vermindern (K2). Ein neuer Ansatz zur Bekämpfung könnten **endosymbiontische Bakterien** sein, die bei *Otiorynchus* spp. nachgewiesen wurden (K4). Die Ergebnisse bekräftigen insgesamt die Empfehlung erst ein Monitoring im Pflanzenbestand durchzuführen und die vorliegenden Arten zu bestimmen, um dann eine geeignete Bekämpfungsstrategie und den optimalen Zeitraum der Bekämpfung wählen zu können.

Die **Drahtwürmer**, Larven der Schnellkäfer, verursachen besonders im Mais- und Kartoffelanbau große Verluste. Gemüsekulturen wie Möhren und Salat sind ebenfalls stark betroffen. Der bodenlebende Drahtwurm ist für eine Bekämpfung schwer zugänglich und es gibt zurzeit keine zugelassenen chemischen Mittel oder erfolgreiche Bekämpfungsstrategien, so dass Landwirte große Ausfälle in ihren Kulturen verzeichnen. Während der gesamten Laufzeit des Verbundvorhabens wurde ein umfangreiches **Monitoring** durchgeführt, so dass die in Deutschland ökonomisch wichtigen Drahtwurmart, ihr Vorkommen und die geographische Verteilung in Rheinland-Pfalz, sowie wichtige Parameter bezüglich ihrer Lebensweise und Biologie dargestellt werden konnten (K 5). Zu den fünf wichtigsten **Arten** zählen *Agriotes lineatus*, *A. sputator*, *A. sordidus*, *A. ustulatus* und *A. obscurus*. Die Entwicklung der Arten verläuft in sehr unterschiedlichen Zeiträumen von zwei bis zu fünf Jahren. Die Artbestimmung kann daher von großer Bedeutung für die Bekämpfung sein. Nach Fängen mit artspezifischen Pheromonfallen wurde für einige Arten ein hohes Maß an Fehlfängen festgestellt, so dass nachbestimmt werden musste. Die Käferfänge geben außerdem keinen Aufschluss auf die Artzusammensetzung und die Häufigkeit des Auftretens der Larven im Boden. Daher sind Bodenfallen oder Handgrabungen unverzichtbar. Im Gegensatz zu den adulten Schnellkäfern, lassen sich die Drahtwürmer morphologisch nur schwierig unterscheiden. Es konnte im Verbundvorhaben eine „Feldmethode“ zur **Artbestimmung** entwickelt werden, die auf dem unterschiedlichen Verhalten der Drahtwurmart beim Eingraben basiert (K6). Die Methode ermöglicht eine schnelle erste Einschätzung der Artenzusammensetzung im Feld. Es kann eine genaue Bestimmung anhand von morphologischen Merkmalen durch geübte Experten oder eine Genanalyse (Fingerprint) erfolgen. Die beobachtete Zusammensetzung der Arten auf einem Schlag schwankt von Jahr zu Jahr stark. Das Auftreten der Drahtwürmer und das Schadrisiko sind für den Landwirt schwierig vorhersehbar, daher wurden anhand der zuvor erhobenen Basisdaten zum Vorkommen der Arten, zum Käferflug und zur Migration im Boden Modelle zur **Prognose** entwickelt (K5). Der auf Wetterdaten basierende Modellansatz SIMAGRIO-B prognostiziert das Erstauftreten der Schnellkäfer. In einem zweiten Modell, SIMAGRIO-W wird zunächst das Risiko der Aktivität der Drahtwürmer in der Bewurzelungszone ausgegeben und dann gegebenenfalls die Stärke des Auftretens simuliert (SIMAGRIO-W). Um das Modell ausbauen zu können, sind weitere Beobachtungen notwendig, die in weiteren Projekten bearbeitet werden sollen. Die Terminierung von Pflanzenschutzmaßnahmen, der Bodenbearbeitung oder des Erntezeitpunktes von Kartoffeln soll zukünftig durch das Modell unterstützt und erleichtert werden. Für den Gemüsebau wurde die **Fraßanfälligkeit** verschiedener Kulturen untersucht (K6). Auf gefährdeten Flächen sollte besser gepflanzt statt gesät werden, da junge Pflanzen eher Schaden nehmen als ältere Stadien. Möglicherweise bevorzugen die unterschiedlichen Drahtwurmart verschiedene Wirtspflanzen. In den Versuchen wurden verschiedene Methoden zur Bekämpfung der Drahtwürmer herangezogen. Bei einer Behandlung mit **Kalkstickstoff** zeigte sich keine direkte, aber eine repellente Wirkung. Der **insektenpathogene Pilz** *Metarhizium anisopliae*

hatte in Labor- und Freilandversuchen eine abtötende Wirkung. Zukünftig sollten Produktkombinationen getestet werden. Die derzeitigen Möglichkeiten zur Eindämmung des Drahtwurmbefalls beschränken sich in erster Linie auf eine sinnvolle Fruchtfolge und einem Verzicht des Anbaus von anfälligen Kulturpflanzen nach einem Grünlandumbruch oder an direkt angrenzenden Flächen.

**Erdräupen** können in einzelnen Jahren zu großen Schäden führen. Problematisch ist das unregelmäßig massenhafte Auftreten. Bei ungünstigen Witterungsbedingungen vermehren sich die Erdräupen zu stark schädigenden Populationsgrößen. Diese starken Schwankungen erfordern eine zuverlässige **Prognose** (K6). Dadurch könnten Bekämpfungsmaßnahmen gezielt und rechtzeitig eingesetzt werden. Nur frühe Stadien sind gut bekämpfbar. Das im Vorhaben getestete dänische Prognosemodell nach Esbjerg erwies sich als ungeeignet. Es konnte eine starke Reduzierung der Erdräupen mit entomopathogenen **Nematoden** erreicht werden. Die Behandlung ist allerdings sehr kostenintensiv. Im Kontaktversuch im Labor konnten Erdräupen mit einem Stamm von *Metarhizium anisopliae* abgetötet werden. Die Erdräupen werden derzeit im konventionellen Anbau mit synthetischen Pyrethroiden bekämpft. Während des Vorhabens wurden **Insektizide** mit guter selektiver Wirkung getestet.

## Abschlussberichte der Teilvorhaben

### 1. Bodenrüssler als Schädlinge im Garten- und Hopfenbau – Erfassung des Artenspektrums und Untersuchungen zu Bekämpfungsmöglichkeiten als Grundlage zur Entwicklung gezielter Bekämpfungsstrategien

Förderkennzeichen: 2808HS003  
Institut: Curculio-Institut e.V. (CURCI)  
Projektleitung: Herr Dr. Peter Sprick

#### 1.1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

Verschiedene Rüsselkäferarten, wie z.B. der Gefurchte Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*), besiedeln eine Vielzahl von unterschiedlichen Kulturen und verursachen dort regelmäßig erhebliche wirtschaftliche Schäden. Ihre chemische Bekämpfung ist durch ihre überwiegend versteckte Lebensweise (Nachtaktivität der Käfer sowie Entwicklung der Larven in oder an den Wurzeln ihrer Wirtspflanzen im Boden) oft schwierig. Die Anzahl der zur Bekämpfung ausgewiesenen Mittel hat in den letzten Jahren zudem stark abgenommen. Darüber hinaus ist es bei einer stärkeren Gewichtung des Integrierten Pflanzenschutzes erforderlich, die Grundlagen dafür zu schaffen oder zu verbessern, um möglichst selektive biologische Verfahren verstärkt in der Praxis etablieren zu können.

Da die Kenntnis über die aktuelle Situation der Bodenrüsslerarten in Deutschland aufgrund der erheblichen Artenvielfalt, der Zunahme des internationalen Warenverkehrs - insbesondere bei Containerpflanzen - und ihrer versteckten Lebensweise nicht mehr auf dem neuesten Stand war und inzwischen immer wieder Meldungen über das Auftreten neuer Arten bekannt wurden, sollte ein breit angelegtes Monitoring durchgeführt werden, in dessen Folge auch eine Erarbeitung biologisch begründeter Bekämpfungsstrategien, die bisher nur für wenige Arten ausgearbeitet sind (z.B. *Otiorhynchus sulcatus*), vorgenommen werden. Da die einzelnen Arten eine sehr unterschiedliche Anfälligkeit gegenüber biologischen Bekämpfungsmaßnahmen, wie z. B. dem Einsatz von entomopathogenen Nematoden, zeigen, sind das richtige Erkennen, das Wissen um das vorhandene Artenspektrum und die Kenntnis der von den Arten befallenen Wirtspflanzen bzw. ihrer Nahrungspräferenzen wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche integrierte Bekämpfung.

Zu den Zielen des Projektes gehörte die Gewinnung eines Überblicks über das Artenspektrum der schädlichen Bodenrüssler in Deutschland und die Ermittlung derjenigen Arten, die insbesondere im Garten- und Hopfenbau in den verschiedenen Regionen Deutschlands größere wirtschaftliche Schäden verursachen. Fraßpräferenzen in den Anlagen sollten ermittelt und Fraßintensitäten bonitiert werden, und in Anlagen mit höherem Befall sollte gezielt nach Larven gesucht werden, um im Labor Untersuchungen zu geeigneten Bekämpfungsmöglichkeiten durchführen zu können. Dabei sollten insbesondere die verfügbaren entomopathogenen Nematodenarten auf ihre Wirksamkeit getestet werden.

Zur sicheren Artbestimmung sollte ein Teil der Larven gezüchtet werden. Ergänzend sollten Daten zur Lebensweise der Arten, wie Habitatbindung, Entwicklungszyklus, Wirtspflanzenspektrum, Gegenspieler, Bedeutung von Klimafaktoren gewonnen und aus der Literatur zusammengestellt werden, um anschließend eine Grundlage für die Ausarbeitung spezifischer Bekämpfungsstrategien bzw. -empfehlungen bilden zu können. Des Weiteren

war vorgesehen, einen digitalen Bildbestimmungsschlüssel für die phytopathologisch relevanten Arten in Zusammenarbeit mit Kollegen des Curculio-Instituts zu erarbeiten, um die Arten auch ohne eingehendere Kenntnis der Gruppe zuverlässig identifizieren zu können (siehe CURCULIO TEAM 2006).

### Definition Bodenrüssler

Als Bodenrüssler angesehen werden hier flugunfähige, oft parthenogenetische Arten, deren Larven sich im Boden an den Wurzeln ihrer Wirtspflanzen entwickeln. Zu diesen gehören vor allem Vertreter der Gattung *Otiorhynchus*, aber auch einiger weiterer Gattungen, wie *Barynotus*, *Barypeithes*, *Liophloeus*, *Peritelus*, *Sciaphilus* oder *Strophosoma*. Von den zahlreichen flugfähigen Kurzrüssler-Arten mit endogäischen Larven (vor allem *Phyllobius*, *Polydrusus* oder *Pachyrhinus* spp.) wurden die beiden neu eingeschleppten Arten von Zypressengewächsen, *Pachyrhinus lethierryi* und *Parascythopus exsulans*, zusätzlich in das Monitoring einbezogen.

### **1.1.1. Planung und Ablauf des Vorhabens**

Basis des Vorhabens war zunächst ein räumlich und methodisch breit angelegtes Monitoring (2008-2010; mit Ergänzungen 2011), in dem folgenden Aufgabenstellungen nachgegangen wurde:

- Erfassung des Artenspektrums schädlicher Bodenrüssler in Baumschulen, Staudengärtnereien, Garten- und Parkanlagen und Hopfengärten in den verschiedenen Klima- und Bodenregionen Deutschlands
- Dokumentation der Neueinschleppung und Ausbreitung von Arten und Ermittlung ihrer Herkunft
- Einschätzung der Schädlichkeit im Garten- und Hopfenbau und Ermittlung einer Rangfolge für die Testung hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber entomopathogenen Nematoden (EPN)
- Ermittlung individuenreicher Bodenrüssler-Populationen zur Gewinnung ausreichender Mengen an Imagines bzw. Eiern oder Larven für die geplante Durchführung von EPN-Versuchen durch die LK Schleswig-Holstein (T. Ufer / Dr. A. Wrede)
- Ermittlung individuenreicher Bodenrüssler-Populationen zur Klärung ihrer Entwicklungszyklen einschließlich einer Larvensuche mit dem Ziel, den Einsatz von EPN zeitlich zu optimieren
- Erfassung und Zuordnung von Fraßspuren zu bestimmten Bodenrüssler-Arten; direkte Beobachtung durch Nachtfänge; Überprüfung der Zuordnung von Fraßspuren durch Fraßstudien im Labor; fotografische Dokumentation der Arten und charakteristischer Fraßspuren im Labor und im Freiland.

Nachdem 2008 Beobachtungen zum Vorkommen individuenreicher Bodenrüssler-Populationen und zur Schädlichkeit mehrerer Arten vorlagen, wurde im folgenden Jahr mit der Testung von zwei Arten, *Otiorhynchus dieckmanni* und *O. salicicola*, hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Arten entomopathogener Nematoden begonnen. Im Rahmen der 2008 durchgeführten Fraßpflanzenstudien wurden auch Daten zur Eiablage der jeweils gehaltenen Tiere gesammelt. Es wurde jedoch bald deutlich, dass bei wechselndem Nahrungsangebot keine maximale Eiproduktion resultiert (mündl. Mitt. Van Tol), weshalb für die ab 2009 eingesetzten Imagines nur jeweils eine für die betreffende

Bodenrüssler-Art möglichst günstige Nahrungspflanze verwendet wurde. In der Regel waren Nahrungs- und spätere Testpflanze (abgesehen von Sortenunterschieden) identisch, bei *O. dieckmanni* war dies *Euonymus fortunei* und bei *O. salicicola* *Hedera helix*.

Da bei der Testung dieser Arten nicht auf Erfahrungen anderer Autoren zurückgegriffen werden konnte, sollte, wie von VAN TOL & GWYNN (2005) für *Otiorhynchus sulcatus* empfohlen verfahren werden, und es wurde zunächst ein Vorversuch angesetzt. Hierbei stellte sich jedoch heraus, dass die Eier von *O. dieckmanni* offenbar eine mehrtägige Kühlschranks-Lagerung (7-8 °C) nicht überstehen. Daher wurden die Eier von nun an in einem bedingt klimatisierten Raum jeweils etwas unterhalb Zimmertemperatur bei höherer Luftfeuchte bis zu maximal 10 Tagen gelagert. Die für die Eiproduktion erforderliche Anzahl an Imagines wurde so gewählt, dass innerhalb einer Woche mindestens 500, wenn möglich 1000 Eier, von der zu testenden Art abgelegt wurden. Dies war möglich, weil durch die im Rahmen des Monitorings gesammelten Vorinformationen entsprechend individuenreiche Populationen bekannt geworden und Daten zum zeitlichen Auftreten der Arten erarbeitet worden waren. Darüber hinaus lagen durch die 2008 im Labor gesammelten Daten auch Informationen über Eiablagebeginn und -dauer sowie Mindest-Eiablageraten vor.

Die Bodenfallendaten aus dem ersten Untersuchungsjahr (2008) ermöglichten die Darstellung des zeitlichen Auftretens (Phänologie) zahlreicher Arten. Durch Literaturrecherchen konnte dies weiter verdichtet werden, und es wurde deutlich, dass es bei den Bodenrüsslern zahlreiche unterschiedliche Entwicklungstypen (mindestens 7) gibt (siehe auch SPRICK 2009). Da sich die Zucht der Larven zur Absicherung der Entwicklungszyklen als ziemlich aufwändig herausstellte, wurde nach einem Kooperationspartner für eine direkte Bestimmung der Larven gesucht, der mit Rafal Gosik von der Maria Curie-Skłodowska-Universität (Lublin/Polen) im Laufe des Jahres 2009 in den Reihen der Mitglieder des Curculio-Instituts gefunden werden konnte. R. Gosik zeigte sich an den präimaginalen Stadien von Bodenrüsslern sehr interessiert, da die meisten Larven und Puppen, selbst einiger häufiger bzw. schädlicher Arten, noch unbeschrieben sind, und da er sich in die Chaetotaxie von Rüsselkäferlarven anderer Verwandtschaftsgruppen bereits eingearbeitet hatte (z.B. GOSIK 2006, GOSIK 2008).

Zugleich wurde ein anderer Weg verfolgt, um eine Larvenbestimmung zu ermöglichen. Sicher bestimmte Imagines (Referenzexemplare) wurden bereitgestellt, um die Zusammensetzung bestimmter Genabschnitte (CO II) zu untersuchen. Dadurch wird es möglich, auch präimaginale Stadien mittels PCR-RFLP zu bestimmen. Diese Arbeiten wurden von J. Hirsch (FA Geisenheim) durchgeführt (HIRSCH et al. 2010).

Um die Entwicklung einer Art genauer zu dokumentieren, wurde dann 2010 an mehreren Terminen nach den Larven von *Otiorhynchus porcatus* gesucht, einer Art, die in Staudengärtnereien auch in kleinen Töpfen verbreitet vorkommt und als Schädling aufgrund ihrer Nachtaktivität, bräunlichen Färbung und geringen Körpergröße bisher weitgehend übersehen worden sein dürfte (siehe 1.3.: *O. porcatus*). Eine Bestimmung der Larven zur Klärung ihrer Identität war somit notwendig.

Neben *Otiorhynchus armadillo* wurde 2010 auch *O. porcatus* in die EPN-Tests einbezogen. Während die Versuche mit *O. armadillo* (und *O. salicicola*) ziemlich problemlos über die Applikation von Eiern an die Pflanzenbasis bzw. Wurzeln der Versuchspflanzen durchgeführt werden konnten (von T. Ufer, LK Schleswig-Holstein), sollten die Versuche mit *O. porcatus* aufgrund unzureichender Eiablage während der Haltung im Labor 2008 in anderer Weise als bei den übrigen Arten durchgeführt werden.

Es war geplant, im Frühjahr die überwinterten Käfer zu sammeln, und diese in einer Klimakammer des JKI in Braunschweig auf *Tellima grandiflora*-Pflanzen zu setzen, um sie dort reproduzieren zu lassen. Durch 2 Nachtfänge wurden Anfang Mai insgesamt 38

Imagines gefunden und auf die Pflanzen gesetzt. Die Larven sollten dann nach einigen Monaten herausgesammelt und für die EPN-Versuche eingesetzt werden. Als die Töpfe Anfang August auf Larven kontrolliert wurden, wurden jedoch nur wenige kleine Larven gefunden, so dass zunächst ein anderer Weg beschritten wurde: Die Larven wurden nun aus Töpfen mit *Primula veris*, *P. elatior* und *P. vulgaris* in einer Hildesheimer Staudengärtnerei direkt herausgesammelt und nach Ellerhoop gebracht. Später stellte sich heraus, dass die in der Klimakammer gezüchteten Larven erst im Oktober überwiegend das letzte Stadium erreicht hatten; diese Larven konnten dann noch für einen zusätzlichen EPN-Test herangezogen werden. Bei den im Freiland gesammelten *Otiorhynchus porcatus*-Larven wurde ein schwacher Fremdbesatz mit *O. sulcatus* festgestellt (< 10%), der das Versuchsergebnis nicht in Frage stellte. Mittlere Larven von *O. sulcatus* können aufgrund gleicher Körpergröße lebend nicht von ausgewachsenen *O. porcatus*-Larven unterschieden werden. In den durchsuchten *Primula*-Blumentöpfen dominierte jedoch *O. porcatus* sehr stark gegenüber *O. sulcatus*.

2010 wurde auch in Bad Zwischenahn erstmals nach Larven gesucht, vor allem *Pachyrhinus lethierryi* und *Otiorhynchus crataegi* standen dabei auf der Liste, da dort an bestimmten Gehölzen zuvor jeweils nur eine dieser Arten als Imago auftrat. So kam an *Juniperus phoenicea* nur *P. lethierryi* (häufig) vor, und an *Taxus baccata* und *T. media* trat *O. crataegi* sehr häufig auf, während an fast an allen anderen Gehölzen entweder keine Bodenrüssler oder Mischpopulationen aus 2 bis 5 oder mehr Arten vorkamen. Die Larven und Puppen von *Pachyrhinus lethierryi* aus Bad Zwischenahn dienten zusammen mit den von Klaus Schrameyer im März 2009 in Heilbronn unter *Thuja plicata* ausgegrabenen Larven als Grundlage für eine Beschreibung der ausgewachsenen Larve und der Puppe dieser Art (GOSIK et al. 2010).

2010 war auch das Monitoring so weit fortgeschritten, dass das Artenspektrum in den Anlagen als im Wesentlichen bekannt angesehen wurde, so dass die Erarbeitung des digitalen Bild-Bestimmungsschlüssels in Angriff genommen und die Erstellung der Schichtaufnahmen (incl. der visualisierten Bestimmungsmerkmale) beauftragt werden konnte. Die Ergebnisse liegen in Form einer CD vor, jedoch können die Verlinkungen erst programmiert werden, wenn keine inhaltlichen Ergänzungen mehr zu erwarten sind. Dies soll daher erst nach Abschluss des Verbundvorhabens erfolgen, da auch fotografische Illustrationen zur Lebensweise der einzelnen Arten erstellt werden sollen, die aus zeitlichen Gründen nicht eher erarbeitet werden können. Der Bestimmungsschlüssel soll den Verbundmitgliedern im Juni 2012 ausgehändigt werden. Weitere CDs werden beim JKI gelagert und bei Anfrage durch Fachinstitute, Pflanzenschutzberater etc. herausgegeben. 2011 wurden dann noch Fotos zu selteneren Arten ergänzt, die erst später im Rahmen des Monitorings gefunden wurden. Diese werden überwiegend nicht mehr in den Bestimmungsschlüssel integriert, sollen aber aus Vergleichsgründen zur Absicherung der Bestimmung bei ähnlichen Arten aufgerufen werden können.

2011 sollten dann mit *Otiorhynchus crataegi*, *O. smreczynskii* und *O. singularis* noch drei weitere Arten in die EPN-Versuche einbezogen werden. *O. smreczynskii* (Zucht mit *Ligustrum ovalifolium*) erwies sich dabei als gut zu züchtende Art, während die Larvenzahl bei *O. crataegi* (Zucht mit *Cotoneaster dammeri*) nur mäßig hoch war und recht stark schwankte (im Mittel 5,6 Larven pro Topf; T. Ufer, mündl. Mitt.). Bei *O. singularis* kam es zunächst bei Zucht mit *Ilex aquifolium* zu keiner Larvenentwicklung, obwohl sich Imagines im Berggarten Hannovers regelmäßig auf dieser Pflanze aufhalten und in den sklerophyllen Blättern auch tiefe Fraßkerben hinterließen. Bei einem zweiten Versuchsansatz mit *Thuja occidentalis* kam es auch nur zu einer schwachen Larvalentwicklung, so dass nur eine Nematodenart getestet werden konnte.

Im letzten Jahr des Projekts wurden auch regelmäßige Erhebungen zur Larvalentwicklung von *Otiorhynchus armadillo*, *O. porcatus* und *O. sulcatus* durchgeführt. Eine gezielte Suche an einzelnen Terminen erfolgte nach den Präimaginalstadien von *Otiorhynchus crataegi*, *O. dieckmanni*, *O. fuscipes* (nahe verwandt mit *O. lugdunensis*), *O. ligustici*, *O. raucus*, *O. rugosostriatus*, *O. salicicola*, *O. smreczynskii*, *Philopodon plagiatum* und *Tanymecus palliatus*. Diese Suche war zwar nicht immer erfolgreich, erbrachte jedoch weitere Aufschlüsse über die Entwicklung mehrerer Arten. Daher können für zahlreiche Arten konkrete Empfehlungen für einen zeitlich günstigen Einsatz von Nematoden gegeben werden.

2010 und 2011 wurden auch mehrere Klimakammer-Zuchten (JKI/Braunschweig) zur Gewinnung von Larven oder Puppen und zur Prüfung der Züchtbarkeit von Arten durchgeführt. Als gut zu züchten erwiesen sich dabei *Otiorhynchus armadillo*, *O. aurifer*, *O. lugdunensis*, *O. porcatus* und *O. salicicola*. Mäßig erfolgreich war die Zucht von *O. dieckmanni*, *O. meridionalis* und *O. singularis*, während sich bei *O. ovatus*, *O. raucus* und *O. scaber* kein Erfolg einstellte und bei *O. rugosostriatus* offenbar Fremdbesatz eine Zucht verhinderte. Auf diese Weise konnten weitere Larven sowie einige Puppen erhalten werden, deren Beschreibung sich im Druck oder in Vorbereitung befindet (GOSIK & SPRICK 2012, GOSIK et al., in Vorb.).

### **1.1.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

Bei ALFORD & BACKHAUS (1996) ist der Stand des Wissens über die Bekämpfungsmöglichkeiten von *Otiorhynchus sulcatus* unter besonderer Berücksichtigung biologischer Methoden zusammenfassend dargestellt. Auch Informationen über einige weitere schädlich aufgetretene Arten, wie *O. salicicola* oder *O. singularis*, sind dort zu finden. Zahlreiche weitere Studien behandeln die Einsatzmöglichkeiten entomopathogener Nematoden gegen *Otiorhynchus sulcatus* (z.B. SIMONS 1981, DESEÖ et al. 1985, SCHERER 1987, KLINGLER 1988, LOLA-LUZ et al. 2005), gelegentlich auch gegen weitere Arten, wie *O. ligustici* (SCHROEDER et al. 1994) oder *O. salicicola* (KLINGLER 1988).

Daten zum Entwicklungszyklus schädlicher Bodenrüssler liegen für mehrere Arten vor: *Otiorhynchus clavipes* (IBBOTSON & EDWARDS 1954), *O. ovatus* (STEIN & KÜTHE 1969), *O. salicicola* (LANDI 1991), *O. sulcatus* (SMITH 1932, GARTH & SHANKS 1978, LOZZIA 1983, MOORHOUSE et al. 1992) und *O. ligustici* (PALM 1935, LINCOLN & PALM 1941, HANUSS 1958), *O. rotundus* (LENGERKEN 1919) sowie *Liophloeus tessulatus* (MÜHLE & FRÖHLICH 1951).

Für das Monitoring bedeutsam ist das Verzeichnis der Käfer Deutschlands von KÖHLER & KLAUSNITZER (1998), da hier der Kenntnisstand über das Vorkommen der Käfer in 20 Teilregionen Deutschlands mit Stand 1998 zusammenfassend dargestellt ist. In zwei Nachträgen wird die danach erschienene faunistische Literatur zusammengefasst (KÖHLER 2001, KÖHLER 2011).

Zu den Wirtspflanzenspektren der Arten finden sich vor allem für *O. sulcatus* ausführliche Zusammenstellungen, wie z.B. von SMITH (1932) oder MASAKI et al. (1984) sowie auch Untersuchungen zur unterschiedlichen Wirtspflanzeneignung, wie die von VAN TOL et al. (2004), wiederum für *Otiorhynchus sulcatus*.

Die einzige vergleichende morphologische Studie über die Larven von Bodenrüsslern stammt von VAN EMDEN (1952), der zahlreiche Arten erstmals eingehend untersucht, beschrieben und für zahlreiche Gattungen und Arten Bestimmungsschlüssel vorgelegt hat, u.a. auch für 12 *Otiorhynchus*-Arten. - Beschreibungen der Puppen von Bodenrüsslern

liegen nur für wenige Arten vor (z.B. von FEYTAUD (1918) für *O. sulcatus*, von HANUSS (1958) für *O. ligustici* oder von LENGERKEN (1919) für *O. rotundus*). In dem einzigen mir bekannten Bestimmungsschlüssel für *Otiorhynchus*-Puppen, zu finden in der umfangreichen Studie über schädliche Erdbeerrüssler in den USA von WILCOX et al. (1934), sind drei Arten enthalten (*O. ovatus*, *O. rugosostriatus* und *O. sulcatus*).

## 1.2. Material und Methoden

Das Monitoring umfasste zum einen ein umfangreiches Bodenfallenprogramm. In den Jahren 2008 bis 2010 wurden an insgesamt 54 Standorten in der Regel je 4 Boden- (= Barber-) Fallen pro Anlage in der unmittelbaren Umgebung potenzieller Wirtspflanzen (z.B. *Rhododendron*, *Taxus* oder *Thuja*) aufgestellt. Die Fallen sollten dabei so nahe wie möglich an der Stamm- bzw. Stängelbasis möglicher Wirtspflanzen placiert werden (was jedoch nicht immer möglich war). Die Aufstellung erfolgte jeweils um den 20.4. eines jeden Jahres; sie wurden in 3wöchigem Turnus gewechselt und jeweils um den 20.8. abgebaut. Somit resultierten in der Regel 6 Fangperioden. Abweichungen von diesem Schema kamen des Öfteren vor. So wurden von T. Ufer (Ellerhoop) spezielle Fallen erprobt, und auch in Hildesheim wurden zum Teil kleine Fallen verwendet, die direkt in kleine Blumentöpfe eingelassen werden konnten. An einzelnen Standorten wurde die Fangzeit bis in den Oktober hinein verlängert, und an den Hopfenstandorten wurde aufgrund des früheren Auftretens von *Otiorhynchus ligustici* ab dem 2. Jahr bereits am 1.4. mit den Fängen begonnen; diese Fallen wurden dann bereits am 31.7. abgebaut. Alle diese Arbeiten wären ohne Unterstützung durch zahlreiche Pflanzenschutzberater und weitere Personen nicht durchführbar gewesen.

Während der vierjährigen Projektlaufzeit wurden an insgesamt 114 Standorten Daten erhoben, die jeweils mindestens einmal aufgesucht wurden, um dort Handfänge, vor allem Klopffproben mittels Klopfschirm und -stock, seltener auch Kescherfänge, vorzunehmen. So oft es möglich war, wurden auch Fänge während der Aktivitätszeit der Arten, d.h. in den Abend- und frühen Nachtstunden, durchgeführt. An 38 Standorten wurden so 57 Nachtfänge vorgenommen. Ein Teil dieser Aktivitäten wurde von Manfred Lehmann (Cottbus) und Klaus Schrameyer (Heilbronn), Dr. Gerlinde Michaelis und Frau Behrens (LWK Niedersachsen) übernommen, die Standorte in Groß Döbbern, Heilbronn und Bad Zwischenahn beprobten. Frau Maring stellte Daten aus ihren Erhebungen zu *Otiorhynchus fullo* in Großfahner zur Verfügung, und Dr. J. Lehmhus führte einige Aufsammlungen in Pforzheim und Niefern durch.

Eine weitere eingesetzte Methode, vor allem bei unzureichendem Erfolg tagsüber durchgeführter Klopffproben, waren Gesiebeproben (mittels Käfersieb), d.h. ein Durchsieben der Bodenstreu unter potenziellen Wirtsgehölzen mit nachfolgendem Auslesen der Fänge auf einem weißen Tuch. Diese Methode wurde aufgrund des vergleichsweise hohen Aufwandes (in Relation zum Fangergebnis) nur in begrenztem Umfang angewandt. Sie setzt auch das Vorhandensein einer siebbaren Bodenstreu voraus.

2010 und 2011 wurden Blumentöpfe an einem bzw. zwei Standorten regelmäßig nach Larven und Puppen durchsucht, und mittels Bodengrabungen wurde an insgesamt 12 Standorten - mit wechselndem Erfolg - versucht, Larvennachweise bestimmter Arten zu erbringen, um den Entwicklungszyklus zu vervollständigen oder abzusichern. Manchmal wurden auch zufällig Larven beim Einsetzen der Bodenfallen gefunden. Larvenfunde aus Heilbronn und Großfahner wurden mir von Klaus Schrameyer bzw. Frau Maring zur Verfügung gestellt. - Nachdem 2010 die Grundlagen für eine auf molekularbiologischen Methoden basierende Larvenbestimmung gelegt worden waren (HIRSCH et al. 2010), wurden zunächst einige Larven zur Bestimmung an J. Hirsch geschickt. Da jedoch nur etwa die Hälfte der zugesandten Larven bestimmt werden konnte, sollte ihre Identität in der Folgezeit vor allem durch Zucht ermittelt werden. Da bei der Zucht jedoch auch einige Male mehr oder

weniger hohe Verluste auftraten, weil nicht immer geeignete Wurzeln zur Verfügung standen, und weil Erfahrungen im Umgang mit der Einstellung der Feuchtigkeit fehlten, wurden sie schließlich meist umgehend zur Bestimmung an R. Gosik geschickt.

Zur Vorbereitung der EPN-Versuche wurden die Arten in größerer Anzahl gesammelt und in den Räumen des CURCULIO-Instituts in Hannover gehalten. Die Haltungsgefäße wurden auch für Nahrungspflanzenstudien und die Bestimmung von Eiablagern verwendet. Zahlreiche Arten wurden bis zu ihrem natürlichen Ableben gehalten. Die von den Käfern abgelegten Eier der für die Versuche ausgewählten Arten wurden mit einem feinen Pinsel herausgesammelt und in Petrischalen überführt.

Die Käfer wurden im Abstand von etwa 3 Tagen betreut. Dazu wurden die Haltungsgefäße, Kunststoffgefäße der Größe 20 cm x 13 cm x 7 cm (Länge: Breite: Höhe), gereinigt, mit Futter versorgt und mit einem Papiertuch ausgelegt. Die Futterpflanzen wurden gebündelt und an der Schnittfläche der Stängel bzw. Blattstiele mit einem angefeuchteten Papiertuch umwickelt. Alle Arten wurden nach Arten und Fundorten getrennt gehalten. Von zahlreichen Arten wurden L1-Larven erhalten, die für eine eventuelle Beschreibung an R. Gosik geschickt oder ab 2010 auch zum Aufbau einer Larvenzucht herangezogen wurden.

Darüber hinaus wurden bei den Handfängen nach Möglichkeit auch die Wirtspflanzen erfasst. Insbesondere in den späten Abend- und frühen Nachtstunden können die meisten Arten auf ihren jeweiligen Wirtspflanzen beobachtet werden.

Für die Erstellung der Schichtaufnahmen werden präparierte Käfer verwendet, die von dem Aufklebplättchen abgelöst und auf einem Nadelkopf mittels speziellem Kleber („Patafix“) befestigt werden. Die so vorbereiteten Käfer werden mit einem Makroobjektiv in Retrostellung oder einem Stereomikroskop mit einfachem Strahlengang schichtweise, d.h. in kleinen Schritten fotografiert. Die so gewonnenen Einzelbilder werden dann von einem Programm zu einem insgesamt scharfen Bild verrechnet. Eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens findet sich bei STÜBEN (2011).

### **1.3. Ergebnisse**

Auf folgende Aspekte soll näher eingegangen werden: Die Ergebnisse des Monitorings sollen hinsichtlich des Gesamtartenspektrums und der Verteilung der Arten auf die Anlagen-Typen analysiert werden. Des Weiteren wird die im Rahmen des Monitorings festgestellte Ausbreitung von Arten dargestellt und durch Literaturrecherchen ergänzt, die Herkunft der neu eingeschleppten Arten wird untersucht, auf taxonomische Probleme wird hingewiesen, und schließlich soll auf die Schädlichkeit in den untersuchten Anlagen des Erwerbsgartenbaus eingegangen werden.

Die Ergebnisse von Nahrungspflanzenstudien im Labor und Beobachtungen zur Wirtspflanzennutzung im Freiland werden dargestellt. Schließlich wird auf die Entwicklung ausgewählter Arten eingegangen. Sofern möglich, sollen günstige Zeiträume für die Applikation entomopathogener Nematoden abgeleitet werden.

#### **1.3.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse**

##### **Monitoring: Verteilung der Arten auf die Anlagentypen**

Im Rahmen des Monitorings wurden insgesamt 48 Arten und 20 968 Individuen von Bodenrüsslern erfasst. Berücksichtigt sind dabei nicht nur die schädlichen oder potenziell

schädlichen, sondern alle Arten, die der oben gegebenen Definition entsprechen. Diese verteilen sich wie folgt auf die Anlagentypen (s. Tabelle 1.1 und 1.2).

**Tabelle 1.1: Artenspektrum verschiedener Erwerbsbetriebe des Gartenbaus sowie aus Garten- und Parkanlagen (Hausgärten, öffentliche und private Grünanlagen, Straßenbegleitgrün usw.)**

Arten	Baumschulen	Stauden- gärtnereien	Gartencenter	Garten-/ Parkanlagen
<b>Anzahl Standorte</b>	<b>31</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>53</b>
<b>Relevante Arten (in Erwerbsanlagen wohl durchweg schädlich)</b>				
<i>Otiorhynchus armadillo</i>	215*/5	48*	4/1	502/9
<i>Otiorhynchus salicicola</i>	242/3	0	1	21/2
<i>Otiorhynchus sulcatus</i>	1830/24	55/4	40/4	430 (+ ca. 2000)/24
<b>Gelegentlich schädliche Arten</b>				
<i>Otiorhynchus crataegi</i>	2060/7	1	44/1	692/27
<i>Otiorhynchus porcatus</i>	2/2	111/3		115/11
<i>Otiorhynchus dieckmanni</i>	57/6	50/1		277/11
<i>Otiorhynchus raucus</i>	602/13	89/1	4/2	262/12
<i>Otiorhynchus singularis</i>	97/12	7/1		471/11
<i>Otiorhynchus smreczynskii</i>	381/7	3/1		1046/14
<i>Peritelus sphaeroides</i>	22/1			89/3
<b>Weniger relevante Arten (selten schädliche Arten)</b>				
<i>Barynotus moerens</i>		8/1		19/3
<i>Barynotus obscurus</i>			1	22/4
<i>Dodecastichus inflatus</i>				20/2
<i>Liophloeus tessulatus</i>	2/2	10/1		10/3
<i>Otiorhynchus aurifer</i>	3/1			44/2
<i>Otiorhynchus lugdunensis</i>	60/5			65/2
<i>Otiorhynchus meridionalis</i>				73/1
<i>Otiorhynchus morio</i>		44/1		
<i>Otiorhynchus ovatus</i>	704/18	16/4	3/1	220/22
<i>Otiorhynchus rugosostriatus</i>	5/2	157/2		56/7
<i>Pachyrhinus lethierryi</i>	584/11	1		208/4
<i>Parascythopus exsulans</i>	423/3			3/1
<i>Sciaphilus asperatus</i>	8/5	81/3	1	224/12
<i>Strophosoma melanogrammum</i>	17/6			60/6
<i>Tanymecus palliatus</i>		6/1		
<b>„Indifferente“ und nicht etablierte Arten</b>				
<i>Barypeithes araneiformis</i>	2/1			
<i>Barypeithes mollicomus</i>	4/2			4/2
<i>Barypeithes pellucidus</i>	1435/20	815/4	144/3	1534/11
<i>Barypeithes trichopterus</i>	225/5	13/2	24/1	29/5
<i>Brachysomus echinatus</i>	1			13/2
<i>Caenopsis waltoni</i>				21/1
<i>Cathormiocerus aristatus</i>	1			11/2
<i>Cathormiocerus asperatus</i>		1		
<i>Eusomus ovulum</i>		2/1		
<i>Otiorhynchus cribricollis</i>			7/1	
<i>Otiorhynchus corruptor</i>				3/1
<i>Otiorhynchus scaber</i>				44/1
<i>Otiorhynchus veterator</i>				1
<i>Strophosoma capitatum</i>				14/2

Arten	Baumschulen	Staudengärtnerereien	Gartencenter	Garten-/Parkanlagen
<b>Anzahl Standorte</b>	<b>31</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>53</b>
<b>„Indifferente“ und nicht etablierte Arten</b>				
<i>Trachyploeus bifoveolatus</i>		1		2/1
<i>Tropiphorus elevatus</i>				6/2
<i>Tropiphorus terricola</i>		1		
<b>Summe Arten</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>11</b>	<b>36</b>
<b>Summe Individuen</b>	<b>8982*</b>	<b>1520*</b>	<b>272</b>	<b>8612</b>
<i>Trachyploeus bifoveolatus</i>		1		2/1
<i>Tropiphorus elevatus</i>				6/2

\*: Ein Vorkommen in einer Baumschule von *O. armadillo* erstreckte sich auch auf den Staudenbereich; 48 Exemplare wurden deshalb dort subtrahiert und unter „Staudengärtnerereien“ eingeordnet. - Zahl nach dem Querstrich: Anzahl der Standorte, an der die Art nachgewiesen wurde

Die in Tabelle 1.2 dargestellten Ergebnisse werden sowohl durch die eingesetzten Methoden als auch durch das bevorzugte Aufsuchen bestimmter Anlagen erheblich beeinflusst. So dominiert der phytopathologisch weitgehend irrelevante *Barypeithes pellucidus* in den Fängen stets dann, wenn Bodenfallen eingesetzt werden, während er in den Klopfproben, auch wenn diese nachts ausgeführt werden, meist nur schwach vertreten ist, da diese Art nur wenige Dezimeter nach oben klettert. *Otiorhynchus smreczynskii* wird als streng nachtaktiver Flieder- und Ligusterbesiedler nur gefunden, wenn Nachtfänge durchgeführt werden oder wenn Bodenfallen unmittelbar unter diesen Sträuchern placiert werden. Der hohe Wert bei dem in Baumschulen zwar ziemlich verbreitet vorkommenden *Otiorhynchus crataegi* geht letztlich nur auf eine Baumschule zurück, in der die Art sehr häufig an Eiben auftrat, und die deshalb mehrfach aufgesucht wurde, um Daten zur Entwicklung und um Käfer für die EPN-Versuche zu sammeln.

### Baumschulen

In den Baumschulen traten folgende Arten ziemlich verbreitet und oft häufig auf: *Otiorhynchus armadillo*, *O. crataegi*, *O. dieckmanni*, *O. ovatus*, *O. raucus*, *O. salicicola*, *O. singularis*, *O. smreczynskii*, *O. sulcatus*, *Barypeithes pellucidus* und *Barypeithes trichopterus*. Auch *Pachyrhinus lethierryi* wurde in vielen Baumschulen gefunden. Wie *O. crataegi* breitet sich die Art zurzeit stark aus und kommt inzwischen verbreitet an Zypressengewächsen vor. Dagegen ist der erst 2000 neu beschriebene *Parascythopus exsulans*, der ebenfalls auf Zypressengewächsen lebt, bisher nur in 3 Baumschulen gefunden worden. Im Gewächshausbereich von zwei Baumschulen trat *Otiorhynchus salicicola* in Blumentöpfen auf, z.T. gemeinsam mit *O. sulcatus*.

### Staudengärtnerereien

Das Artenspektrum von Staudengärtnerereien unterscheidet sich sehr stark von dem von Baumschulen. Zu den in beiden häufig vorkommenden Arten gehören nur *Barypeithes pellucidus*, *Otiorhynchus raucus* und *Otiorhynchus sulcatus*. Charakteristisch für Staudengärtnerereien ist vor allem der Gehölze meidende *Otiorhynchus porcatus*, der hier in Blumentöpfen nicht selten vorkommt. In Staudengärtnerereien mit offenem Gartenboden dominieren *Otiorhynchus rugosostriatus*, *O. raucus* und *Sciaphilus asperatus*. *Otiorhynchus morio* trat nur in einer Staudengärtnererei auf schwerem Boden (Tonboden) etwas häufiger auf. Außer *O. porcatus* kam in Blumentöpfen regelmäßig auch *O. sulcatus* vor, und im Staudenbereich einer Baumschule war außerdem einmal *Otiorhynchus armadillo* häufig. *O. singularis* und *O. smreczynskii* traten hier nur je einmal, und zwar in randlichen Hecken oder Strauchpflanzungen, auf.

### Gartencenter

Diese konnten nur einige Male untersucht werden; nur einmal war eine Nachtbegehung möglich. Trotzdem wurden mit *Otiorhynchus armadillo*, *O. cribricollis* und *O. salicicola* drei

Fälle von Neueinschleppungen bzw. Verschleppungen dokumentiert, die jedoch durch die Informatoren der Eigentümer umgehend beseitigt wurden.

Bis auf *O. sulcatus* stammen die meisten weiteren Funde in Gartencentern aus Bereichen, in denen Barberfallen in den Boden eingelassen werden konnten, wie im Innern angelegte Rasen- und Strauchpflanzungen oder Strauchpflanzungen im Außenbereich, die auch den Garten- und Parkanlagen zugerechnet werden könnten.

#### Garten- und Parkanlagen

In dieser Kategorie wurde eine Vielzahl unterschiedlicher Standorte zusammengefasst, von denen mehrere auch nur einmal aufgesucht oder nur kurze Zeit beprobt werden konnten. Zu nennen sind vor allem Straßenbegleitgrün, auch auf Verkehrsinseln, Kübelpflanzungen, Parkanlagen bis hin zu Parkwald sowie Hausgärten und öffentliche Gartenanlagen.

Zu den charakteristischen Arten gehören erwartungsgemäß auch alle diejenigen, die bereits bei den Baumschulen und Staudengärtnereien aufgeführt wurden. Hinzu kommen jedoch noch zahlreiche seltener Arten bzw. Arten, die gegen Störungen wie Bodenarbeiten oder häufigere Bekämpfungen empfindlicher sind. Dies sind Arten wie *Barynotus moerens*, *B. obscurus*, *Caenopsis waltoni*, *Dodecastichus inflatus*, *Otiorhynchus scaber*, *Strophosoma melanogrammum* und *Tropiphorus elevatus*. Einige dieser Arten können auch schädlich werden (z.B. *Barynotus moerens*), manche sind regional selten (oder gelten sogar als regional gefährdet) (z.B. *Barynotus moerens* oder *Otiorhynchus scaber*) oder sind nur in Teilen Deutschlands verbreitet (z.B. *Dodecastichus inflatus*, *Peritelus sphaeroides*). Garten- und Parkanlagen stellen daher zum einen ein Sammelbecken für schädliche Arten dar, sie können aber ebenfalls als Reservoir für seltene bzw. schutzwürdige Arten angesehen werden. Im Falle von *Barypeithes trichopterus*, der bisher als selten galt, hat das Monitoring gezeigt, dass die Art wesentlich häufiger ist als es bisher bekannt war, und dass sie sich wahrscheinlich in letzter Zeit ausgebreitet hat. Zwei zum Teil neu etablierte Arten wurden mit *Otiorhynchus aurifer* und *O. meridionalis* nur hier gefunden. Als besonders artenreich erwies sich u.a. der Berggarten in Hannover-Herrenhausen, eine alte Garten- und Parkanlage, die im 17. Jahrhundert begründet wurde, mit insgesamt 17 Bodenrüsslerarten, darunter mit *Otiorhynchus dieckmanni* nur einer der inzwischen recht weit verbreiteten Neubürger.

**Tabelle1.2: Artenspektrum aus Hopfengärten und weiteren Standorten**

Arten	Hopfengärten	Übrige*
<b>Anzahl Standorte</b>	<b>9</b>	<b>11</b>
<i>Otiorhynchus ligustici</i>	143/6	258
<i>Peritelus sphaeroides</i>	51/2	
<i>Alophus triguttatus</i>		1
<i>Barynotus obscurus</i>	2/1	
<i>Barypeithes pellucidus</i>		
<i>Otiorhynchus fullo</i>		124
<i>Otiorhynchus pinastri</i>		8
<i>Otiorhynchus raucus</i>		1
<i>Otiorhynchus singularis</i>		2
<i>Philopodon plagiatus</i>		5
<i>Strophosoma capitatum</i>		17
<i>Strophosoma melanogrammum</i>		3
<i>Tanymecus palliatus</i>	11/3	5
<i>Trachyphloeus alternans</i>		6
<i>Trachyphloeus bifoveolatus</i>		6
<i>Tropiphorus elevatus</i>		1
<b>Summe Arten</b>	<b>4</b>	<b>14</b>
<b>Summe Individuen</b>	<b>207</b>	<b>1375</b>

Tabelle 1.2 zeigt die Ergebnisse der Erhebungen aus den Hopfgengärten sowie von den übrigen Standorten. In den Hopfgengärten war das Artenspektrum sehr eingeschränkt. Hier können hier offenbar nur Arten existieren, die mit den Erdarbeiten, wie sie im Hopfenanbau vorgenommen werden, zurecht kommen. Nur 4 Bodenrüsslerarten wurden nachgewiesen, von denen 2 *Humulus lupulus* als Wirtspflanze nutzen und ziemlich regelmäßig (*Otiorhynchus ligustici*) oder selten (*Peritelus sphaeroides*) als Schädling auftreten. Die beiden anderen Arten sind eher den begleitend auftretenden Unkräutern mit kräftigeren Wurzeln zuzuordnen.

### Übrige Standorte

Hier zusammengefasst sind alle Standorte, die den bisherigen Kategorien nicht zugerechnet werden können. Dies waren eine Gras- und Krautflur, ein Sandmagerrasen, ein Kalkbuchenwald, eine Weinbergsbrache, zwei Waldrandstandorte, ein krautreicher Ackerrand sowie eine Obstanlage.

Diese wurden zum Teil nur einmal oder wenige Male aufgesucht, weil hier nach bestimmten Arten bzw. Larven gesucht wurde. Die Obstanlage in Großfahner wurde aufgrund des Auftretens eines regional vorkommenden Bodenrüsslers (*Otiorhynchus fullo*) in das Monitoring einbezogen, um dessen Schadpotenzial abzuklären.

Neben dem regional gefährdeten Bodenrüssler *Otiorhynchus fullo* sind noch *Philopodon plagiatum* hervorzuheben, dessen Larven gefunden werden konnten, *Otiorhynchus pinastri* (von einer fränkischen Weinbergsbrache), *Trachyphloeus alternans* (Großfahner) und *Tropiphorus elevatus*, dessen Larven möglicherweise ebenfalls gefunden wurden (noch zu verifizieren).

## **Schadpotenzial**

### Definitionen

Im Folgenden soll eine Einschätzung des Schadpotenzials vorgenommen werden. Es handelt sich dabei um eine Bewertung, die vor allem auf diesen beiden Einflussgrößen beruht:

- Häufigkeit, mit der es zu einem deutlichen Schadeffekt kommt
- Ausmaß und Art der Schädigung (Blattrandfraß/ästhetischer Schaden, Wertminderung – Unverkäuflichkeit; Vertrocknen/Ausfall von Pflanzen durch Larven- oder auch Imaginalfraß (mit Blatt-, Rinden- oder Wurzelschädigung))

Bei der Auflistung der Arten wird ggf. auch eine Tendenz angegeben, ob ihre Zuordnung in der betreffenden Klasse eher etwas über- (↓) oder etwas unterschätzt ist (↑). Dies betrifft vor allem die Arten der unteren Klassen, bei denen es seltener zu stärkeren Schädigungen kommt, weil hier der Unterschied zwischen dem Schadpotenzial und dem tatsächlich eingetretenen Schaden stärker ins Gewicht fällt.

Diese Einstufungen sind nur auf die untersuchten Anlagen zu beziehen, und sie betreffen diese auch nicht in gleicher Weise. So tritt *Otiorhynchus porcatus* beispielsweise nur in Staudengärtnereien und in Garten- und Parkanlagen schädlich auf, weil nur hier mögliche Wirtspflanzen zu finden sind; da diese Art Gehölze nicht besiedelt, liegen aus reinen Baumschulen keine Nachweise vor, nur wenn dort auch Staudenbereiche vorhanden sind, ist ein Vorkommen möglich.

### Hauptschädlinge (Arten mit hohem Schadpotenzial)

Arten, die regelmäßig größere Schäden verursachen

<i>Otiorhynchus armadillo</i>	<i>Otiorhynchus ligustici</i>
<i>Otiorhynchus salicicola</i>	<i>Otiorhynchus sulcatus</i>

Hier eingeordnet werden Arten, die ein *Otiorhynchus sulcatus* ähnliches Schadpotenzial aufweisen. *Otiorhynchus armadillo* und *O. salicicola* kommen dabei sehr polyphag auf Gehölzen vor; beide sind auch als Besiedler von Blumentöpfen in Erscheinung getreten. *O. armadillo* wurde zudem im Staudenbereich einer Gärtnerei gefunden. Dies ist auch von *O. salicicola* zu erwarten, konnte aber nicht nachgewiesen werden, weil die Art nur in Baumschulen ohne oder mit sehr geringem Staudenbereich gefunden wurde.

*Otiorhynchus ligustici* gehört zu den schädlichen Arten in Hopfenkulturen. In Kittlitz ist die Art mit sehr hoher Dichte auf einem permanenten, mehrere 100 ha großen Luzernefeld vertreten. Hier werden etwa im Zweijahresrhythmus sehr große Schäden vor allem in angrenzenden Gärten verursacht, in die die Art im Frühjahr einwandert. In anderen Lebensräumen ist das Schadpotenzial von *O. ligustici* eher gering, und in Baumschulen und Staudengärtnereien wurde die Art überhaupt nicht gefunden.

### Arten mit mittlerem (bis höherem) Schadpotenzial (gelegentlich Schäden verursachend)

Arten, die gelegentlich stärkere oder häufiger mittelstarke Schäden verursachen. Arten, die eher etwas unterschätzt scheinen, wurden mit dem Symbol (↑) gekennzeichnet. Dies betrifft z.B. Arten, die sich ausbreiten und Arten, die leicht zu übersehen sind. Arten, die etwas überschätzt sein könnten, erhalten das Symbol (↓).

Unter diesen Arten findet sich mit *Otiorhynchus porcatus* auch eine Art, die kleine Blumentöpfe besiedelt. In größeren Pflanzkübeln wurde auch *Otiorhynchus crataegi* einige Male gefunden.

<i>Otiorhynchus crataegi</i> (↑)	<i>Otiorhynchus porcatus</i> (↑)
<i>Otiorhynchus dieckmanni</i> (↓)	<i>Otiorhynchus raucus</i> (↓)
<i>Otiorhynchus singularis</i> (↓)	<i>Otiorhynchus smreczynskii</i> (↑)
<i>Peritelus sphaeroides</i>	

Hier ist eine etwas differenziertere Betrachtung erforderlich. *Otiorhynchus porcatus* ist offenbar in vielen Staudengärtnereien vorhanden und kann Blumentöpfe mit sehr unterschiedlichen krautigen Pflanzenarten besiedeln. Ein Teil der von dieser Art verursachten Schäden dürfte bisher *O. sulcatus* zugerechnet worden sein, da *O. porcatus* sehr unscheinbar (bräunlich, 5-6 mm groß) und streng nachtaktiv ist. Hin und wieder wurden abgestorbene Primeln beobachtet, aber höhere Larvendichten, die dies verursacht haben könnten, wurden nur selten festgestellt. Um die Situation zu klären, sollten Untersuchungen zur Schadensschwelle durchgeführt werden. Die Art lebt nicht an verholzten Pflanzenarten und kommt in Baumschulen nicht vor. Daher wird sie hier in eine mittlere Kategorie (mit der Tendenz ↑) eingeordnet.

*Otiorhynchus crataegi* wurde in 7 Baumschulen angetroffen, davon in einer in sehr hoher Dichte an verschiedenen Eiben, aber auch an *Thuja*. Ansonsten wurden meist geringere bis mittelstarke Fraßschäden an einer Vielzahl von Laubgehölzen und einigen Stauden (z.B. *Bergenia*) beobachtet. Dies gilt auch für zahlreiche Garten- und Parkanlagen. Die Art ist stark expansiv und besiedelt zurzeit gerade die östlichen Bundesländer, so dass die Einordnung in eine mittlere Schädlingsskategorie mit der Tendenz ↑ vorgenommen wurde.

*Otiorhynchus dieckmanni* gehörte zu den Arten, die ziemlich häufig an Flieder und Liguster gefunden wurden. An Flieder trat die Art mehrfach in mittlerer Dichte auf, und zahlreiche Fraßspuren an den glattrandigen Blättern konnten dieser Art zugeordnet werden. *O. dieckmanni* kam an einer größeren Zahl weiterer Standorte bzw. Pflanzen vor, jedoch meist in geringer Dichte, so dass in der Regel kein nennenswerter Schadeffekt zu beobachten bzw. zu erwarten war. Die vorgenommene Einstufung ist daher eher etwas überschätzt (↓).

*Otiorhynchus raucus* kommt zwar in zahlreichen Anlagen vor. Es wurden jedoch nur sehr wenige Schadensfälle bekannt. Auch in der Staudengärtnerei in Wiesbaden mit stärkerem Auftreten an *Paeonia officinalis* waren keine Verluste von Pflanzen, jedoch häufig Kerbfraß an den Blättern festzustellen, die im Wesentlichen dieser Art zuzuordnen waren. In Baumschulen wurde nur ein stärkeres Auftreten an *Thuja occidentalis* festgestellt, ohne dass dies jedoch zu einem erkennbaren Schaden geführt hätte. Daher erscheint die Einordnung in die mittlere Schädlingskategorie eher etwas über- als unterschätzt (↓).

*Otiorhynchus singularis* kommt in Baumschulen verbreitet vor, erreichte jedoch in keinem Fall eine Dichte, die einen nennenswerten Schadeffekt erkennen ließ. Das einzige im Rahmen dieser Erhebungen bekannt gewordene Schadauftreten betraf neu gepflanzte Rhododendren im Berggarten in Hannover. Da der Garten über eine umfangreiche *Rhododendron*-Sammlung mit vielen seltenen Arten und Sorten verfügt, kann der Verlust einzelner Pflanzen einen erheblichen Schaden bedeuten. Angesichts der Gesamtsituation wird die Einordnung in eine mittlere Schädlingskategorie jedoch eher etwas über- als unterbewertet angesehen (↓).

*Otiorhynchus smreczynskii* kommt inzwischen sehr verbreitet in Baumschulen sowie Garten- und Parkanlagen in Deutschland vor, auch wenn seine Herkunft/Einwanderung aus Osteuropa aufgrund des Schwerpunkts in der östlichen Landeshälfte noch zu erkennen ist. Besiedelt sind eine Vielzahl von Liguster- und Fliedersträuchern, gelegentlich auch *Symphoricarpos* und manche *Spiraea*-Arten (z.B. *Spiraea multiflora*). Die Art verursacht ein sehr charakteristisches Fraßbild aus feinen, tiefen, wie ausgestanzt erscheinenden Kerben, die zwar aufgrund ihrer Regelmäßigkeit eine ästhetische Note besitzen, im Allgemeinen jedoch mehr oder weniger unerwünscht sind und ein Handelshemmnis für Baumschulen darstellen, da sie an den genannten Sträuchern mit glatten Blatträndern durchweg sehr gut sichtbar sind. Daher wird hier eine Einordnung in eine mittlere Schädlingskategorie mit der Tendenz ↑ vorgeschlagen.

*Peritelus sphaeroides* wurde nur an wenigen Standorten angetroffen. Die Art ist nur im Westen und Süden Deutschlands heimisch, wurde inzwischen aber in zahlreiche Regionen Nord- und Ostdeutschlands eingeschleppt. *P. sphaeroides* ist sehr polyphag und verursachte Fraßschäden in einer westdeutschen Baumschule an diversen Laubgehölzen. Darüber hinaus trat die Art auch in einem süddeutschen Hopfengarten so häufig auf, dass eine Bekämpfung als notwendig erachtet wurde. Alles in allem dürfte sie so korrekt eingeordnet sein.

#### **Arten mit geringem Schadpotenzial** (in der Regel selten Schäden verursachend)

Arten, die in der Regel - nach bisherigem Kenntnisstand - für geringe Schäden verantwortlich sind, die aber in seltenen Fällen unter günstigen Bedingungen auch stärkere Schäden verursachen können, wurden hier eingeordnet. Dies betrifft vor allem Arten, bei denen innerhalb des Untersuchungszeitraumes 0-1 Schadauftreten bekannt geworden sind und bei denen in der Literatur eine Schädlichkeit dokumentiert ist. Arten, bei denen Berichte über Schadeffekte bereits ca. 100 Jahre zurückliegen (z.B. *Barypeithes pellucidus*; PETHERBRIDGE 1914), bei denen diese nur aus südeuropäischen oder nordamerikanischen Gebieten bekannt oder die bei uns bisher nicht etabliert sind (z.B. *Otiorhynchus cribricollis*), wurden in keine dieser 3 Klassen eingeordnet.

<i>Barynotus moerens</i>	<i>Barynotus obscurus</i>
<i>Dodecastichus inflatus</i> (↑)	<i>Liophloeus tessulatus</i>
<i>Otiorhynchus aurifer</i>	<i>Otiorhynchus lugdunensis</i>
<i>Otiorhynchus meridionalis</i>	<i>Otiorhynchus ovatus</i>
<i>Otiorhynchus morio</i>	<i>Otiorhynchus rugosostriatus</i>
<i>Pachyrhinus lethierryi</i> (↑)	<i>Philopeton plagiatum</i>
<i>Parascythopus exsulans</i> (↑)	<i>Sciaphilus asperatus</i> (↑)
<i>Strophosoma melanogrammum</i>	<i>Tanymecus palliatus</i>

Die hier eingeordneten Arten traten entweder ziemlich selten auf oder sie waren häufiger, hinterließen aber nur selten deutliche Schäden. Mit Ausnahme von *Otiorhynchus aurifer* (einmal mit *Laurus nobilis*-Kübelware eingeschleppt), *Pachyrhinus lethierryi* (einmal) und *Otiorhynchus rugosostriatus* (einmal 1 Ex., vielleicht nur zufällig) wurden die Arten auch nicht in Pflanzkübeln beobachtet. In Blumentöpfen trat keine dieser Arten auf. Stärkere Fraßschäden an *Thuja occidentalis* haben wahrscheinlich *Pachyrhinus lethierryi* und *Parascythopus exsulans* in jeweils einer Bad Zwischenahner Baumschule verursacht, aber auch dies war trotz höherer Dichte der Käfer kaum zu erkennen, da Fraßspuren an *Thuja* nur bei starker Einwirkung, intensiver Suche oder bei Absterbeerscheinungen im Freiland gut zu erfassen sind. Abgestorbene Triebspitzen an 1-2 m hohen *Thuja*-Bäumchen konnten wiederum keinem Verursacher sicher zugeordnet werden.

*Dodecastichus inflatus* (= *Otiorhynchus inflatus*) trat einmal in einem oberbayerischen Hausgarten häufig an zahlreichen Sträuchern auf, von *Philopeton plagiatum* wurde ein Schadaufreten in einer Celler Gärtnerei bekannt, und *Barynotus moerens* wurde einmal im Berggarten Hannovers etwas häufiger an *Hosta lancifolia* beobachtet; die Art kommt hier zusammen mit *Otiorhynchus porcatus* auch an *Convallaria majalis* und *Primula*-Arten nicht selten vor. Die Schäden waren jedoch außer an *Hosta lancifolia* gering. Allerdings ist auch darauf hinzuweisen, dass die Schäden gerade an *Hosta* gegenüber denen, die hier durch Nacktschnecken verursacht wurden, nicht so sehr ins Gewicht fielen. *Dodecastichus inflatus* galt bisher in Bayern als extrem selten, breitet sich aber möglicherweise seit kurzem aus, da die Art 2011 auch in Baden-Württemberg erstmals gefunden werden konnte.

### Arten ohne Schadpotenzial

<i>Barypeithes</i> spp.	<i>Brachysomus echinatus</i>
<i>Cathormiocerus</i> spp. (= <i>Trachyphloeus</i> spp., partim)	<i>Otiorhynchus fullo</i> (↑)
<i>Otiorhynchus pinastri</i>	<i>Otiorhynchus scaber</i>
<i>Otiorhynchus veterator</i>	<i>Strophosoma capitatum</i>
<i>Tropiphorus elevatus</i>	

### Nicht etablierte Arten

<i>Otiorhynchus corruptor</i> (incl. var. <i>armatus</i> )	<i>Otiorhynchus cribricollis</i>
--	----------------------------------

## Ausbreitung und Herkunft der Arten

Tabelle 1.3 gibt das Erstauftreten von Bodenrüsslern in Deutschland incl. der Herkunft der Arten wieder. Es handelt sich um Arten, die auch im Rahmen des Monitorings nachgewiesen wurde, darunter auch mehrere, die von Klaus Schrameyer (und z.T. von Wulf Bernau) in Heilbronn und benachbarten Orten gefunden wurden. Mit Ausnahme von *O. smreczynskii*, der gegen Ende des 2. Weltkriegs aus Osteuropa eingeschleppt worden sein dürfte, beginnen die Einschleppungen ab etwa der 1980er Jahre und nehmen ab ca. 1990 und dann vor allem ab 2000 stark zu, was sich vor allem auf eine Intensivierung des Handels mit benachbarten westeuropäischen Ländern (vor allem Italien, aber auch Frankreich und Niederlande), sowie eine Erwärmung des Klimas zurückführen lässt, die vielen wärmeliebenden Arten eine Etablierung erst ermöglichte.

**Tabelle 1.3: Erstauftreten bodenbewohnender Schadrüssler in Deutschland**

<b>Flugunfähige Bodenrüssler</b>	
<i>Otiorhynchus aurifer</i> Herkunft: Italien und östliches Mittelmeergebiet	Vor 1992 im Zentrum Hamburgs eingebürgert (LOHSE 1991), seit mindestens 2008 in Heilbronn (Schrameyer & Bernau, im Druck)
<i>Otiorhynchus corruptor</i> Herkunft: Italien und östliches Mittelmeergebiet	Mehrmals nach Deutschland eingeschleppt, bisher jedoch ohne Einbürgerungstendenz, z.B. Bonn 1993 (KÖHLER 2006), Hannover 2003 (K. Kuttig), Berlin 2002 (GERMANN 2006), Heilbronn 2011 (Schrameyer & Bernau, im Druck)
<i>Otiorhynchus crataegi</i> Herkunft: Südost-Europa (westlicher Balkan)	Erstnachweis: „Neuerdings in Oberbayern“ (FRIESER 1981), 1998 in 4 Bundesländern (KÖHLER & KLAUSNITZER 1998), seither stark expansiv
<i>Otiorhynchus cribricollis</i> Herkunft: Mittelmeergebiet, Nordafrika	Zweimal unbeständig eingeschleppt: 1992 Freiburg (Maus 1998) und 2011 Heilbronn (Schrameyer & Bernau, im Druck)
<i>Otiorhynchus dieckmanni</i> Herkunft: Ursprung unbekannt	1978 Magdeburg (MAGNANO 1979); 1979 Berlin (GOSPODAR & KORGE 1982)
<i>Otiorhynchus meridionalis</i> Herkunft: westliches Mittelmeergebiet	1991* bereits einmal nach Freiburg eingeschleppt, jedoch nicht eingebürgert (MAUS 1998); 2008 von K. Schrameyer in Heilbronn entdeckt; hier eingebürgert (Schrameyer & Bernau, im Druck)
<i>Otiorhynchus salicicola</i> Herkunft: Südalpen (Lombardei)	2000 (Wesel, Gartencenter), Außenbereich; 2003 Taufkirchen (coll. Bathon); inzwischen in D ziemlich weit verbreitet
<i>Otiorhynchus smreczynskii</i> Herkunft: östliches Polen und Weißrussland	Seit 1946 in Deutschland, zunächst in Berlin (SCHULZE 1959, RICHTER 1961), von dort sich weiter nach Westen ausbreitend
<b>Flugfähige Bodenrüssler (beide an Zypressengewächsen)</b>	
<i>Pachyrhinus lethierryi</i> Herkunft: Südfrankreich, Korsika, Sardinien	2001 (RHEINHEIMER 2003), danach starke Ausbreitung über ganz Deutschland
<i>Parascythopus exsulans</i> Herkunft: 2000 aus den Niederlanden neu beschrieben, wahrscheinlich Japan	Erstnachweis 2008 (Niedersachsen: Bad Zwischenahn) im Rahmen des Monitorings; danach auch noch in Braunschweig und Roßwag (Baden-Württemberg) gefunden

Recht mysteriös erscheint die Meldung über eine Einschleppung von *O. meridionalis* aus dem Jahr 1959 auf den Lüneburger Kalkberg (HERRMANN 1999).

Im Rahmen des Monitorings wurde mit *Parascythopus exsulans* ein an Zypressengewächsen lebender flugfähiger Kurzrüssler erstmals in Deutschland gefunden. Die Art ist wahrscheinlich mit *Phyllobius intrusus* identisch, der als japanische Einschleppung aus Rhode Island beschrieben worden ist und erst kürzlich in Norwegen gefunden wurde, worauf mich dankenswerterweise Lutz Behne (DEI/Senckenberg) aufmerksam machte. Zurzeit wird die Identität von F. Bahr und L. Behne durch Typenvergleich überprüft. Die Schadwirkungen von *Phyllobius intrusus* auf Cupressaceae in Rhode Island (USA) wurden bereits in einer ausführlichen Studie von KERR (1949) genauer untersucht.

Auf der geplanten Schadrüssler-CD sollen die Ergebnisse des vierjährigen Monitorings zur aktuellen Ausbreitung der Arten in Form kleiner Verbreitungskarten dargestellt werden. Dabei stellt der Katalog von KÖHLER & KLAUSNITZER (1998), der eine regionalisierte Checkliste Deutschlands enthält, eine wesentliche Grundlage dar: Aufgelistet sind alle Arten, die in einer der 20 Teilregionen, in die die Autoren das Gebiet Deutschlands unterteilt haben, neu aufgetreten sind. Ein Beispiel bringt die folgende Abbildung:

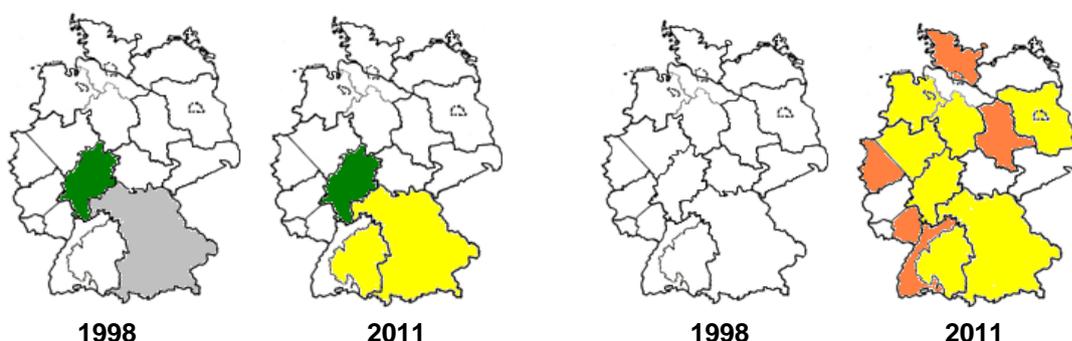


Abbildung 1.1: Ausbreitung von *Dodecastichus inflatus* (links) und *Pachyrhinus lethierryi* (rechts) in Deutschland. Dargestellt ist jeweils die Situation 1998 nach KÖHLER & KLAUSNITZER (1998) im Vergleich mit 2011. grün: 1998 bereits vorhanden, grau: verschollen, gelb: im Rahmen des Monitorings nachgewiesen; orange: Neuauftreten nach Literaturangaben.

## Wirtspflanzenstudien

Im Folgenden sollen ausgewählte Ergebnisse der Wirtspflanzenstudien vorgestellt werden. Diese beziehen sich auf 3 sehr polyphage Arten (*Otiorhynchus armadillo*, *O. crataegi* und *O. salicicola*), eine Art mit einem stärker eingeschränkten Wirtspflanzenspektrum (*O. smreczynskii*) und eine Art, die sich ausschließlich an Stauden entwickelt (*O. porcatus*). In der Regel basieren die Angaben auf Nachtfängen oder -beobachtungen und Klopfproben, zuweilen auch auf Bodensuche, Topfsuche (Larvensuche), Gesiebeprobe oder Bodenfallenfängen. Letztere wurden aber nur bei *O. porcatus* berücksichtigt, da die Art kleiner und weniger mobil ist, und auch nur dann, wenn es sich um zahlreiche Nachweise handelte, und wenn die Falle in einem aus einer Art bestehenden dichten Pflanzenbestand aufgestellt war. - Wenn nur Beobachtungen von Einzel- oder wenigen Exemplaren vorliegen, bleibt die Nahrungsbeziehung oft unsicher.

**Tabelle 1.4: Durch Klopf- und Gesiebeprobe ermitteltes Wirtspflanzenspektrum von *Otiorhynchus smreczynskii***

Pflanzenarten/-sorten	Anzahl	Häufigkeit
<i>Ligustrum vulgare</i>	560	34x
<i>Ligustrum ovalifolium</i> 'Aureum'	12	2x
<i>Ligustrum ovalifolium</i>	1	1x
<i>Syringa vulgaris</i>	204	14x
<i>Syringa chinensis</i>	21	2x
<i>Fraxinus excelsior</i>	8	1x
<i>Forsythia x intermedia</i>	2	2x
<i>Lonicera pileata</i>	162	11x
<i>Lonicera nitida</i>	7	3x
<i>Symphoricarpos albus</i>	84	9x
<i>Symphoricarpos x chenaultii</i>	20	4x
<i>Viburnum bodnantense</i>	55	2x
<i>Weigelia florida</i>	2	1x
<i>Thuja occidentalis</i>	35	4x
<i>Thuja occidentalis</i> 'Smaragd'	5	3x
<i>Thuja occidentalis</i> 'Brabant'	2	2x
<i>Xanthocyparis nootkatensis</i> 'Pendula'	1	1x
<i>Euonymus alata</i>	26	1x
<i>Euonymus fortunei</i>	8	2x
<i>Euonymus fortunei radicans</i>	1	1x
<i>Cotoneaster cf. praecox</i>	4	2x
<i>Potentilla fruticosa</i>	1	1x
<i>Prunus laurocerasus</i>	2	1x
<i>Prunus serrulata</i>	1	1x
<i>Rosa chinensis</i> -Hybride	5	1x
<i>Rosa spec.</i>	3	2x
<i>Spiraea multiflora</i>	30	1x
<i>Bergenia</i> -Hybride	2	1x
<i>Cornus sanguinea</i>	6	2x
<i>Cornus sericea</i>	2	1x

*Otiorhynchus smreczynskii* zeigte eine ausgeprägte Vorliebe für *Ligustrum vulgare* und *Syringa vulgaris*; auch *Symphoricarpos*-Arten und der Bodendecker *Lonicera pileata* wurden häufig besiedelt. Im Georgengarten in Hannover trat die Art auch an einer *Spiraea*-Art in größerer Anzahl auf. Dabei handelte es sich nicht um die häufigen *S. x vanhouttei* oder *S. japonica*, die gemieden werden, sondern um *Spiraea multiflora*. Einmal waren unter stark befressenen Rosen (*Rosa chinensis*-Hybride) in einer Baumschule in Frankfurt/Oder mehrere frisch geschlüpfte Käfer zu sieben. In unmittelbarer Nähe befand sich eine stark besiedelte Ligusterhecke, so dass es hier durch den starken Populationsdruck zu einer lokalen Adaptation an Rose gekommen sein könnte. Rosen waren ansonsten nur selten besiedelt. Es ist auffallend, dass an einem Großteil der Pflanzen nur wenige Käfer gefunden wurden. Ob dies selten genutzte, weniger geeignete Wirte sind oder nur Zufallsfunde wandernder Käfer, muss offen bleiben. Auch Nahrungspflanzenstudien im Labor helfen zur Klärung dieser Frage nicht weiter, weil das unter Laborbedingungen zu ermittelnde Nahrungspflanzenspektrum in der Regel wesentlich größer ist als das im Freiland genutzte Wirtsspektrum.

**Tabelle 1.5: Im Rahmen des Monitorings ermitteltes Wirtspflanzenspektrum von *Otiorhynchus porcatus***

Pflanzenarten/-sorten	Imagines	Larvennachweise
<i>Primula elatior</i>	11	1
<i>Primula veris</i>	34	71
<i>Primula vulgaris</i> -Hybriden	12	116
<i>Primula denticulata</i>	1	0
<i>Primula pruhoniciana</i>	2	112
<i>Lysimachia ciliata</i> 'Firecracker'	4	0
<i>Lysimachia clethroides</i>	0	2
<i>Convallaria majalis</i>	10	1*
<i>Hosta lancifolia</i>	5	0
<i>Liriope exiliflora</i>	1	0
<i>Ophiopogon planiscapus</i> 'Nigrescens'	2	0
<i>Reineckea carnea</i>	34	0
<i>Geum montanum</i> 'Diana'	2	68
<i>Geum chiloense</i> 'Feuerball'	0	11
<i>Geum urbanum</i>	3	0
<i>Epimedium spec.</i>	1	0
<i>Astilbe spec.</i>	2	0
<i>Bergenia cordifolia</i>	1	28
<i>Heuchera sanguinea</i>	1	8
<i>Tellima grandiflora</i>	5	4**
<i>Lythrum salicaria</i>	0	1
<i>Phlox maculata</i> 'Alpha'	1	1
<i>Phlox spec.</i>	1	0
<i>Knautia macedonica</i>	20	0
<i>Knautia drymeia</i>	4	0
<i>Knautia dipsacifolia</i>	1	0
<i>Aster macrophyllus</i>	1	0
<i>Eupatorium cannabinum</i>	0	8
<i>Solidago rugosa</i>	1	0

\*: Alle Larvennachweise aus Blumentöpfen mit Ausnahme eines Larvenfundes unter *Convallaria majalis* im Berggarten in Hannover; dieser ist jedoch nicht verifiziert (*O. porcatus* trat hier zusammen mit *Barynotus moerens* auf, dessen Larven noch unbekannt sind); \*\*: + 328 Larven aus einer Zucht mit *Tellima grandiflora*.

Das Wirtspflanzenspektrum von *Otiorhynchus porcatus* kann hier aufgrund der Nachweise und Beobachtungen von Imagines und Larven recht gut charakterisiert werden. Die Art besiedelt ausschließlich krautige Pflanzen und hat eine Vorliebe für *Primula*-Arten, Steinbrechgewächse (*Heuchera*, *Tellima*, *Bergenia*), Rosengewächse der Gattung *Geum*, diverse meist kleinere Ruscaceae bzw. Asparagaceae (*Convallaria majalis*, *Hosta lancifolia*, *Reineckea carnea*, *Ophiopogon* und *Liriope*), Dipsacaceae (*Knautia*), Polemoniaceae (*Phlox*) sowie sicher noch weitere als die hier aufgeführten Korbblütler (z.B. *Aster*, *Eupatorium*). *Aster* ist als Wirtspflanze gesichert, weil der dort gefundene Käfer hell gefärbt war und gerade geschlüpft sein muss. Die Art gehört zu den relativ wenigen einheimischen *Otiorhynchus*-Arten, die den Weg aus natürlichen Lebensräumen mit *Primula*-Arten (wie z.B. Kalkbuchenwälder) in die Topfkulturen der Gärtnereien geschafft hat und auf diese Weise ihr Areal vor allem in Norddeutschland erheblich erweitern konnte. Erst kürzlich wurde sie auch nach Nordamerika eingeschleppt (MAJKA & MCIVOR 2009).

**Tabelle 1.6: Im Rahmen des Monitorings durch Klopfproben (incl. Nachtfängen) und Topfsuche ermitteltes Wirtspflanzenspektrum von *Otiorhynchus armadillo* und *Otiorhynchus salicicola***

Pflanzenarten/-sorten	<i>Otiorhynchus salicicola</i>		<i>Otiorhynchus armadillo</i>	
	Anzahl	Häufigkeit	Anzahl	Häufigkeit
<i>Abies koreana</i>			1	1x
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1	1x		
<i>Amelanchier lamarckii</i>			1	1x
<i>Astilbe japonica</i> 'Red Sentinel'			14	4x
<i>Astilbe</i> spp.			26	3x
<i>Bergenia cordifolia</i> 'Glockenturm'			8	6x
<i>Bergenia</i> -Hybriden			11	5x
<i>Carpinus betulus</i>			2	2x
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	1	1x	2	1x
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> 'Columnaris'	17	2x		
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (gelbe Sorten)			4	2x
<i>Chiastophyllum oppositifolium</i>			5	1x
<i>Cornus sanguine</i>			4	1x
<i>Corylus avellana</i>			16	2x
<i>Cotoneaster cf. dammeri</i>	3	1x	15	1x
<i>Crataegus monogyna</i>			2	1x
<i>Cupressocyparis leylandii</i>			2	1x
<i>Euonymus europaea</i>			20	1x
<i>Euomyrus fortunei</i>			343	3x
<i>Euonymus fortunei</i> Emerald 'n' Gold	11	3x		
<i>Fagus sylvatica</i>	1	1x		
<i>Hedera helix</i>	107	9x	16	3x
<i>Hedera helix hibernica</i>	4	1x		
<i>Hedera helix</i> 'Kolibri'	2	1x	3	1x
<i>Ilex altaclarensis</i>	3	1x		
<i>Ilex aquifolium</i>	7	1x		
<i>Juniperus virginiana</i>			1x	1x
<i>Juniperus virginiana</i> 'Burkii'			7x	3x
<i>Juniperus scopulorum</i>			1x	1x
<i>Laurus nobilis</i>			3x	1x
<i>Ligustrum ovalifolium</i>	5	3x		
<i>Ligustrum vulgare</i>	4	2x	23	2x
<i>Lonicera henryi</i>			3	2x
<i>Lonicera japonica</i> 'Halliana'			2	1x
<i>Lonicera pileata</i>	3	1x		
<i>Mahonia aquifolium</i>			15	1x
<i>Picea abies</i>	1	1x	5	1x
<i>Picea abies</i> 'Ohlendorffii'			1	1x
<i>Picea abies</i> 'Variegata'			2	1x
<i>Picea omorika</i> 'Nana'			2	1x
<i>Picea orientalis</i>			2	1x
<i>Picea pungens</i>			1	1x
<i>Potentilla fruticosa</i>	1	1x		
<i>Primula</i> -Hybride			1	1x
<i>Prunus domestica</i>			15	1x
<i>Prunus laurocerasus</i>	5	3x	40	9x

Pflanzenarten/-sorten	<i>Otiorhynchus salicicola</i>		<i>Otiorhynchus armadillo</i>	
	Anzahl	Häufigkeit	Anzahl	Häufigkeit
<i>Prunus laurocerasus</i> 'Etna Anbri'	1	1x		
<i>Pyracantha coccinea</i>	5	1x		
<i>Rhododendron catawbiense</i> -Hybride	26	2x	3	2x
<i>Rhododendron</i> -Hybride 'Diderk'	3	1x		
<i>Rhododendrom luteum</i> -Hybride			1	1x
<i>Rosa rugosa</i>			1	1x
<i>Rosa</i> -Hybride	1	1x		
<i>Rubus fruticosus</i>	1	1x		
<i>Spiraea japonica</i> 'Anthony Waterer'			2	1x
<i>Syringa x hyacinthiflora</i> 'Forrest Kresser Smith'			1	1x
<i>Syringa vulgaris</i>			1	1x
<i>Taxus baccata</i>	3	1x	1	1x
<i>Taxus media</i>	1	1x		
<i>Thuja occidentalis</i>	12	2x	34	5x
<i>Thuja occidentalis</i> 'Brabant'			4	2x
<i>Thuja occidentalis</i> 'Elegantissima'			9	2x
<i>Thuja occidentalis</i> 'Smaragd'	13	2x	28	8x
<i>Thuja occidentalis</i> 'Sunkist'			2	1x
<i>Thuja plicata</i>	9	2x	1	1x
<i>Thujopsis dolabrata</i> 'Nana'			2	1x
<i>Tsuga Canadensis</i>			2	1x
<i>Viburnum tinus</i>			1	1x
<i>Weigelia florida</i>	1	1x	1	1x
<i>Weigelia middendoriana</i>			5	2x
<i>Xanthocyparis nootkatensis</i> 'Pendula'			11	3x

Die Wirtspflanzenspektren von *Otiorhynchus armadillo* und *O. salicicola* sind prinzipiell ähnlich und breit bzw. sehr breit. Gehölze spielen für beide Arten eine wesentliche Rolle. Im Falle von *O. salicicola* wurde keine Nutzung von Stauden beobachtet, was aber darauf zurückzuführen sein dürfte, dass diese in den beiden untersuchten Baumschulen mit größerem *O. salicicola*-Vorkommen kaum vertreten waren. Der Nachweis von *O. armadillo* an Stauden gelang auch erst 2011, als noch eine Baumschule mit umfangreichem Staudenbereich in die Erhebungen einbezogen werden konnte. Zu den bevorzugten Gattungen gehören zahlreiche Nadelgehölze wie *Chamaecyparis*, *Thuja* oder *Picea* und sicher noch weitere. Ansonsten waren *Prunus laurocerasus*, *Ligustrum vulgare*, *Hedera helix* und auch *Weigelia* von beiden Arten genutzte Gehölze. In Mühlacker wurde eine große Population von *O. armadillo* an *Euonymus fortunei* beobachtet; diese Pflanzenart erwies sich auch für die Zucht von *O. salicicola* als sehr gut geeignet.

**Tabelle 1.7: Durch Klopfproben im Rahmen des Monitorings ermitteltes Wirtspflanzenspektrum von *Otiorhynchus crataegi***

Pflanzenarten/-sorten	Nachtfang		Tagfang	
	Anzahl	Häufigkeit	Anzahl	Häufigkeit
<i>Aesculus hippocastanum</i>	4	1x		
<i>Astilbe arendsii</i> 'Brautschleier'	31	1x		
<i>Berberis frikartii</i> 'Amstelveen'	4	1x		
<i>Berberis spec.</i>	1	1x		
<i>Berberis thunbergii</i>	11	1x		
<i>Berberis verruculosa</i>	11	2x	1	1x
<i>Bergenia</i> -Hybride	2	2x		
<i>Buxus sempervirens</i>	9	1x		
<i>Carpinus betulus</i>	1	1x		
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>			13	5x
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> 'Stardust'	2	1x	3	2x
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> 'Columnaris'			7	2x
<i>Chamaecyparis obtusa</i> 'Minoki'			1	1x
<i>Cornus sanguinea</i>	2	1x		
<i>Cornus sericea</i>	1	1x		
<i>Corylus avellana</i> 'Contorta'			2	1x
<i>Cotoneaster dammeri</i>	1	1x	17	1x
<i>Cotoneaster cf. praecox</i>	6	2x		
<i>Cotoneaster dielsianus</i>	2	1x		
<i>Cotoneaster salicifolius</i>	1	1x		
<i>Cupressocyparis leylandii</i>			21	3x
<i>Euonymus fortunei</i>	34	5x	14	1x
<i>Euonymus fortunei</i> 'Emerald 'n' Gold'	9	1x	2	1x
<i>Forsythia x intermedia</i>	4	2x	19	2x
<i>Fraxinus spec.</i>	2	1x		
<i>Hedera helix</i>	5	1x	2	2x
<i>Kerria japonica</i>	6	2x		
<i>Laurus nobilis</i>	3	2x	5	1x
<i>Ligustrum ovalifolium</i>			4	1x
<i>Ligustrum vulgare</i>	69	13x	10	3x
<i>Lonicera henryi</i>	8	2x		
<i>Lonicera nitida</i>	1	1x		
<i>Lonicera pileata</i>	47	10x		
<i>Mahonia aquifolium</i>	9	4x		
<i>Paeonia officinalis</i>			20	1x
<i>Potentilla fruticosa</i>	1	1x		
<i>Prunus laurocerasus</i>	36	3x		
<i>Prunus serrulata</i>	2	1x		
<i>Rhododendron luteum</i>	17	1x		
<i>Rhododendron ponticum</i> -Hybride	4	1x		
<i>Rhododendron</i> -Hybride	4	1x		
<i>Rodgersia podophylla</i>	1	1x		
<i>Rosa chinensis</i> -Hybride	1	1x		
<i>Rosa rugosa</i>	2	1x		

Pflanzenarten/-sorten	Nachtfang		Tagfang	
	Anzahl	Häufigkeit	Anzahl	Häufigkeit
<i>Spiraea japonica</i>			1	1x
<i>Symphoricarpos albus</i>	15	6x		
<i>Symphoricarpos x chenaultii</i>	19	3x		
<i>Syringa vulgaris</i>	10	2x		
<i>Taxus baccata</i>	877	16x	179	4x
<i>Thuja occidentalis</i>	157	9x	143	17x
<i>Thuja occidentalis</i> 'Columna'	6	2x		
<i>Thuja occidentalis</i> 'Smaragd'	140	5x	29	5x
<i>Thuja orientalis</i>	11	1x		
<i>Thujopsis dolabrata</i>	6	1x		
<i>Viburnum bodnantense</i>	3	1x		
<i>Viburnum burkwoodi</i>	11	3x		
<i>Viburnum farreri</i>	3	3x		
<i>Viburnum spec.</i>	1	1x		
<i>Weigelia florida</i>	2	2x		
<i>Xanthocyparis nootkatensis</i>			1	1x

Beim Durchsuchen von Blumentöpfen bzw. Pflanzkübeln wurde noch je ein Exemplar an *Bergenia cordifolia* 'Red Sentinel' bzw. *Photinia x fraseri* gefunden

Das Wirtspflanzenspektrum von *O. crataegi* umfasst eine Vielzahl von Gehölzen, während krautige Pflanzen nahezu vollständig fehlen, die besiedelten Gattungen (*Astilbe*, *Bergenia* und *Paeonia*) haben verholzte Rhizome bzw. sehr dicke Wurzeln. Unter den Nadelgehölzen nehmen die Eiben- und Zypressengewächse einen wichtigen Platz ein, während unter den Laubgehölzen Gattungen wie *Berberis*, *Cotoneaster*, *Euonymus*, *Forsythia*, *Ligustrum*, *Prunus*, *Rhododendron*, *Symphoricarpos*, *Syringa*, *Viburnum* und auch *Lonicera* zu nennen sind. Sicher ist damit das Gattungsspektrum noch längst nicht vollständig bekannt, da zahlreiche Gattungen nur selten beprobt werden konnten. *O. crataegi* gehört zu den wenigen Arten, die überhaupt einmal von *Buxus* geklopft werden konnten. Diese Strauchgattung gehört wie *Sambucus* zu den von den meisten Bodenrüsslern gemiedenen. Bemerkenswert ist, dass gerade an *Taxus*, der nur von wenigen Arten besiedelt wird, hohe Dichten erreicht werden können. Warum in einer Baumschule in Bad Zwischenahn, in der *O. crataegi* an *Taxus* sehr häufig auftritt, der in der näheren Umgebung an *Taxus* sehr häufige *O. sulcatus* praktisch völlig fehlt bzw. sich gegen *O. crataegi* nicht durchsetzen kann, ist ungeklärt.

### Schadrüssler-CD

Die Herausgabe einer CD Rom mit einem digitalen Bildbestimmungsschlüssel mit den 40 wichtigsten phytopathologisch relevanten Bodenrüsslern ist für Ende Mai 2012 geplant. Darin werden auch eine Fotodokumentation zur Biologie der Arten, ein Glossar und ein umfangreiches Literaturverzeichnis enthalten sein. Verbundzwischenberichte, Poster und bereits erschienene Publikationen können dort ebenfalls untergebracht werden.

### Entwicklungszyklen

Die Sammlung von Daten zur Entwicklung potenziell schädlicher Bodenrüssler gehörte zu den primären Zielen des Projekts, da ein gezielter Einsatz von entomopathogenen Nematoden nur möglich ist, wenn bekannt ist, wann die empfindlichen Entwicklungsstadien (Larven und Puppen) vorhanden sind. Besonders die Kenntnis des Verpuppungszeitraums ermöglicht einen gezielten Einsatz von EPN und kann wesentlich zur Klärung des Entwicklungszyklus beitragen. Grundlegende Daten wurden auch aus regelmäßigen Fängen zum zeitlichen Auftreten (Phänologie) der Imagines, z.B. mittels Bodenfallen oder regelmäßig durchgeführten Klopfproben, sowie aus der Erfassung des Auftretens immaturer Käfer gewonnen. In den Grafiken zur Phänologie ist jeweils durch ein „\*“ angegeben, wann immature Käfer nachgewiesen wurden.



Abbildung 1.2: *Otiorhynchus armadillo*: Eier, Puppe, Larve, frisch geschlüpfter Käfer mit Mandibelzähnen und Imago im Reitsitz beim Fraß an *Euonymus fortunei*.

### Daten zur Entwicklung von *Otiorhynchus crataegi*

Diese kleinere, ca. 5,5-6 mm große Bodenrüsslerart ist zwar als Besiedler von Blumentöpfen nur ausnahmsweise in Erscheinung getreten, sie kann jedoch als polyphager Besiedler zahlreicher Sträucher und Bäume in Baumschulen durchaus höhere Dichten erreichen, wie vor allem in Bad Zwischenahn zu beobachten war. Wir rechnen die Art deshalb zu den Arten mit mittlerem bis höherem Schadpotenzial.

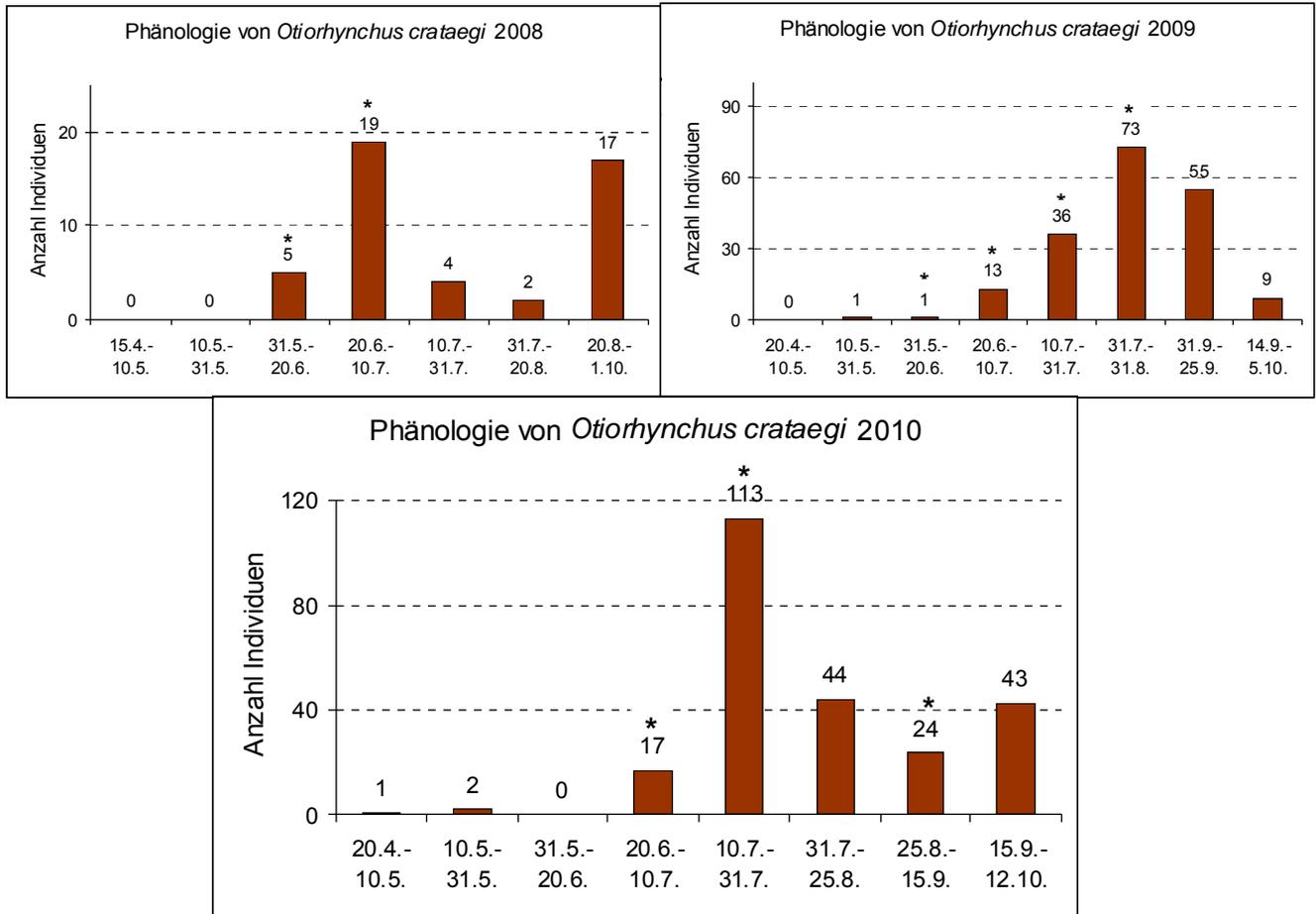


Abbildung 1.3 a-c: Zeitliches Auftreten von *Otiorynchus crataegi* nach Bodenfallenfängen 2010 (\*: nicht ausgehärtete Käfer vorhanden).

Der Entwicklungszyklus dieser Art, der bisher noch nicht näher untersucht worden war, kann durch die im Rahmen des Monitorings erzielten Ergebnisse insgesamt als gut bekannt bezeichnet werden, auch wenn eine Larvensuche nur stichprobenartig durchgeführt werden konnte. Das zeitliche Auftreten der Imagines (incl. nicht ausgehärteter Käfer) in den Jahren 2008 bis 2010 zeigen die Abbildungen 1.3 a-c.

Ab Ende Juli beginnt die Haupt-Eiablage; einzelne Tiere, Überwinterer, legen diskontinuierlich auch schon im Juni oder Anfang bis Mitte Juli ab. Die Eiablage kann sich in günstigen Jahren wahrscheinlich bis in den Oktober hinein erstrecken. Die Larve überwintert nach den Beobachtungen vom März 2010 aus Bad Zwischenahn in einem jüngerem Stadium (Tabelle 1.8).

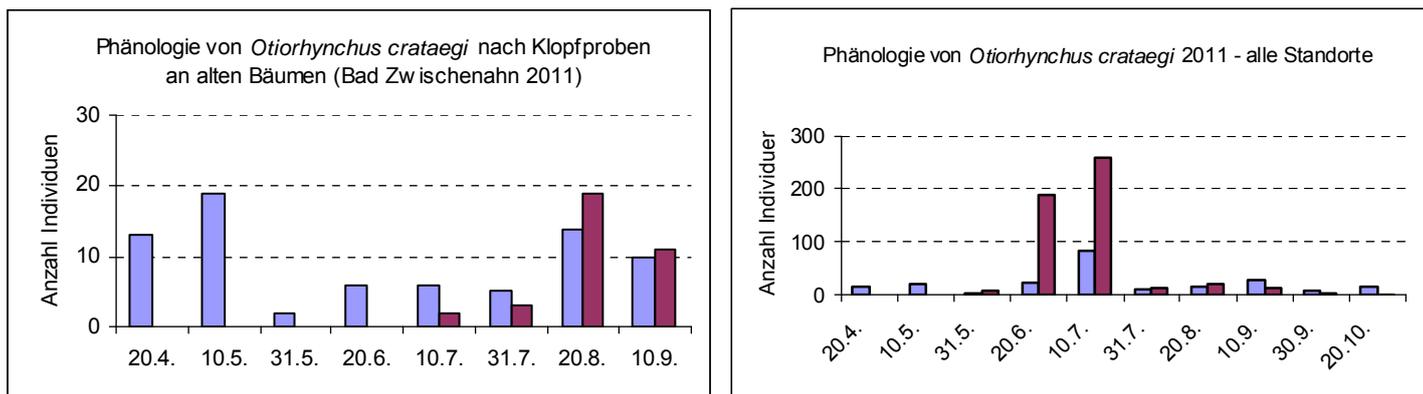


Abbildung 1.4 a und b: Phänologie von *Otiorhynchus crataegi* nach Klopfproben an alten Bäumen und an allen Standorten (einschließlich der Fänge an jungen Eiben in Bad Zwischenahn) (hellblau: ausgehärtet, violett: immatur).

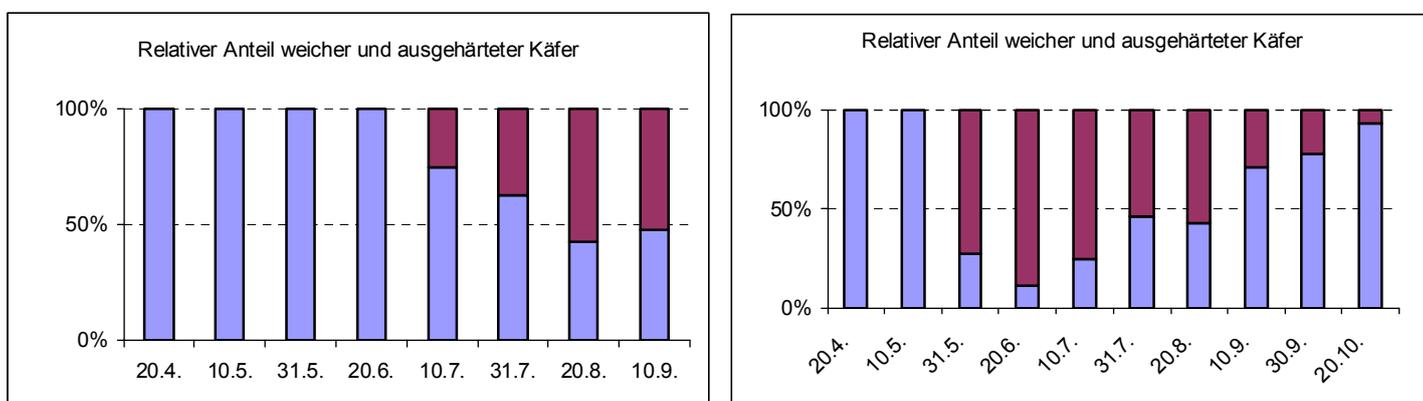


Abbildung 1.5 a und b: Relativer Anteil weicher, nicht ausgehärteter Käfer (*Otiorhynchus crataegi*) in den Klopfproben an alten Bäumen (links) und an allen Standorten (einschließlich der Fänge an jungen Eiben in Bad Zwischenahn) (hellblau: ausgehärtet, violett: immatur).

Tabelle 1.8: Ergebnisse der Grabungen nach *Otiorhynchus crataegi*-Larven unter alten *Taxus*-Bäumen in Bad Zwischenahn

Baumart	Datum	Larven	Puppen	Adulte	Bemerkungen
<i>Taxus media</i>	29.3.2010	12	0	0	L ziemlich klein, 1 etwas größer; in 0-10 cm Tiefe (vorwiegend)
<i>Taxus media</i>	29.3.2010	4	0	0	L klein; in 10-20 cm Tiefe
<i>Taxus baccata</i>	2.6.2010	20	0	0	L ausgewachsen (mittelgroß); in 5-25 cm Tiefe; am 11.6. waren 8 von 9 weitergezüchteten Larven bereits verpuppt (eine tot)
<i>Taxus baccata</i>	29.3.2011	0	0	0	1 Grabung unter <i>Taxus</i> erfolglos
<i>Taxus baccata</i>	10.6.2011	2	3	0	Grabung bis zu 50 cm; meiste Individuen in 5-30 cm Tiefe
<i>Taxus media</i>	10.6.2011	1	4	0	

Die Identität von 2 Larven von *Taxus media* vom 29.3.2010 wurde durch J. Hirsch mittels Fingerprinttechnik bestätigt.

Eine Larvensuche erbrachte vorwiegend kleine Tiere; bis Anfang Juni erreichen die Larven durch Fraß an den Wurzeln das letzte Larvenstadium und verpuppen sich anschließend. Die ersten Jungkäfer erscheinen im letzten Junidrittel oder Anfang Juli; das Auftreten nicht ausgehärteter Käfer kann sich dann jedoch bis fast zum Ende der Aktivitätsperiode der Imagines erstrecken (Abbildung 1.4 und 1.5).

Eine stärkere Abweichung von diesem Schema konnte 2011 beobachtet werden. So war ein Auftreten weicher, heller, gerade geschlüpfter Käfer bereits am 10.6. festzustellen, d.h. ca. 3 Wochen früher, wenn man statt der alten, bis zum beasteten Bäume die jungen, ca. 2-4 m hohen, schmalen, unbeasteten Eiben (Zierschnitt: spirale Wuchsform) beprobte, in deren Umgebung der Sandboden vegetationslos war und sich optimal erwärmen konnte (Abbildung 1.4b und 1.5b). Hier wirkten sich offenbar vor allem die hohen April-Temperaturen stark beschleunigend auf die Larvalentwicklung aus, was an den mehr oder weniger benachbarten Standorten mit hohen, breiten und dicht bis zum Boden benadelten Bäumen nicht feststellbar war. Die Apriltemperatur lag 2011 in Niedersachsen 4-5 K über dem langjährigen Mittel, und die Maitemperatur war 1-2 K höher; siehe:

<http://www.gdhn.de/frame.php3?artikel=http://www.gdhn.de/klimaseite.html>.

Während in den Bodenfallen immer nur wenige Überwinterer auftraten, d.h. ausgehärtete Käfer in den Monaten April und Mai, war deren Anteil in den Klopfproben deutlich höher (vgl. Abbildung 1.3 und 1.4a). Dies wird dahingehend interpretiert, dass die Käfer sich im Frühjahr aufgrund ihres Wärmebedürfnisses auch tagsüber in größerer Anzahl im Innern der dicht belaubten Wirtspflanzen aufhalten als im Sommer, wenn Trockenheit und Wärme tagsüber einen stärkeren Rückzug der Käfer in den Boden erzwingen (die Klopfprobendaten aus Abbildung 1.4a stammen ausschließlich aus während des Tages durchgeführten Fängen).

## Folgerungen

Aus den Daten zur Entwicklung kann man ableiten, dass der günstigste Zeitraum für eine Nematoden-Gießbehandlung in den Monaten April und Mai (bis etwa Mitte Juni) liegt. Besonders ungünstig wäre der Zeitraum, wenn der Großteil der Imagines gerade geschlüpft ist, aber die Eiablage noch nicht begonnen hat, also vor allem der Juli. Auch der August ist sicher nur bedingt geeignet, da sich die Eiablage mit höherer Intensität bis einschließlich September (und in Abhängigkeit von den Herbsttemperaturen wahrscheinlich bis in den Oktober hinein) fortsetzt. Der September käme für eine zweite Behandlung noch in Betracht, die Frühjahrsbehandlung dürfte jedoch einen größeren Effekt haben.

Der Fall mit dem um einige Wochen früheren Erscheinen der Käfer an den kleinen Eiben mit offenem Boden, überwiegend voll besonntem Wurzelraum bei zugleich überdurchschnittlich hohen Apriltemperaturen dürfte den für eine Behandlung in Betracht kommenden Zeitraum im Frühjahr erheblich verkürzt haben, nämlich um ca. 3 Wochen, so dass hier eine Gießbehandlung gegen *Otiorhynchus crataegi* bis etwa Ende April oder spätestens Mitte Mai erfolgen müsste. Bei dem Vergleich der Abbildungen 1.3 und 1.4a ist zu beachten, dass sich Bodenfallendaten und Klopfproben immer auf die alten, den Wurzelraum beschattenden Bäume beziehen. Nur in Abbildung 1.4b sind die jungen Eiben einbezogen. Darüber hinaus sind die beiden Probenahmetermine mit den hohen Zahlen frisch geschlüpfter Käfer (10.6. und 12.7.2011) aus Darstellungsgründen dem 20.6. bzw. 10.7. zugeordnet worden.

Für eine Behandlung begünstigend dürfte der Befund sein, dass der größte Teil der Larven relativ oberflächennah gefunden wurde (Vergleich Tabelle 1-8). Tiefes Graben über 25 cm hinaus erbrachte nur noch wenige weitere Larven. Jedoch könnte nur durch Ausroden von Bäumen sicher festgestellt werden, ob sich im unteren Wurzelraum ebenfalls noch Käfer entwickeln.

Die Art wurde auch bereits im Versuch durch die Kollegen in Ellerhoop auf ihre Empfindlichkeit gegenüber EPN getestet. Gut schnitten dabei *Heterorhabditis downesi* und *H. megidis* ab. Klaus Schrameyer konnte in einem Versuch mit Nematop und Nemaplus keinen Effekt im Feldversuch feststellen, obwohl die beiden von ihm gewählten Behandlungstermine mit den hier empfohlenen übereinstimmten (April, September). *Otiorhynchus crataegi* kam jedoch in einer Mischpopulation mit *O. smreczynskii* vor und machte nur ca. 30% der Individuen aus.

### Daten zur Entwicklung von *Otiorhynchus rugosostriatus*

Hier angeschlossen wird *Otiorhynchus rugosostriatus*, da die Entwicklung dieser Art offensichtlich mit der von *O. crataegi* vergleichbar ist.

Diese Art kam nur an einem Standort in größerer Anzahl vor, und zwar in einer Staudengärtnerei in Wiesbaden, wo sie sehr häufig in einem Rutenhirsenfeld auftrat und von dort auch in eine benachbarte *Paeonia*-Kultur einstrahlte. Gerhard Kubach (FA Geisenheim), der die Phänologie aufgrund eines umfangreicheren Datenmaterials genauer untersuchen konnte, überließ mir die Fänge aus 8 Bodenfallen des Jahres 2009 zur Auswertung. Frisch geschlüpfte Tiere konnten unter diesen Käfern nur im Juni und Juli nachgewiesen werden, 2011 wurde außerdem ein noch weicher Käfer in der ersten Augusthälfte (5.8.) im Botanischen Garten in Freising gefunden. Damit dürfte die Hauptschlupfphase gut umrissen sein. Wie bei *O. crataegi*, konnten auch überwinterte Imagines nachgewiesen werden. Gerhard Kubach fand ausgehärtete Käfer bereits Mitte April in Wiesbaden, und eigene Fänge in einem Park in Hannover bzw. einer Staudengärtnerei bei Hildesheim datieren vom 6.4. bzw. 14.5.

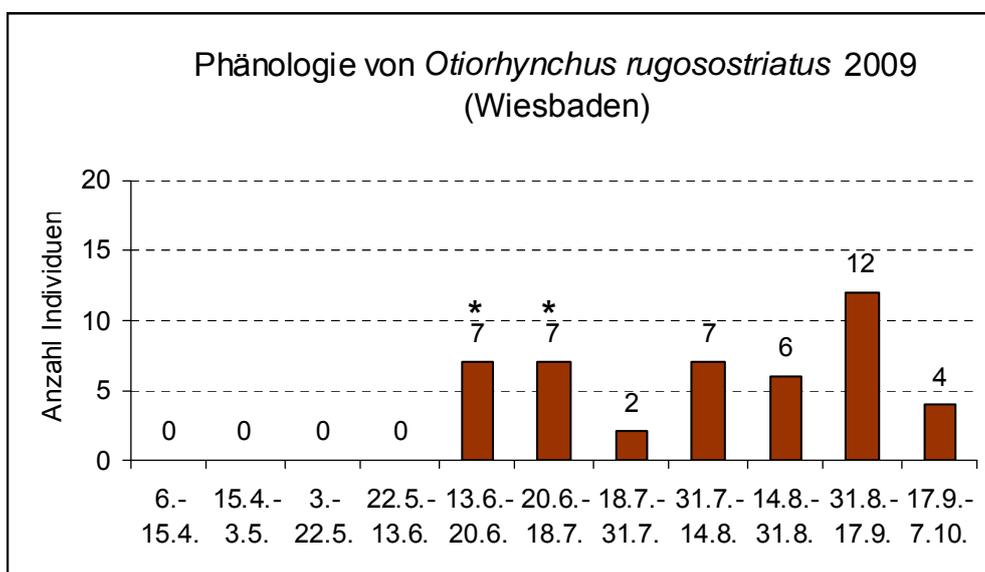


Abbildung 1.6: Zeitliches Auftreten von *Otiorhynchus rugosostriatus* nach Bodenfallenfängen 2009 in Wiesbaden (\*: nicht ausgehärtete Käfer vorhanden).

Aufgrund des starken Auftretens in Wiesbaden wurde hier 2011 an drei Terminen nach den präimaginalen Stadien gesucht, was sich als mühsam erwies, aber an zwei Terminen doch einige Nachweise erbrachte (Tabelle 1.9). Gerhard Kubach (mündl. Mitteilung) berichtete von einer starken Abnahme der Käfer 2011 im Vergleich zu den Vorjahren, was mit den spärlichen Larven- und Puppenfunden in Einklang steht.

**Tabelle 1.9: Ergebnisse der Grabungen nach *Otiorhynchus rugosostriatus*-Larven in einem *Panicum virgatum*-Feld in Wiesbaden-Schierstein**

Probestellen	Datum	Larven	Puppen	Adulte	Bemerkungen
1 und 2	28.4.2011	1	0	0	Larve ausgewachsen; in ca. 20 cm Tiefe
3	28.4.2011	1	0	0	Bis ca. 40 cm tief gegraben
4	28.4.2011	5	0	0	Alle Larven ausgewachsen; zwischen 15 und 40 cm tief im Boden
1-2	31.5.2011	0	0	0	bis ca. 40 cm tief gegraben
4	31.5.2011	2	1	1	1 weiße, soeben geschlüpfte Imago; alle ca. 30-40 cm tief im Boden
5	31.5.2011	1	1	0	Puppe 20 cm, Larve in 30 cm Tiefe
1 bis 8	29.6.2011	0	0	0	Bis ca. 45 cm tief gegraben

Bemerkenswerterweise waren alle 7 am 28.4.2011 ausgegrabenen Larven bereits im letzten Stadium, wie an der Körper- und Kopfgröße gut zu erkennen ist. Bereits 4 Wochen später wurden auch zwei Puppen und ein noch weißer, soeben geschlüpfter Käfer gefunden. Wiederum 4 Wochen danach waren trotz einer nochmals deutlichen Steigerung der Bemühungen keinerlei Larven- oder Puppennachweise mehr zu erbringen. Offensichtlich waren die Käfer zu diesem Zeitpunkt bereits weitestgehend geschlüpft und hatten den Boden verlassen. Dies stimmt auch gut mit dem Auftreten frisch geschlüpfter Käfer überein (vgl. Abbildung 1.6), obwohl die Daten nicht aus demselben Jahr (aber vom selben Fundort) stammen.

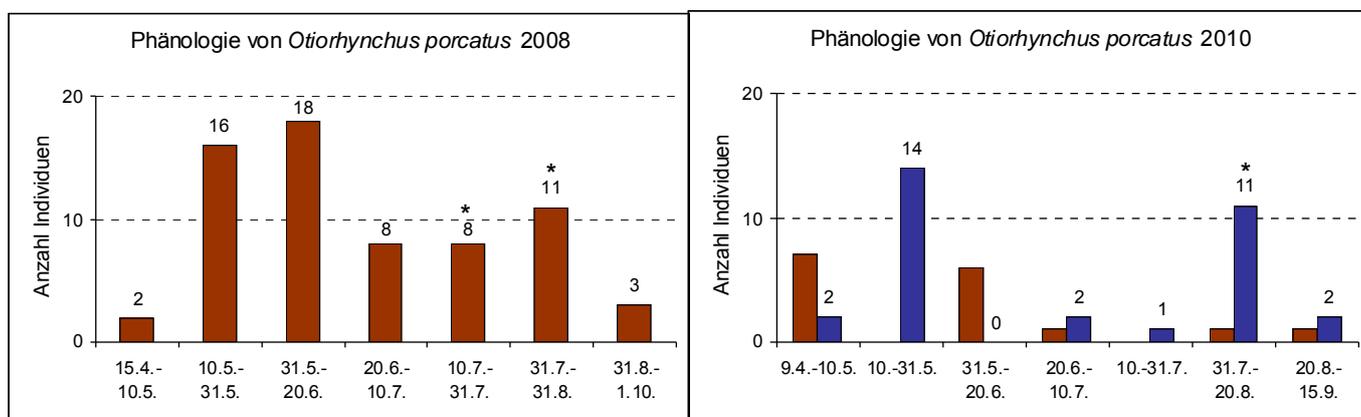
#### Hinweise / Folgerungen

Eine mögliche Bekämpfung der Art würde im Frühjahr, wie für *Otiorhynchus crataegi* empfohlen, erfolgen können (April, Mai). Ein weiterer Termin im September kann dagegen aufgrund der derzeitigen Datenlage nicht uneingeschränkt empfohlen werden, da sich die Eiablage aufgrund der phänologischen Daten sehr wahrscheinlich bis weit in den September hinein erstreckt. Hier besteht jedoch noch eine Datenlücke hinsichtlich der Untersuchung der Eiablageaktivität lebender Tiere oder von Bodenfallenfängen in den Monaten September und Oktober.

Insgesamt muss jedoch festgestellt werden, dass im Rahmen des Monitorings keine Hinweise auf eine Schädlichkeit der Art in den untersuchten Anlagen gefunden werden konnten. Selbst aus Wiesbaden, wo bis zu 1000 Käfer pro Jahr gefunden wurden, liegen keine entsprechenden Beobachtungen vor (*Otiorhynchus rugosostriatus* ist aus Südeuropa und Nordamerika als Schädling bekannt). Das Ziergras *Panicum virgatum*, einem kräftigen Getreide vergleichbar, überstand das Vorkommen der Käfer ohne erkennbare Schädigung, und die Art wanderte jeweils nur wenige Meter in das angrenzende Pflanzstrohenfeld ein, wo Fraßschäden vor allem durch *O. raucus* verursacht wurden.

### Daten zur Entwicklung von *Otiorhynchus porcatus*

*Otiorhynchus porcatus* ist eine kleine, bräunliche, streng nachtaktive Art, die sich nur an krautigen Pflanzen entwickelt und daher typischerweise in Staudengärtnereien und nicht in Baumschulen vorkommt. Nur wenn auch Stauden vertrieben werden, kann die Art auftreten. Die Entwicklung war bisher unbekannt und konnte hier erstmals untersucht werden (vgl. DIECKMANN 1980). Es besteht der Verdacht, dass *O. porcatus* als Schädling oft übersehen wird, vor allem, weil die Käfer nicht leicht zu finden sind und oft zusammen mit *Otiorhynchus sulcatus* vorkommen. In den zahlreichen untersuchten Töpfen wurden zwar häufig die weißen Larven, jedoch nur selten einmal adulte Käfer gefunden. Die von ihr verursachten Schäden, insbesondere an *Primula*, aber auch an einigen anderen kleineren Stauden, wie *Tellima*, *Heuchera* oder *Ophiopogon*, können auch zu Verlusten von Pflanzen führen, da die Art wie nur wenige andere in der Lage ist, auch kleine Blumentöpfe zu besiedeln. Diese Schäden dürften bisher in der Regel dem häufigen *O. sulcatus* zugerechnet worden sein.



**Abbildung 1.7 a-b: Zeitliches Auftreten von *Otiorhynchus porcatus* nach Bodenfallenfängen 2008 bzw. Bodenfallen- (braun) und Handfängen (blau) 2010 (\*: nicht ausgehärtete Käfer vorhanden).**

Für die EPN-Versuche wurden in einer Klimakammer im JKI in Braunschweig am 19.5. 2010 auf 140 kleine Blumentöpfe mit *Tellima grandiflora* 39 unmittelbar zuvor im Freiland gesammelte *Otiorhynchus porcatus*-Käfer gesetzt (Geschlecht unbestimmt), die dort Eier ablegen sollten. Bis zum 7.10. 2010 hatten sich bei 18 °C und Langtagbedingungen in diesen Töpfen 328 überwiegend ausgewachsene Larven entwickelt. Von den Käfern, die offensichtlich noch der alten Generation angehörten, wurden 14 wiedergefunden (darunter ein toter). Bei einer ersten Kontrolle einiger Töpfe am 2.8. waren nur wenige kleine Larven gefunden worden.

Die auf Bodenfallenfängen beruhenden Daten zur Phänologie der Imagines weisen frisch geschlüpfte Käfer im Juli und August (2008), im Juli, August und September (2009) und im August (2010) aus (Abbildung 1.7, Abbildung 1.8). Dies ist bemerkenswert und deutet auf einen Synchronisationsmechanismus hin, denn die 2010 durchgeführten Erhebungen zu den präimaginalen Stadien, die durch regelmäßiges Durchsuchen von Blumentöpfen (vor allem *Primula* spp. und *Geum montanum*) gewonnen wurden, ergeben auf den ersten Blick kein so eindeutiges Bild (Abbildung 1.9).

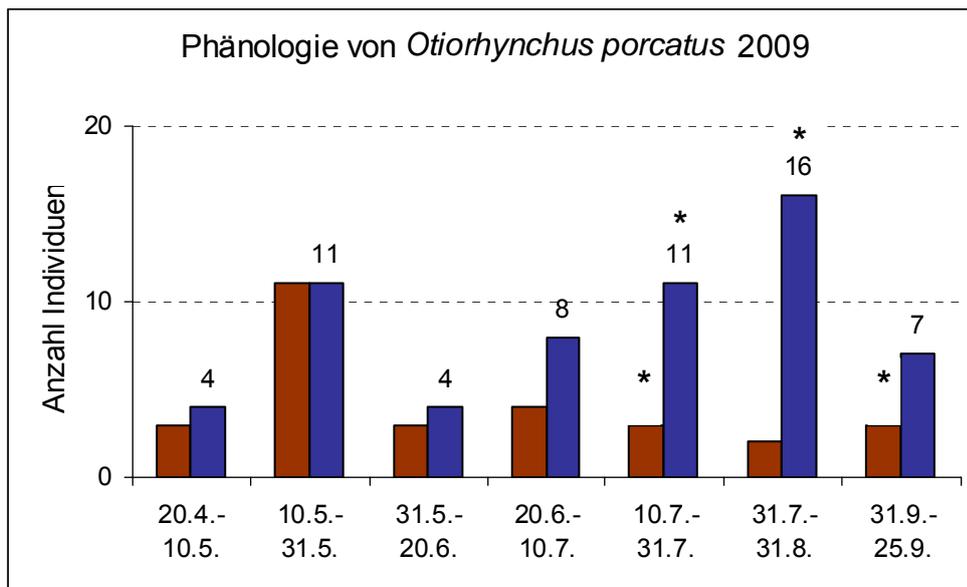


Abbildung 1.8: Zeitliches Auftreten von *Otiorhynchus porcatus* nach Bodenfallen- (braun) und Handfängen (blau) 2009 (\*: frisch geschlüpfte Käfer vorhanden).

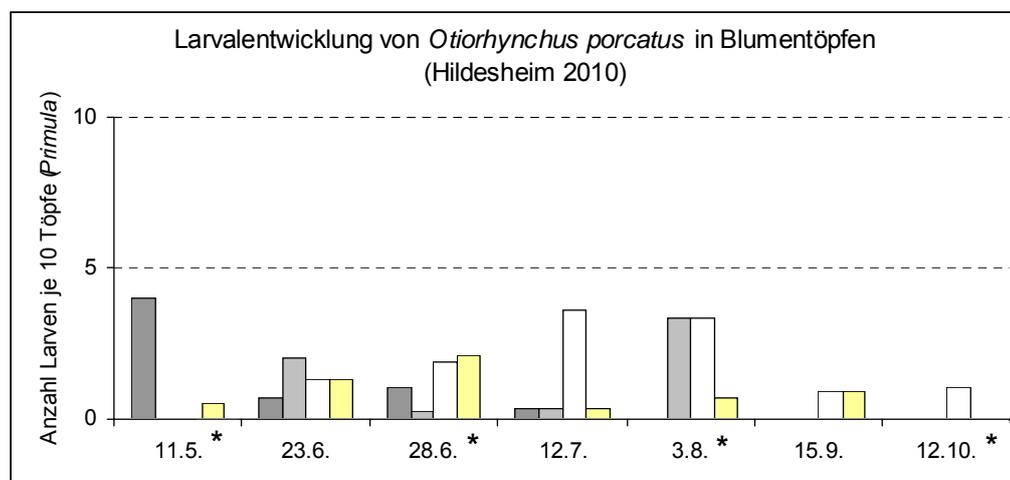
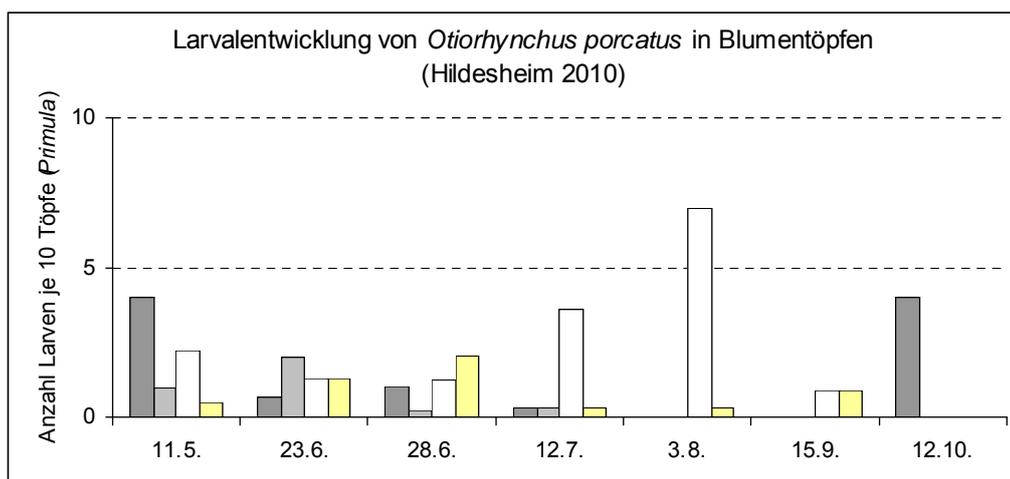
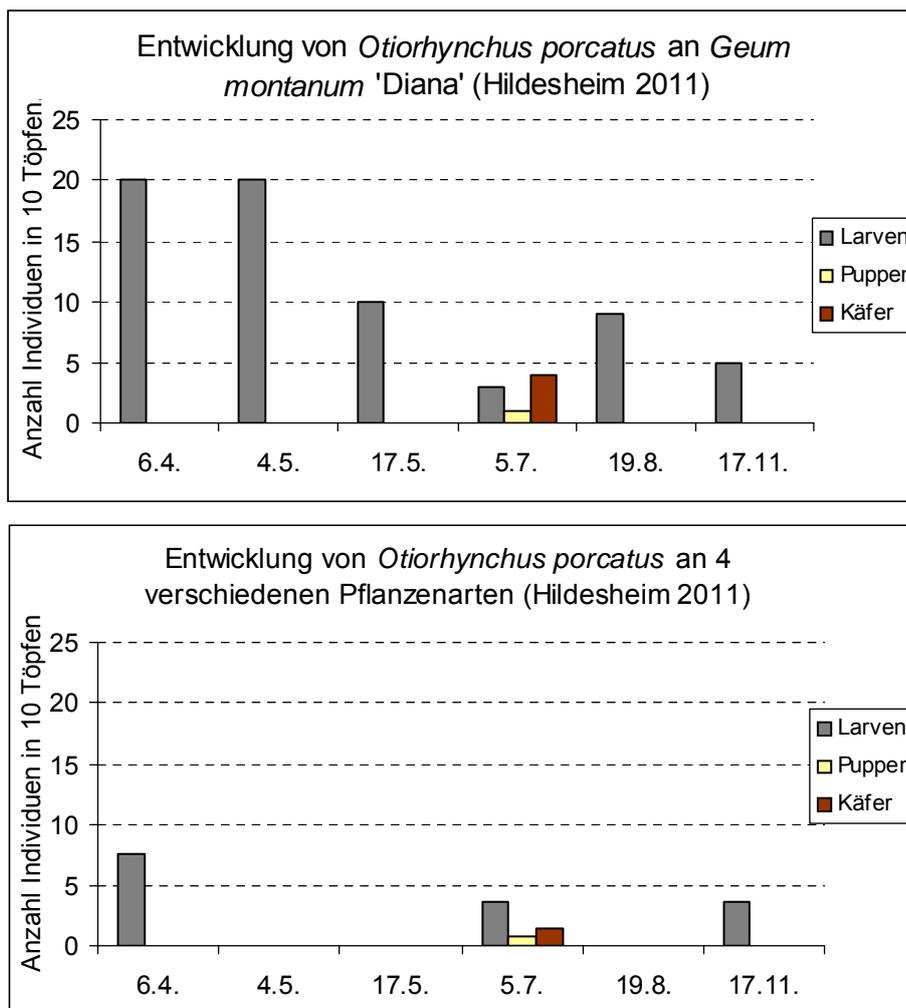


Abbildung 1.9 a-b: Larvalentwicklung von *Otiorhynchus porcatus* in Blumentöpfen mit *Primula veris* und *Primula* spp. Durch R. Gosik überprüfte und korrigierte Daten sind durch „\*“ gekennzeichnet (dunkelgrau: kleine Larven, grau: mittelgroße Larven, weiß: große Larven, gelb: Puppen).

Es ist jedoch ebenfalls festzustellen, dass Puppen vor allem von Ende Juni bis in den September hinein gefunden wurden. Die beiden Puppen vom 11.5. (in 40 Töpfen) waren die einzigen, die bereits im Mai gefunden wurden. Es ist auffällig, dass, obwohl die Art bis in den September hinein Eier im Abdomen trägt (und wahrscheinlich auch ablegt), im Frühjahr in den Blumentöpfen nur wenige Puppen hervorbringt. Frisch geschlüpfte Käfer wurden in den Monaten April, Mai und Juni nicht beobachtet – mit Ausnahme einer der beiden Puppen vom 11.5., aus der am 23.5. ein Käfer schlüpfte. Aus Abbildung 1.10 geht hervor, dass im November Larven vorhanden sind; es ist jedoch nicht bekannt, wie hoch die Winterverluste in den Blumentöpfen sind.



**Abbildung 1.10: Larvalentwicklung von *Otiorhynchus porcatus* in Blumentöpfen mit *Geum montanum* 'Diana' (oben) und 4 jeweils unterschiedlichen Pflanzenarten (unten) (*Bergenia cordifolia*, *Eupatorium cannabinum*, *Geum chiloense* 'Feuerball', *Heuchera sanguinea* 'Leuchtkäfer', *Lysimachia clethroides*, *Phlox maculata* 'Alpha', *Primula veris* und *Primula vulgaris*).**

Abbildung 1.10 zeigt auch, dass in der Hildesheimer Staudengärtnerei 2011 fast nur *Geum montanum* 'Diana' durchgehend gut besiedelt war. Dagegen wurden in den in den Vorjahren stark genutzten *Primula veris*- und *Primula vulgaris*-Kulturen (wie auch in anderen) kaum noch Larven gefunden. Der Rückgang könnte auf hohe Winterverluste oder auf die regelmäßige Anwendung von EPN, die zweimal pro Jahr gegen *O. sulcatus* ausgebracht werden, zurückzuführen sein; möglicherweise wurde *Geum montanum* versehentlich nicht mitbehandelt. Bei *Primula* könnte auch das starke Heraussammeln einer großen Anzahl an Larven am 3./4.8. 2010 für die EPN-Versuche zu dem starken Rückgang beigetragen haben.

In der Regel wurden in den durchsuchten (kleinen) Blumentöpfen zwischen 0 und 5 *O. porcatus*-Larven gefunden, nur in seltenen Fällen waren es über 10 oder über 20 Larven. Aufgrund der Zucht der Art in der Klimakammer im JKI in Braunschweig konnte jedoch festgestellt werden, dass in *Primula pruhoiciana*-Töpfen aus Veitshöchheim bei ungestörter Entwicklung (bis zum Absterben der Pflanzen) bis zu 44 Larven pro Topf gefunden werden können. Später zeigt sich allerdings, dass es bei so hohen Dichten in kleinen Töpfen auch zu einem nahrungsmangelbedingten Zusammenbruch der Larvenpopulation kommen kann. Darüber hinaus wurde an mehreren Standorten (u.a. Wiesbaden, Hildesheim, Veitshöchheim) eine auffällige weiße Dipteren-Larve beobachtet. Auch in der Klimakammer in Braunschweig waren einige Töpfe mit vitalen Pflanzen nahezu frei von *Otiorhynchus porcatus*-Larven, in denen diese Larven gefunden wurden. Eine Bestimmung durch Dr. Albert Melber (Hannover) ergab, dass es sich um Rhagionidae-Larven handelte.

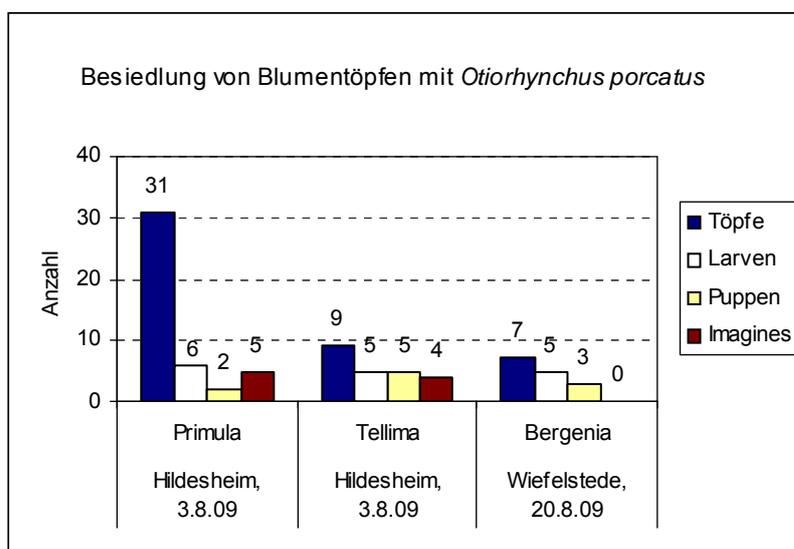


Abbildung 1.11: Besiedlung von Blumentöpfen mit *Otiorhynchus porcatus*-Larven und -Puppen 2009 (*Bergenia cordifolia* 'Silberlicht', *Primula veris*, *Tellima grandiflora*).

Die Abbildung 1.11 zeigt ebenfalls nur ziemlich niedrige Larvendichten in Blumentöpfen mit *Primula* spp., *Tellima grandiflora* und *Bergenia*-Hybriden von (im Mittel) weniger als 1,5 Larven+Puppen pro Topf. Bei so niedrigen Werten kommt es nicht zu einem Absterben von Pflanzen. Erst ab mehr als 5 Larven pro (kleinem) Blumentopf wurden gelegentlich Schadsymptome wie Vergilbung oder Vertrocknen beobachtet. Ob eine mögliche Schadschwelle etwa in diesem Bereich liegt, müsste jedoch noch untersucht werden.

### Folgerungen

Eine Bekämpfung von *Otiorhynchus porcatus* sollte nach diesen Daten vor allem im Mai oder Juni erfolgen, d.h. rechtzeitig vor dem Hauptschlupf. Die Ergebnisse aus der Hildesheimer Staudengärtnerei legen den Schluss nahe, dass die Art dort durch die zweimalige Bekämpfung von *O. sulcatus* (April/Mai und August/September) - möglicherweise im Zusammenwirken mit einem Prädator - in den meisten Kulturen bereits auf einem niedrigen Niveau gehalten wird.

Ob es sich bei den Rhagionidae-Larven tatsächlich um einen Prädator von *Otiorhynchus porcatus*-Larven handelt, wie effizient dieser ist und ob dieser gut zu züchten und für eine biologische Bekämpfung einsetzbar ist, sollte näher untersucht werden.

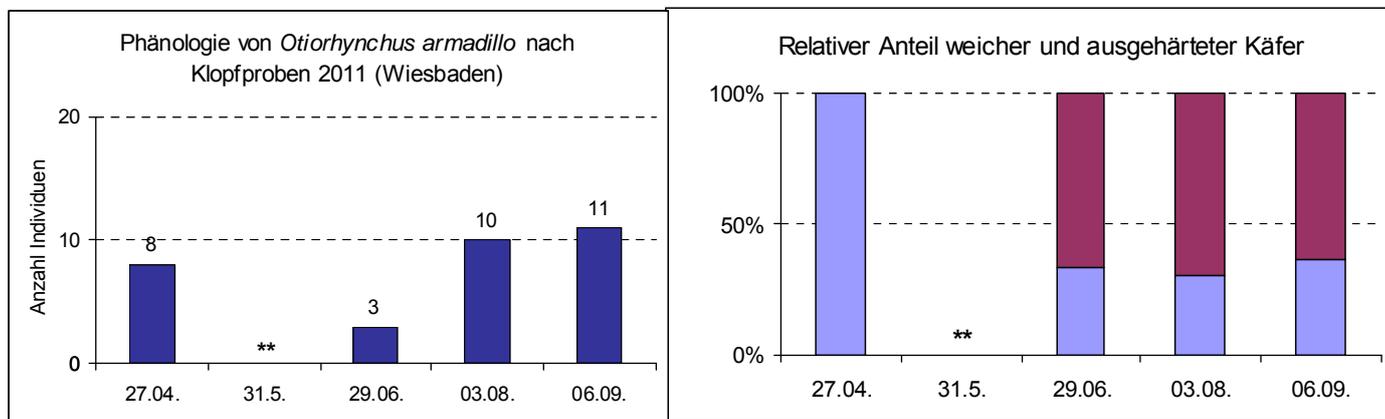
### Daten zur Entwicklung von *Otiorhynchus armadillo*, *O. salicicola* und *O. sulcatus*

Diese Arten sollen hier zusammen behandelt werden, wobei *Otiorhynchus sulcatus*, dessen Lebensweise bereits sehr gut bekannt ist, nur aus Vergleichsgründen mitbetrachtet wird. Diese Arten gehören zu den größeren Vertretern der Gattung (ca. 8-12 mm), und sie weisen zudem ein höheres Schädlingspotenzial auf.

Die beiden Arten *Otiorhynchus armadillo* und *O. salicicola* sind zum einen morphologisch sehr ähnlich, stehen sich verwandtschaftlich sehr nahe (Untergattung *Otiorhynchus sensu stricto*) und sind nicht immer leicht zu unterscheiden, und zum anderen ist ihre Lebensweise offenbar sehr ähnlich. Sie haben ein sehr breites Wirtspflanzenspektrum, das an das von *O. sulcatus* heranzureichen scheint, und sie sind in der Lage, auch kleinere Blumentöpfe zu besiedeln.

Verhaltensunterschiede zu *Otiorhynchus sulcatus* bestehen u.a. darin, dass *O. armadillo* und *O. salicicola* nicht so ausgesprochen lichtmeidend wie *O. sulcatus* sind: Sie können oft auch am Tage gefangen werden, insbesondere aus dicht belaubten bzw. benadelten Sträuchern, die im Inneren für eine gewisse Dunkelheit sorgen, während sich *O. sulcatus* als streng lichtmeidende Art während des Tages nahezu vollständig in den Boden zurückzieht.

Die Schlupfperiode zieht sich bei *Otiorhynchus armadillo* offenbar etwas länger hin bei *O. sulcatus*: 2011 wurden im August und September noch zahlreiche weiche Käfer gefunden, auch der Anteil blieb bis in den September hinein hoch (Abbildung 1.12). In den 4 Untersuchungsjahren endete die Schlupfphase von *O. sulcatus* dreimal bereits im August, und nur 2010 mit einem etwas kühleren Sommer erstreckte sie sich auch bei dieser Art bis in den September hinein. Bereits im August ging der Anteil weicher Käfer bei *O. sulcatus* stark zurück. Bei *O. salicicola* liegen zu wenig Daten vor, um dies beurteilen zu können. 2010 trat auch *O. armadillo* aufgrund niedriger Frühjahrstemperaturen deutlich später als in den Vorjahren auf, wodurch sich der Beginn der geplanten EPN-Versuche um über 4 Wochen verzögerte.

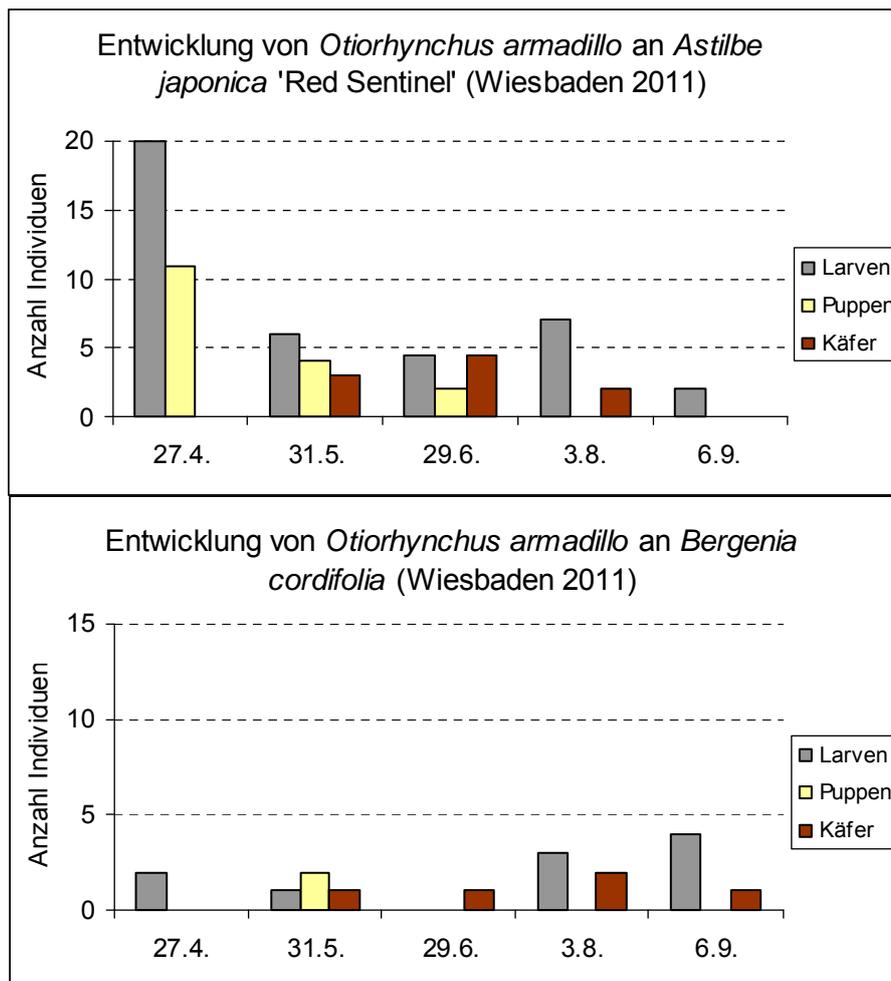


**Abbildung 1.12 a und b: Zeitliches Auftreten von *Otiorhynchus armadillo* in einer Baumschule an *Thuja occidentalis* (Wiesbaden 2011) (oben) und relativer Anteil nicht ausgehärteter Käfer (hellblau: ausgehärtet, violett: immatur, weich) (unten). \*\*: keine Daten aufgrund starker Niederschläge.**

Bei Verwendung des Begriffes Tagaktivität ist aufgrund dieser Befunde Folgendes zu beachten. Arten wie *Otiorhynchus armadillo* oder *O. salicicola* sind nicht etwa deswegen als tagaktiv zu bezeichnen, weil sie auch am Tage aus dichteren Sträuchern herausgeklopft werden können. Sie haben sich tagsüber nur nicht so weit zurückgezogen, wie die „streng nachtaktiven“ Arten, d.h. sie sind nur weniger lichtmeidend, aber auch dort inaktiv und nicht mit der Nahrungsaufnahme oder der Eiablage beschäftigt. Ausnahmen kommen jedoch vor: So wurde einmal ein noch sehr weiches, bleiches Exemplar von *O. salicicola* am 5.9. 2008 am Tage auf der Vegetation laufend beobachtet, und kopulierende Exemplare von *O.*

*armadillo* wurden am 27.4. 2011 aus dicht belaubten *Thuja occidentalis*-Bäumen geklopft. In bestimmten Fällen, wie z.B. bei früh im Jahr aktiven Überwinterern oder frisch geschlüpften Käfern, kann es zu Tagaktivität kommen.

*Otiorhynchus armadillo* kam an keinem der Standorte vor, an denen Bodenfallen aufgestellt waren, oder war dort häufig genug, um in größerer Anzahl in die Fallen zu geraten. Auch von *O. salicicola* wurden an einem Standort mit höherer Dichte nur wenige Individuen mittels Bodenfallen nachgewiesen. Offensichtlich klettert die Art so gut, dass sie Barberfallen in der Regel vermeiden kann. Daher können für diese Arten keine auf Bodenfallendaten beruhenden Phänologien dargestellt werden.



**Abbildung 1.13: Entwicklung von *Otiorhynchus armadillo* in kleinen Blumentöpfen mit *Astilbe japonica* und *Bergenia cordifolia* in Wiesbaden 2011 (Unterscheidung: R. Gosik). Die Werte beziehen sich auf je 10 Töpfe.**

Larven können bei *Otiorhynchus armadillo* offenbar während des ganzen Jahres nachgewiesen werden. Der hohe Wert am 27.4.11 in Töpfen mit *Astilbe japonica* in Wiesbaden deutet auf eine erfolgreiche Überwinterung der Larven im Winter 2010/2011 hin (Abbildung 1.13). Puppen wurden von Ende April bis Ende Juni nachgewiesen, dürften aber auch noch bis September vorhanden sein.

Bei einer Begehung am 13.2. 2012 konnten in 7 gefrorenen Blumentöpfen mit *Bergenia cordifolia* 'Glockenturm' insgesamt 24 *Otiorhynchus*-Larven gefunden werden, von denen 5 die unmittelbar vorausgegangene, etwa 14tägige strenge Frostperiode mit bis zu -16 °C (Lufttemperatur) überlebt hatten. 4 dieser Larven konnten von R. Gosik bestimmt werden:

Diese gehörten ausnahmslos zu *O. armadillo*. Darüber hinaus wurde 1 überwinternder *O. armadillo*-Käfer in einem *Astilbe japonica*-Topf gefunden. Larven hatten jedoch in den 12 untersuchten *Astilbe*-Töpfen nicht überlebt.

Auch bei *Otiorhynchus salicicola* wurden frisch geschlüpfte Käfer fast während der gesamten Vegetationsperiode (Mai-September) gefunden. Es fehlen nur Nachweise aus dem Monat April (Tabelle 1.10).

**Tabelle 1.10: Nachweise immaturer Käfer von *Otiorhynchus salicicola***

Ort	Tag/Monat	Jahr	Anzahl	Pflanze	Situation	Methode
Frankfurt/Oder	23.5.	2008	1	Rosa-Hybride	Gewächshaus, an 10 cmTopf	Handfang M. Lehmann
Frankfurt/Oder	23.5.	2008	4	<i>Hedera helix</i>	Gewächshaus, an 10 cmTopf	Handfang M. Lehmann
Frankfurt/Oder	20.6.	2008	7	<i>Hedera helix</i>	Gewächshaus, an 10 cmTopf	Handfang M. Lehmann
Rostock	25.6.	2009	1	<i>Prunus laurocerasus</i>	Großtopf	Handfang
Hamburg	11.6.-1.7.	2008	1	<i>Ligustrum / Prunus laurocerasus</i>	Pflanzung	BF-Fang
Ettenheim	8.7.	2009	1	<i>Ligustrum ovalifolium</i>	Freiland: Hecke	Handfang
Leingarten	10.7.	2009	1	<i>Ligustrum vulgare</i>	Freiland: Pflanzung	Handfang
Hamburg	1.-17.7.	2008	1	<i>Ligustrum / Prunus laurocerasus</i>	Pflanzung	BF-Fang
Hamburg	21.7.	2011	1	<i>Thuja occidentalis</i>	Freiland	Handfang
Hamburg	17.7.-14.8.	2008	1	<i>Hedera helix</i>	Container	BF-Fang
Hamburg	5.9.	2008	1	<i>Rhododendron-Hybride</i>	Großtopf	Handfang

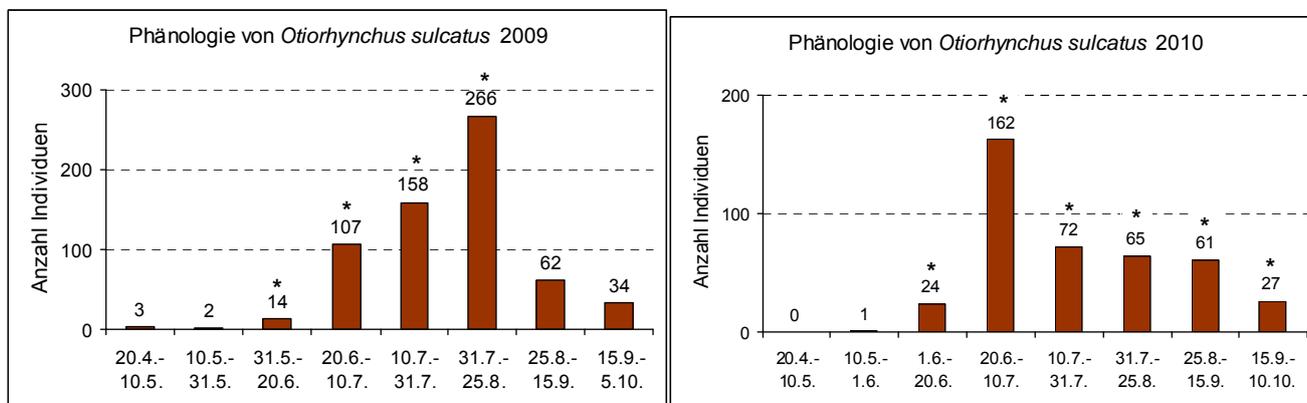
**Tabelle 1.1: Nachweise präimaginaler Stadien von *Otiorhynchus salicicola* in Blumentöpfen**

Ort/Datum	Pflanzenart	Anzahl Töpfe	Topfhöhe	L6 (ausgewachsene Larve)	< L6	Puppen	Imagines
Frankfurt/Oder 23.7. 2009	<i>Euonymus fortunei</i>	21	10 cm	4	0	1	3
Frankfurt/Oder 23.7. 2009	<i>Euonymus fortunei</i>	5	12 cm	2	0	1	0
Frankfurt/Oder 8.9. 2009	<i>Euonymus fortunei</i>	1	10 cm	1*	0	0	0
Frankfurt/Oder 10.8. 2011	<i>Forsythia x intermedia</i>	5	20 cm	13	11	7	0

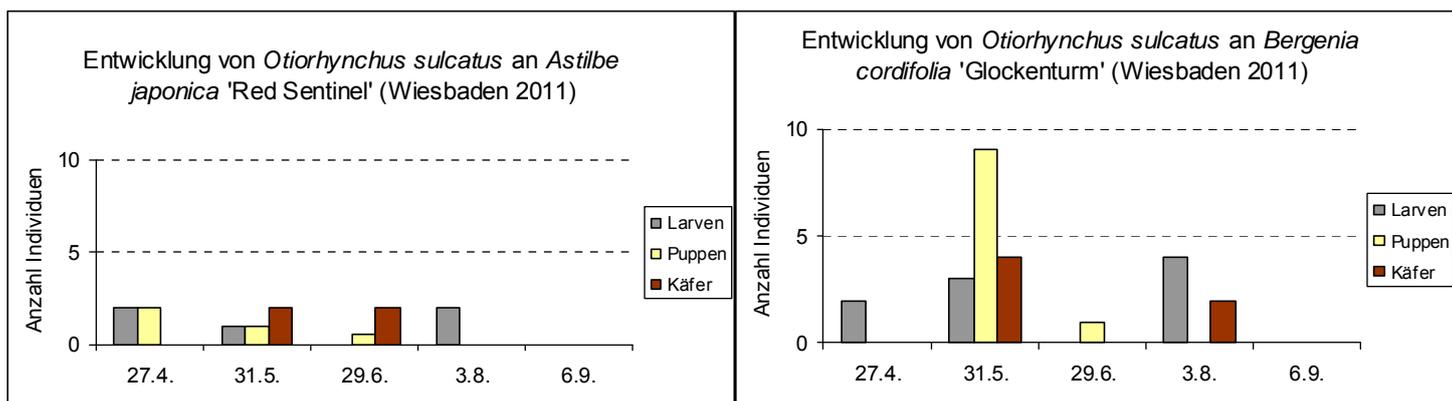
\* : Puppe am 29.9., Imago am 20.10. (nach Daten von Manfred Lehmann/Cottbus)

Tabelle 1.11 zeigt die *Otiorhynchus salicicola*-Besiedlung einiger Blumentöpfe in einer Baumschule in Frankfurt/Oder. In den kleinen Töpfen (Höhe 10 cm) befanden sich diesjährig getopfte *Euonymus fortunei*-Pflanzen (in allen Fällen mit der Sorte 'Emerald 'n' Gold'), während die Pflanzen mit der höheren Besiedlung aus dem Vorjahr stammten und sich in etwas größeren Töpfen befanden. Bei den Forsythien handelte es sich um ältere, etwa 1,50-2 m hohe (hochgeschnittene) Pflanzen in relativ kleinen Töpfen. Obwohl auch *O. sulcatus* in dieser Baumschule vorkommt, erwiesen sich alle Larven und Puppen als zu *O. salicicola* gehörend. *O. sulcatus* wurde hier als Imago nur 2008 von Manfred Lehmann an Efeu nachgewiesen.

Die Daten zur Larvalentwicklung von *Otiorhynchus sulcatus* in Hildesheim und Wiesbaden wurden nicht gezielt erhoben. Die Art kam nur in den Blumentöpfen, in denen die Entwicklung von *O. porcatus* und *O. armadillo* dokumentiert werden sollte, als "Begleiter" vor.



**Abbildung 1.14: Zeitliches Erscheinen von *Otiorhynchus sulcatus* 2009 und 2010 nach Bodenfallendaten (\*: nicht ausgehärtete Käfer vorhanden).**



**Abbildung 1.15: Entwicklung von *Otiorhynchus sulcatus* in Blumentöpfen mit *Astilbe japonica* und *Bergenia cordifolia* (Wiesbaden 2011). Die Werte beziehen sich auf je 10 Töpfe.**

Die Nachweise von Puppen bei *Otiorhynchus sulcatus* in Wiesbaden 2011 stimmen gut mit dem Auftreten frisch geschlüpfter Käfer überein (vgl. Abbildung 1.14 und 1.15). Für *O. armadillo*, *O. salicicola* und *O. sulcatus* dürfte gelten, was zunächst für alle *Otiorhynchus*-Arten angenommen worden war: dass nämlich das Auftreten frisch geschlüpfter (weicher oder heller) Exemplare auf einem unmittelbar zuvor erfolgten Schlupf der Imago aus der Puppe beruht, zumindest wenn diese zwischen Mai und September schlüpfen. Wie sich im Laufe dieser Untersuchung herausstellte, treten einige früh erscheinende Arten regelmäßig in größerem Umfang als nicht ausgehärtete Käfer auf (siehe z.B. *O. ligustici*), obwohl sie nicht unmittelbar zuvor geschlüpft waren, sondern als nicht ausgehärteter Käfer in der Puppenwiege überwintert haben.

Das Auftreten von *Otiorhynchus sulcatus* in der Hildesheimer Gärtnerei (im Freilandbereich mit kleinen Blumentöpfen) wird offenbar sehr gut durch den (zweimaligen) Einsatz von EPN kontrolliert (Abbildung 1.16 und 1.17). Darauf deuten sowohl die höchsten Werte von Larven am Anfang und am Ende der Untersuchungsperiode hin (vor und 2-3 Monate nach der Ausbringung von EPN) als auch die geringe Dichte von *O. porcatus*-Larven (siehe *O. porcatus*). *O. porcatus* und *O. sulcatus* kommen hier zusammen in den Blumentöpfen vor.

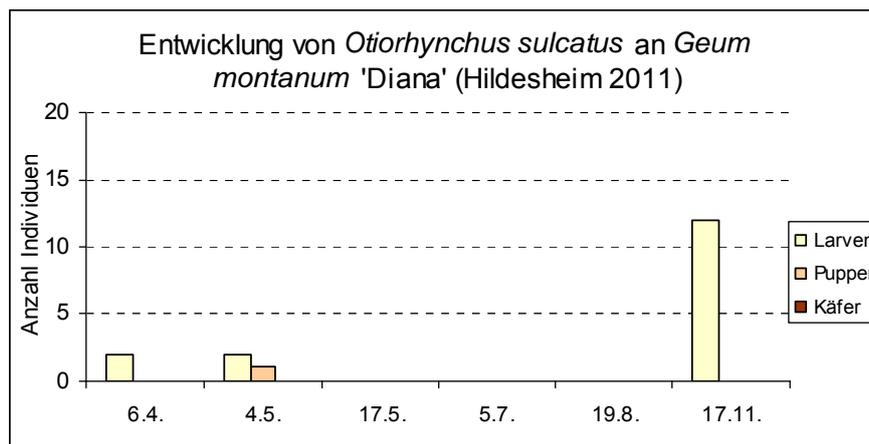


Abbildung 1.16: Entwicklung von *Otiorhynchus sulcatus* in jeweils 10 Blumentöpfen mit *Geum montanum* 'Diana' (Werte ggf. auf 10 Töpfe zurückgerechnet).

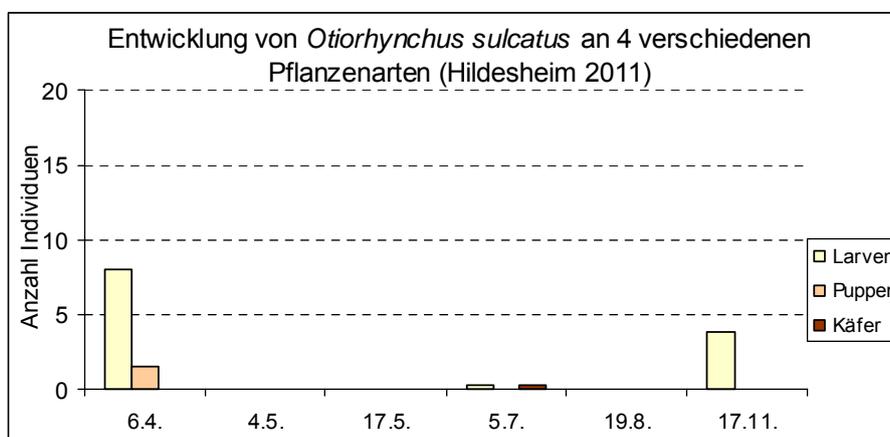


Abbildung 1.17: Entwicklung von *Otiorhynchus sulcatus* in Blumentöpfen unterschiedlichen Pflanzenarten (*Bergenia cordifolia*, *Eupatorium cannabinum*, *Geum chiloense* 'Feuerball', *Lysimachia clethroides*, *Phlox maculata* 'Alpha', *Primula veris* und *Primula vulgaris*). Je Termin wurden je 10 Töpfe mit 4 unterschiedlichen Sorten bzw. Arten untersucht.

## Folgerungen

Auch wenn noch nicht alle Details der Entwicklung von *Otiorhynchus armadillo* und *O. salicicola* bekannt sind, so scheinen diese Daten nicht gegen eine gemeinsame Terminierung mit der Ausbringung von EPN gegen *O. sulcatus* zu sprechen (April/Mai und August/September). Die drei Arten lassen sich ziemlich problemlos züchten und benötigen für die Entwicklung im Sommer etwa 3 - 4 Monate. J. Hirsch züchtete *O. salicicola* in ca. 3 Monaten bei 20-25 °C. Bei überwinterten Larven verlängert sich die Entwicklungszeit aufgrund der Temperaturabhängigkeit erheblich. *O. armadillo* und *O. salicicola* können die Früh- und Spätphase des Jahres mit niedrigeren Temperaturen offenbar noch etwas besser nutzen als *O. sulcatus*, was für ein etwas früheres (Frühjahrstermin) bzw. etwas späteres Bekämpfungsoptimum (Sommertermin) vor bzw. nach der Haupteiablageperiode spräche. Auch die höhere Frostresistenz von *O. armadillo* stützt diese Deutung.

### Daten zur Entwicklung von *Otiorhynchus ligustici*

*Otiorhynchus ligustici* erscheint in den Hopfengärten bereits sehr früh im Jahr. Das erste Auftreten hängt im Prinzip nur von der Erwärmung des Bodens im Frühjahr ab, da die Käfer bereits in der Puppenwiege auf günstige Bedingungen warten. Die Aktivität endet in den Hopfengärten bereits im Juni oder Juli (Abbildung 1.18 und 1.19). Die Käfer ziehen sich dann bereits wieder in den Boden zurück und überleben den kommenden Winter nicht.

Die Entwicklung dieser Art ist durch die umfangreichen Untersuchungen von PALM (1935), HANUSS (1958) oder MÜHLE & FRÖHLICH (1951) bereits sehr ausführlich dokumentiert worden, daher sollen hier nur einige ergänzende Beobachtungen mitgeteilt werden.

Bereits bei einigen 2008 nachgewiesenen Käfern aus der ersten Fangperiode (20.4.-10.5.08) fiel auf, dass diese offenbar nicht ganz ausgehärtet waren. Da jedoch noch keine Erfahrungen bei der Beurteilung des Aushärtungszustandes vorlagen, wurde dieser Befund zunächst nicht weiter beachtet, zumal er in deutlichem Widerspruch zu den gut abgesicherten Daten zum Entwicklungszyklus des Käfers zu stehen schien.

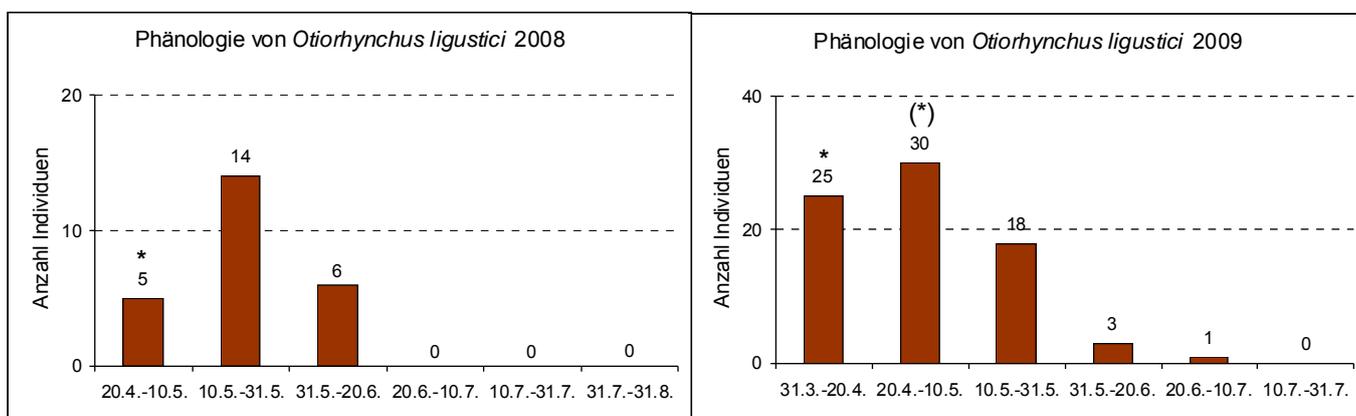


Abbildung 1.18: Zeitliches Erscheinen von *Otiorhynchus ligustici* in den untersuchten Hopfengärten (2008 und 2009) nach Bodenfallendaten. - \*: nicht ausgehärtete Käfer vorhanden; (\*): nicht ausgehärtete Käfer vorhanden (soeben noch erkennbar).

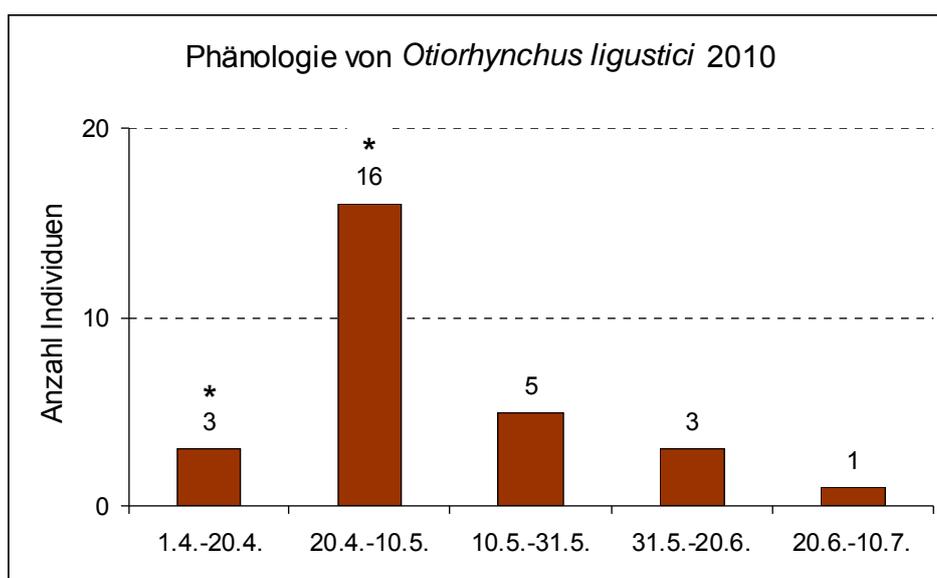


Abbildung 1.19: Zeitliches Erscheinen von *Otiorhynchus ligustici* in den untersuchten Hopfengärten (2010) nach Bodenfallendaten. - \*: nicht ausgehärtete Käfer vorhanden.

2009 wurde die Aufstellung der Bodenfallen in den Hopfengärten um drei Wochen nach vorn verlagert, da die Fallenstandzeit besser an das frühe Erscheinen der Käfer angepasst werden sollte. Als nun 2009 wiederum weiche Käfer in der ersten und - gerade noch erkennbar - auch in der zweiten Fangperiode auftraten, konnte dieser Befund nicht weiter ignoriert werden. Nach der Literatur erfolgt Verpuppung der Art nämlich im Boden von Mitte Juni bis etwa Anfang August, die Käfer schlüpfen kurz darauf und überwintern in der Puppenwiege.

Daraus ergab sich nun die Frage, ob dies tatsächlich in jeden Fall so zutrifft - oder ob es nicht vielmehr doch einige Individuen geben könnte, die als ausgewachsene Larve überwintern, sich im ersten Frühjahr verpuppen und dann als nicht ausgehärteter Käfer auf der Bodenoberfläche erscheinen. Zumal anfangs bei der Beurteilung des Aushärtungszustands der Käfer angenommen worden war, dass das Auftreten weicher Käfer ein sicheres Indiz für einen unmittelbar zuvor erfolgten Imaginalschlupf sein müsste, und die Möglichkeit, dass sich die Käfer monatelang unausgehärtet im Boden aufgehalten haben könnten, abwegig erschien.

**Tabelle 1.8: Funde von *Otiorhynchus ligustici* in einem Luzerne-Feld (Dauerkultur) bei Kittlitz (Lkr. Cottbus) bei Bodengrabungen am 31.3. und 1.4. 2010.**

Bodengrabungen	Mittelgroße und kleinere Larven ( $\leq$ L5)	Große Larven (L6 - L7)	Imagines
1. Grabung	5	14	12*
2. Grabung	0	1	0
3. Grabung	0	14	0
4. Grabung	1	8	0

Außerdem: 1 *Tanymecus palliatus*; \*: alle 7 untersuchten *Otiorhynchus ligustici* waren nicht ausgehärtet, 6 hatten je einen Mandibelzahn

Aus diesem Grund wurden am 31.3. und 1.4. 2010, unmittelbar vor dem zu erwartenden Erscheinen der Käfer auf der Bodenoberfläche, umfangreiche Bodengrabungen in einem permanenten Luzernefeld bei Kittlitz (Cottbus) durchgeführt (Tabelle 1.11), welches über eine sehr große *Otiorhynchus ligustici*-Population verfügte, so dass eine sehr gute Chance bestand, um die Frage zu klären, ob zu dieser Zeit Käferpuppen im Boden zu finden sind.

**Tabelle 1.13: Ergebnisse von 4 Bodengrabungen in einem Luzernefeld (Dauerkultur) bei Kittlitz (Lkr. Cottbus) am 9.8. 2011**

- Die Zugehörigkeit zum jeweiligen Larvalstadium wurde durch Messung bzw. gemäß der Daten von PALM (1935) bestimmt -

<i>Otiorhynchus ligustici</i>				<i>?Tanymecus palliatus</i>	
L5	L6	L7	Imagines	Larven	Puppen
8	9	4	8*	3	1

\*: 6 von 8 Käfern noch mit beiden Mandibelzähnen

Diese Grabungen erbrachten zwar umfangreiche Larvenfunde und auch Nachweise mehrerer weicher, nicht ausgehärteter Imagines (noch mit meist jeweils einem Mandibelzahn), jedoch keine Puppenfunde. Dies kann nur so interpretiert werden, dass die Käfer monatelang nicht ausgehärtet in der Puppenwiege im Boden bleiben, im April noch nicht vollständig ausgehärtet aus dem Boden kommen und dann in kurzer Zeit aushärten. Bereits in der 2. Fangperiode (Mai) ließen sich nur noch wenige weiche Käfer nachweisen. Eine

Bestätigung dieses Sachverhaltes erbrachte auch ein zweiter Grabungstermin am 9.8. 2011 (Tabelle 1.13), bei dem wiederum zahlreiche Larven und mehrere nicht ausgehärtete Käfer, die in der Regel noch über beide Mandibelzähne verfügten, gefunden wurden. Puppen von *O. ligustici* konnten jedoch wiederum nicht nachgewiesen werden (aufgrund ihrer geringen Größe kann die Zugehörigkeit eines Puppenfundes zu *O. ligustici* ausgeschlossen werden). Daraus geht eindeutig hervor, dass die in der Literatur vorhandenen Angaben zum Entwicklungszyklus korrekt sind, dass der Imaginalschlupf Anfang August bereits erfolgt ist, und dass die Käfer von August bis zum Erscheinen auf der Bodenoberfläche im April unausgehärtet in der Puppenwiege im Boden liegen! Erstaunlicherweise wurde in der (bislang gesichteten) Literatur kein Hinweis auf die Befunde zum Aushärtungszustand gefunden. Über eine Bekämpfung mit EPN des in den Nordosten der USA eingeschleppten *O. ligustici* wird dort auch in neuerer Zeit gearbeitet (z.B. FERGUSON et al. 1995).

### **Folgerungen**

Die sehr lange Phase der Inaktivität von *Otiorhynchus ligustici* stellt offensichtlich eine Anpassung an einen Extrem-Lebensraum dar. Es wird angenommen, dass es sich um eine Anpassung an Steppenlebensräume handelt – die Art kommt auch in der Ukraine und in Mittelasien vor –, in denen nur kurze Zeit im Frühjahr ausreichend Feuchtigkeit vorhanden ist, um die Bodenoberfläche aufzusuchen und hier Eier abzulegen. Eine Ausbreitung nach Mitteleuropa dürfte demnach in historischer Zeit mit der Entstehung der Ackernutzung erfolgt sein. Wenn nicht ausgehärtete Käfer von EPN befallen werden können, müsste, sofern die Nematoden tief genug in den Boden eindringen können, eine gute Chance bestehen, während der gesamten Vegetationsperiode auf empfindliche Stadien zu treffen. Besonders zu empfehlen wäre demnach eine Applikation nach der Haupteiablage- und während der Verpuppungsphase (Anfang bis Mitte Juli). Eine zweite Applikation könnte ggf. im August oder September erfolgen, da die Imagines im Laufe des Sommers absterben, und die Eiablage vor allem zwischen (April)/Mai und Juli erfolgt.

Die Ergebnisse zeigen, dass nicht per se davon auszugehen ist, dass das Auftreten weicher Käfer an eine unmittelbar zuvor erfolgte Verpuppung bzw. an einen kurz zuvor erfolgten Imaginalschlupf gekoppelt ist. Dieser Befund ist für die Beurteilung entsprechender Daten zur Entwicklung anderer Bodenrüssler von erheblicher Bedeutung.

### Daten zur Entwicklung von *Otiorhynchus dieckmanni* und *O. raucus*

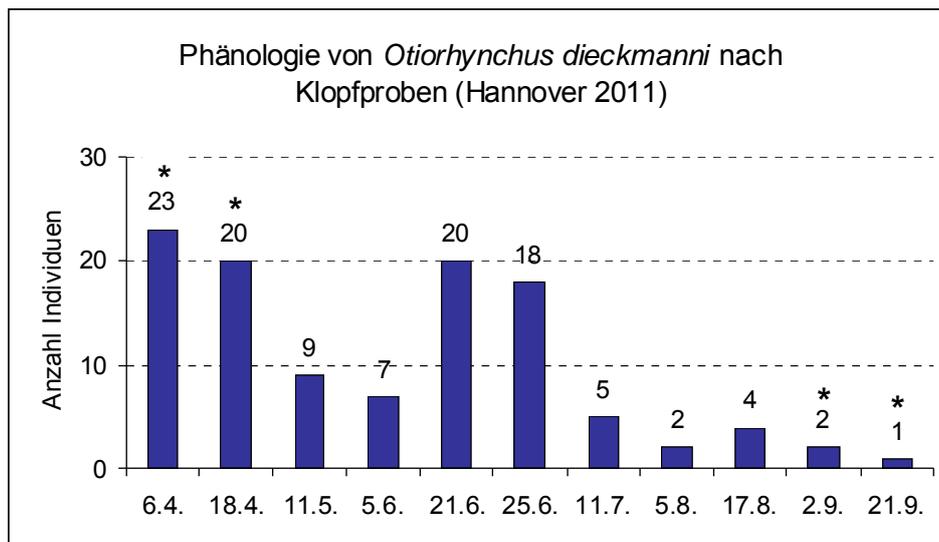


Abbildung 1.20: Zeitliches Erscheinen von *Otiorhynchus dieckmanni* an zwei Standorten in Hannover (\*: nicht ausgehärtete Käfer vorhanden). In die Grafik aufgenommen wurde auch ein immaturer Käfer aus Braunschweig vom 21.9. 2011.

Im Folgenden werden zwei Arten mit anscheinend ähnlicher Entwicklung behandelt. Sie kommen zudem gelegentlich zusammen vor. In Wiesbaden-Schierstein gehörten sie zu den häufigeren Arten (vgl. HIRSCH & KUBACH 2008 - 2010: Verbundzwischenberichte 2008 - 2010). Wie *O. ligustici*, kommen beide früh im Jahr (April) aus dem Boden. Da sie dann noch weitaus überwiegend weich sind, wurde zunächst angenommen, sie seien kurz zuvor geschlüpft. Nicht ausgehärtete Käfer sind im April und Mai häufig (Abbildung 1.20, 1.22 und 1.23), nehmen dann aber schnell ab. Im Juni wurden diese nur noch in wenigen Exemplaren gefunden, im Juli nicht mehr. Bei *O. dieckmanni* traten einzelne weiche Käfer spät im Jahr (2011 im September) auf; bei *O. raucus* wurde ein solches Verhalten nicht beobachtet. Die Eiablage beginnt bei *O. dieckmanni* bereits im Mai, bei *O. raucus* nach den Daten aus 2008 jedoch erst im Juni (Abbildung 1.21). Eier tragende Weibchen wurden bei *O. dieckmanni* vereinzelt bis in den August und bei *O. raucus* mit größeren Eizahlen bis in den September hinein nachgewiesen (z.B. bei *O. raucus*: 1 ♀ mit 44 Eiern im Abdomen in der Fangperiode 1.-22.9.08).

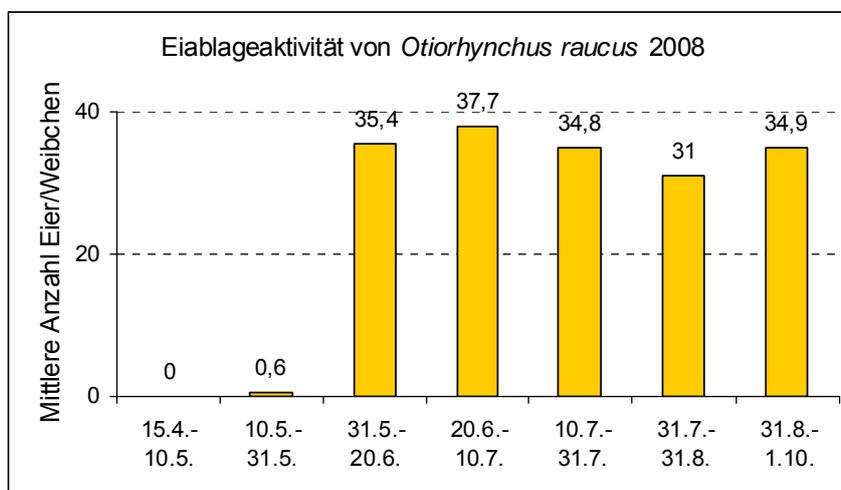


Abbildung 1.21: Mittlere Eizahlen sezierter *Otiorhynchus raucus*-Weibchen im Untersuchungs-jahr 2008.

Eine Suche nach den präimaginalen Stadien dieser Arten wurde an folgenden Terminen durchgeführt: am 28.4. und 29.6. 2011 wurden in Wiesbaden-Schierstein zwei bzw. drei Pfingstrosen (*Paeonia officinalis*) etwa zur Hälfte ausgegraben, und Wurzelraum und Stängel wurden abgesucht. Es konnten zwar mehrere Käfer gefunden werden, jedoch keine Larven oder Puppen. Die am 28.4. nachgewiesenen Käfer (3 *O. raucus*, 8 *O. dieckmanni*) waren noch nicht ausgehärtet; von 2 *O. dieckmanni* wurden nur Reste im Boden gefunden (Einwirkung Prädator oder altersbedingter Tod?).

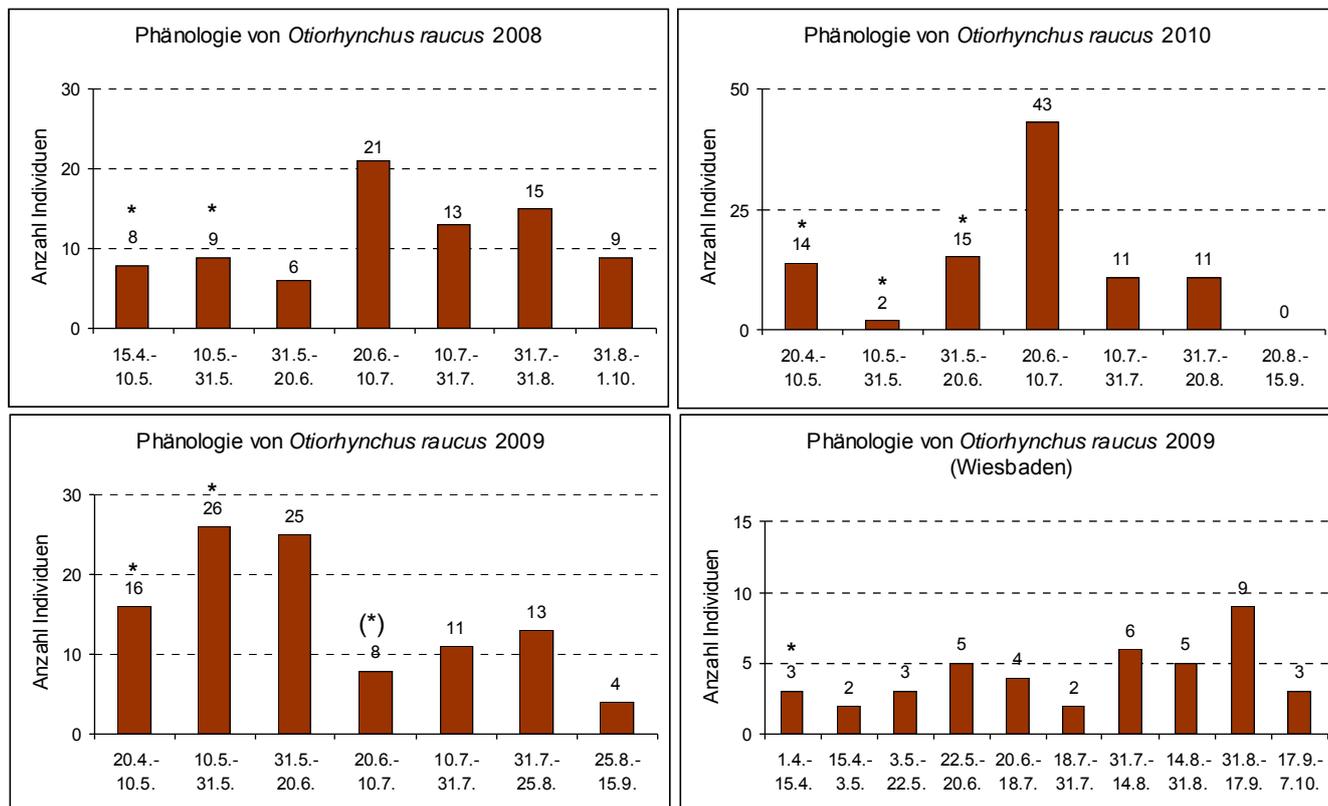


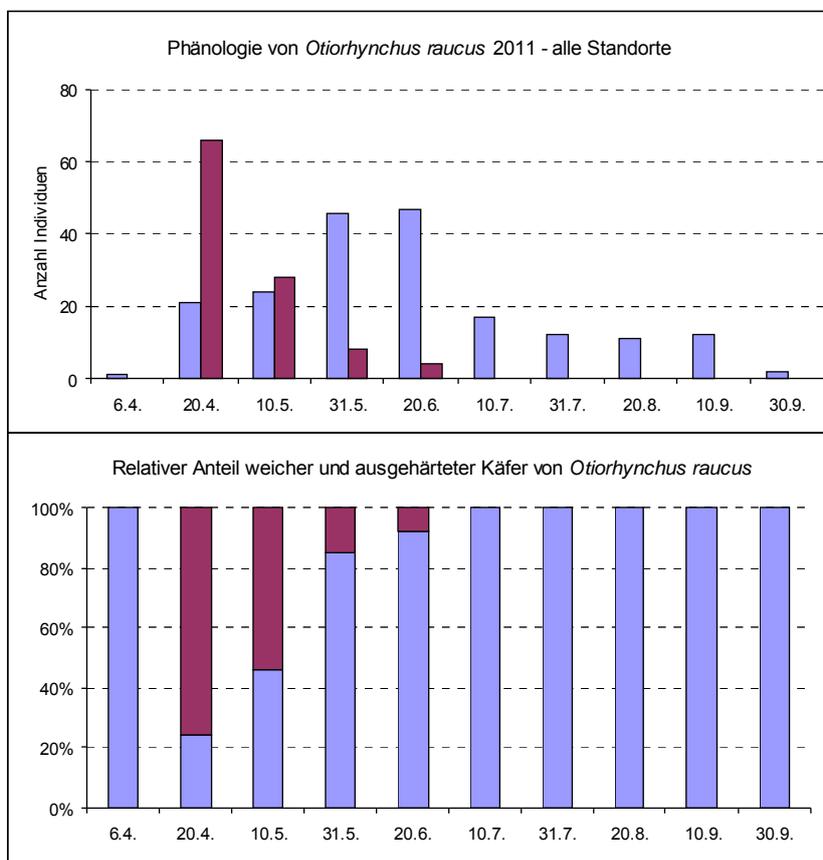
Abbildung 1.22a-d: Zeitliches Erscheinen von *Otiorynchus raucus* 2008-2010 (\*: nicht ausgehärtete Käfer vorhanden; (\*): Einordnung unsicher).

Gerhard Kubach suchte am selben Standort, aber im Boden unter dem benachbarten *Panicum virgatum*-Feld, am 31.10. 2011 nach Käfern und Larven. Dabei wurden 3 weiche *Otiorynchus dieckmanni*-Käfer nachgewiesen, von denen (mindestens) einer noch einen Mandibelzahn besaß. Am 26.1. 2011 waren dort ebenfalls 3 weiche *O. dieckmanni* sowie auch 8 nicht ausgehärtete *O. raucus* aus größerer Tiefe (mindestens 50 cm) ausgegraben worden.

Damit kann versucht werden, die Entwicklungszyklen von *Otiorynchus dieckmanni* und *O. raucus* zu umreißen. Durch Larven- und Puppenfunde müsste dies aber noch erhärtet bzw. ggf. modifiziert werden. Der Entwicklungszyklus von *O. raucus* gilt bisher als unbekannt (HOFFMANN 1963, DIECKMANN 1980); dies trifft auch für den erst 1978 beschriebenen *O. dieckmanni* zu.

Die Larven von *Otiorynchus dieckmanni* entwickeln sich nach diesen Befunden wahrscheinlich im Frühjahr und Sommer und verpuppen sich anschließend im Sommer bzw. deutlich vor Beginn des Herbstes, da bei niedrigen Temperaturen keine Verpuppung stattfindet. Nach der Literatur sind von *O. dieckmanni* bisher keine Nachweise präimaginaler Stadien bekannt geworden. Die fertig entwickelten Käfer bleiben dann, wie bei *Otiorynchus ligustici*, in der Puppenwiege und kommen erst im nächsten Frühjahr aus dem Boden hervor,

sofern sie nicht vorher durch Bodenarbeiten oder andere Faktoren gestört werden. Im Spätsommer verlassen gelegentlich einzelne Käfer den Bodenraum. Bei *O. ligustici* steht ein vorzeitiges Auftreten in der Regel mit Störungen der Puppenwiege, wie sie beim Umpflügen der Felder auftreten können, in Verbindung (HANUSS 1958). Demnach dürfte sich *O. dieckmanni* überwiegend innerhalb einer Vegetationsperiode entwickeln.



**Abbildung 1.23a-b: Zeitliches Auftreten von *Otiorynchus raucus* 2011 nach Handfängen incl. des Verhältnisses von weichen zu ausgehärteten Käfern.**

Bei *O. raucus* zeichnet sich jedoch ein etwas anderes Bild ab. Bisher gibt es nur einen einzigen genauer dokumentierten Larvenfund von *O. raucus*: In einem Kopenhagener Steingarten wurde eine Larve des vorletzten Stadiums Ende Mai gefunden (VAN EMDEN 1952). Diese verpuppte sich am 1.7.1938 und ergab am 22.7.1938 den fertig entwickelten Käfer. HOFFMANN (1963) berichtet, dass er im Winter Larven von *O. raucus* gefunden habe. Der späte Eiablagebeginn (Abbildung 1.21) ab Juni und die bis in den September legebereiten Weibchen lassen folgendes Bild wahrscheinlich erscheinen:

Da im Juli keine frisch geschlüpften Käfer von *O. raucus* an der Bodenoberfläche erscheinen, wird angenommen, dass der (in Kopenhagen) aus einer Puppe hervorgegangene Käfer unter normalen Bedingungen in der Puppenwiege im Boden geblieben wäre und dort überwintert hätte. Im folgenden Jahr hätte er dann mit der Eiablage im Juni begonnen. Da sich die daraus hervorgehenden Larven nicht bis zum Juli zum fertigen Käfer entwickeln können, ist es wahrscheinlich, dass die Art wie *O. ligustici* eine zweijährige Entwicklung hat und sowohl als Larve als auch als fertiger Käfer überwintert. Diese noch sehr hypothetische, z.T. auf wenigen Befunden basierende Deutung bedarf der Bestätigung durch weitere Untersuchungen insbesondere zur Larvalentwicklung. Sie gewinnt nur dadurch etwas an Plausibilität, dass die verwandten Arten von *O. raucus* (Untergattung *Choilisanus* incl. *Asphaeorrhynchus*) vor allem in Südosteuropa, der Türkei und im Kaukasus (REITTER 1913)

und damit wahrscheinlich unter externen Klimabedingungen vorkommen, die eine ähnliche Anpassung an die Umwelt wie bei *O. ligustici* erforderlich gemacht haben könnten. *O. raucus* ist zudem von allen hier untersuchten Rüsselkäferarten der am härtesten gepanzerte. Dies kann ebenfalls als ein Schutz gegen Austrocknung bzw. als eine Anpassung an trockene Lebensräume bei dieser frühjahrs- und hochsommeraktiven *Otiorhynchus*-Art angesehen werden.

## Folgerungen

Da sich bei der Analyse der Daten gezeigt hat, dass sich die angenommene gleichartige Entwicklung, wie sie aus den nur auf Imaginalfunden basierenden phänologischen Daten hervorzugehen schien, nicht bestätigen ließ, müssen die beiden Arten hinsichtlich der Folgerungen für einen günstigen Bekämpfungszeitpunkt gesondert betrachtet werden.

### *O. dieckmanni*:

Der erste Termin für eine Behandlung mit entomopathogenen Nematoden sollte im Juli liegen, da dann die Imaginal- (und damit auch die Eiablage-)Aktivität bereits deutlich nachlässt. Eine zu frühe Behandlung während der Haupteiablage würde wahrscheinlich zu viele Larven verschonen. Für die Angabe eines zweiten Termins sollte zuvor der Schwerpunkt der Verpuppung bekannt sein, um die Nematoden ggf. nicht zu spät auszubringen.

### *O. raucus*:

Da die Daten zur Entwicklung der Art aufgrund der erheblichen Schwierigkeiten, die Larvenstadien im Freiland zu finden, insgesamt noch recht dünn sind, kann hier nur eine vorläufige Empfehlung ausgesprochen werden. Wenn sich die Käfer tatsächlich vor allem im Juli verpuppen, sollte eine erste Ausbringung von EPN in der ersten Jahreshälfte erfolgen, und zwar möglichst vor dem Beginn der Eiablage, d.h. im April oder Mai, ggf. auch noch im Juni.

Wenn die Käfer über längere Zeit unausgehärtet im Boden liegen, gegenüber EPN empfindlich sind (und von diesen erreicht werden können), käme auch noch eine Behandlung im September gegen Ende der Eiablageperiode, in Betracht, zumal dann sowohl Larven als auch nicht ausgehärtete Imagines vorhanden sein dürften.

Beide Arten haben nur ein mittleres (bis höheres) Schadpotenzial. Die Notwendigkeit einer Bekämpfung dürfte nur relativ selten und nur in Staudengärtnereien gegeben sein, wo Pflanzen im offenen Boden wachsen. Beide Arten wurden weder in Blumentöpfen noch in Gewächshäusern beobachtet. Ein stärkeres Auftreten von *Otiorhynchus raucus* in Baumschulen an *Thuja occidentalis* und in *Thuja*-Hecken blieb ohne erkennbare Effekte. Auch *O. dieckmanni* wurde einige Male an *Thuja* gefunden. Nur einmal waren an den Pflanzen abgestorbene Zweige zu finden, deren Ursache jedoch nicht *O. dieckmanni* zugeordnet werden konnte.

### Daten zur Entwicklung von *Otiorhynchus singularis* und *O. smreczynskii*

Die Entwicklung dieser Arten ist bisher nicht vollständig bekannt. Diese konnte auch innerhalb des Projektzeitraums nicht geklärt werden, da die Aufklärung der Entwicklung zahlreicher weiterer Arten bereits einen erheblichen Teil der Arbeitskapazität gebunden hatte, und da Standorte mit höheren Dichten, an denen regelmäßig nach den Larven hätte gegraben werden können, nicht bekannt geworden sind, zu weit entfernt lagen oder nur im öffentlichen Grün oder in öffentlichen Parkanlagen mit höherer Besucherfrequenz lagen, was für regelmäßige Larvengrabungen nicht von Vorteil war und daher nicht mit Priorität behandelt wurde. Jeweils einmal vergeblich wurde nach den Larven von *O. singularis* (Berggarten in Hannover, 26.3. 2010, unter *Rhododendron catawbiense* 'Grandiflorum') und von *O. smreczynskii* (Baumschule in Frankfurt/Oder, 10.8. 2011, unter *Ligustrum vulgare*) gegraben.

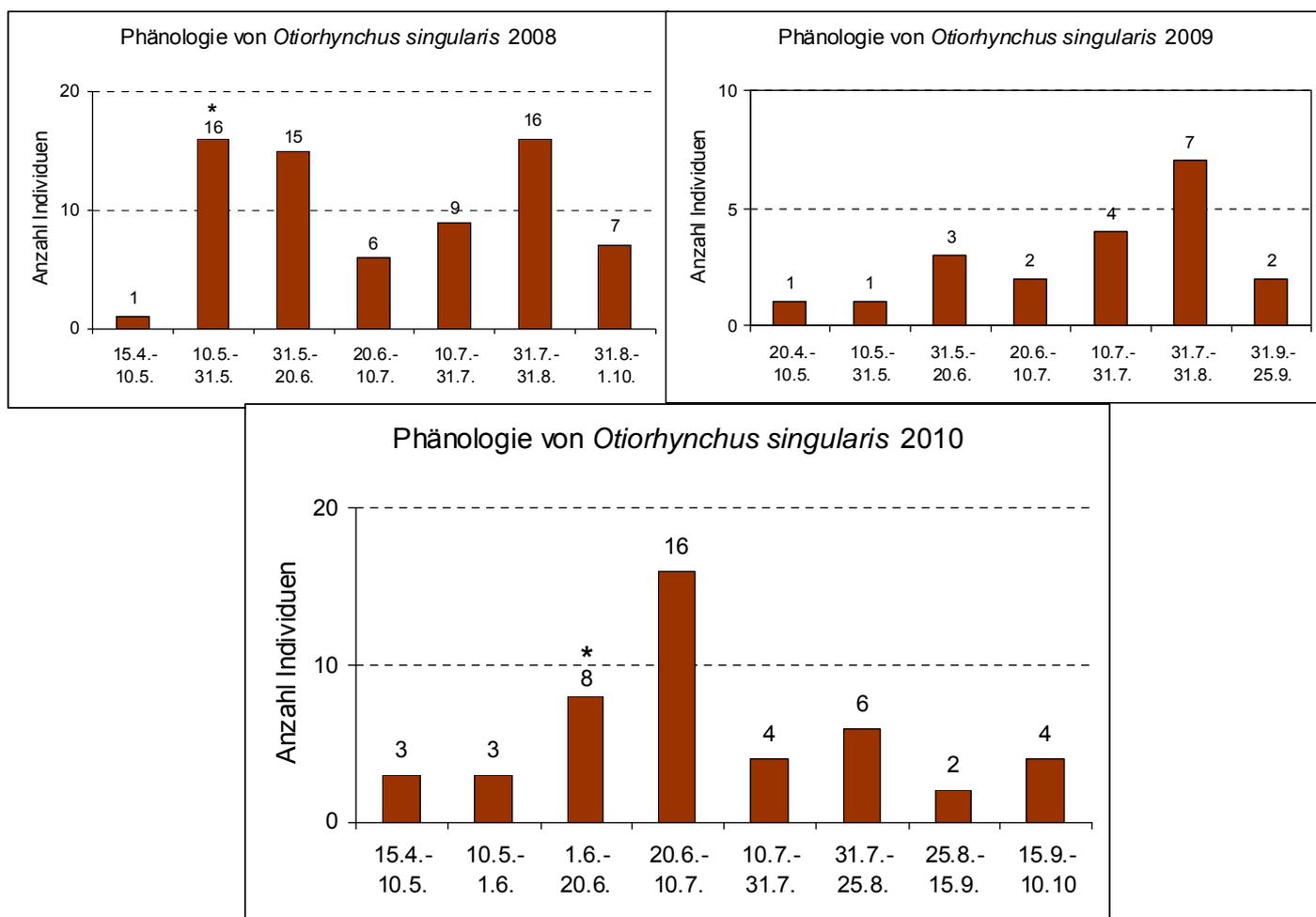


Abbildung 1.24 a-c: Zeitliches Erscheinen von *Otiorhynchus singularis* in den Anlagen 2008-2010 nach Bodenfallendaten (\*: nicht ausgehärtete Käfer vorhanden).

Die Abbildung 1.24 weist überraschenderweise nur zweimal das Auftreten frisch geschlüpfter Exemplare aus (und dabei handelte es sich jeweils nur um 1 Exemplar). Dies bedarf einer Erläuterung. Aus Klopfproben wurde deutlich, dass sich das Auftreten weicher Käfer von etwa Mitte April bis etwa Anfang/Mitte Juni erstreckt. Bei der Bewertung des Aushärtungszustandes zeigte sich bei dieser bräunlich gefärbten, mittelgroßen Art ein Problem. Die Aushärtung geht offenbar nur sehr langsam vonstatten, und selbst vollständig ausgehärtete Exemplare sind immer noch weicher und oft noch geringfügig perforierbar, im Vergleich mit ähnlich großen, dunkel bzw. schwarz gefärbten Exemplare anderer Arten. Daher kann es leicht zu einer Fehleinschätzung kommen, und es konnte beispielsweise

keine Klarheit darüber gewonnen werden, ob später im Jahr auftretende, einzelne, nicht vollständig ausgehärtete Käfer noch als immatur einzuschätzen sind, insbesondere wenn sie auch keine Eier enthielten, was bei dieser Art recht häufig vorkommt. Eindeutig (sehr) weiche oder helle Käfer, wie sie im Frühjahr auftreten, wurden von Juli an jedoch nicht mehr nachgewiesen.

Es ist sehr auffallend, dass in den ersten Fangperioden in 3 Untersuchungsjahren nur zwei eindeutig weiche Käfer in den Bodenfallen auftraten, während von der Vegetation zahlreiche weiche oder helle Exemplare geklopft werden konnten. Dies deutet auf eine ausgeprägte Kletteraktivität der jungen Käfer hin, und tatsächlich stimmt dies auch mit den Ergebnissen während des Tages durchgeführter Klopfproben überein (Tabelle 1.14). So konnten im Berggarten während des Frühjahrs bis in den Sommer hinein regelmäßig zahlreiche Exemplare von einer alten, am Boden weit ausladenden Eibe, und sogar von nicht sonderlich dicht belaubten *Rhododendron catawbiense* 'Grandiflorum'-, 'Cunningham's White'- und *Ilex aquifolium*-Gehölzen geklopft werden. Im Sommer und Herbst war ein solches Verhalten nicht mehr so ausgeprägt. Die Käfer erkletterten nun vornehmlich nachts diverse Gehölze und Stauden.

**Tabelle 1.14: Auftreten weicher Exemplare von *Otiorhynchus singularis* nach tagsüber vorgenommenen Handfängen (Klopfproben)**

Ort	Datum	Wirtspflanze	Anzahl	Bemerkungen
Berggarten	18.4.2011	<i>Ilex aquifolium</i>	2	1 ganz weich, 1 weich
Westerzelle	7.5.2010	<i>Pinus sylvestris</i>	2	weich
Bad Zwischenahn	9.5.2011	<i>Thuja occidentalis</i>	3	sehr weich, gelblich
Berggarten	10.5.2010	<i>Taxus baccata</i>	4	hell
Berggarten	11.5.2009	<i>Taxus baccata</i>	4	hell, weich
Berggarten	11.5.2009	<i>Rhododendron</i> -Hybride	2	hell, weich
Bad Zwischenahn	31.5.2011	<i>Thuja occidentalis</i>	3	alle noch weich, gelblich
Berggarten	15.6.2009	<i>Taxus baccata</i>	1	immatur

Bei der Haltung der Käfer stellte sich heraus, dass *Otiorhynchus singularis* im Gegensatz zu allen übrigen gehaltenen *Otiorhynchus*-Arten zwei weit getrennte Eiablageperioden besitzt; die erste liegt in den Monaten Mai und Juni und eine weitere im September und Oktober. Der zweiten Ovipositionsperiode geht offensichtlich nicht wie der ersten eine Schlupfperiode voraus. Eine weitere Komplikation ist dadurch gegeben, dass die Käfer über 3 Jahre alt werden können, wie sich auch durch die Haltung bestätigte. Von 20 am 28.4. 2008 im Berggarten in Hannover gesammelten Käfern lebten am 23.2. 2012 noch 2 Exemplare! Es ist anzunehmen, dass bei dieser Art stärker „ineinander geschachtelte“ Generationen vorkommen.

Die Entwicklung von *Otiorhynchus smreczynskii* ist aus verschiedenen Gründen bisher unvollständig bekannt. Aufgrund der Ergebnisse zwischen 2008 und 2010 wurde angenommen, dass die Art eine mehr oder weniger prägnante Schlupfphase im Juli und August aufweist (Abbildung 1.25), da zu dieser Zeit jeweils zahlreiche gelblich gefärbte Käfer beobachtet worden waren. Der Anteil der immaturen Käfer sollte nun im letzten Untersuchungsjahr (2011) näher bestimmt werden. Da die Art streng nachtaktiv ist, wurden dazu regelmäßige Kescherfänge (Nachtfänge) an zwei Standorten in Hannover vorgesehen. 2011 sollte die Art aber auch für die EPN-Versuche herangezogen werden.

Da aufgrund der bisher vorliegenden Daten angenommen worden war, dass der Schlupf erst ab Juli einsetzt, wurden aus den ersten Fangperioden nur zwischen 5 und 10 Käfer

konserviert, um später ihren Aushärtungszustand ermitteln zu können. Dabei stellte sich jedoch heraus, dass auch schon während der Monate April bis Juni weiche Käfer aus dem Boden kommen. Der zurückbehaltene Probenumfang erwies sich als zu gering, um dies quantifizieren zu können.

Im Juli und August waren jeweils mindestens 50% der Käfer immatur, im September sank der Anteil dann deutlich, dürfte aber deutlich über dem der Monate April bis Juni gelegen haben, in denen jeweils einzelne immature Käfer nachgewiesen wurden. Sehr bemerkenswert ist, dass bis in die 2. Oktoberhälfte hinein einzelne weiche, deutlich heller gefärbte Käfer nachgewiesen werden konnten.

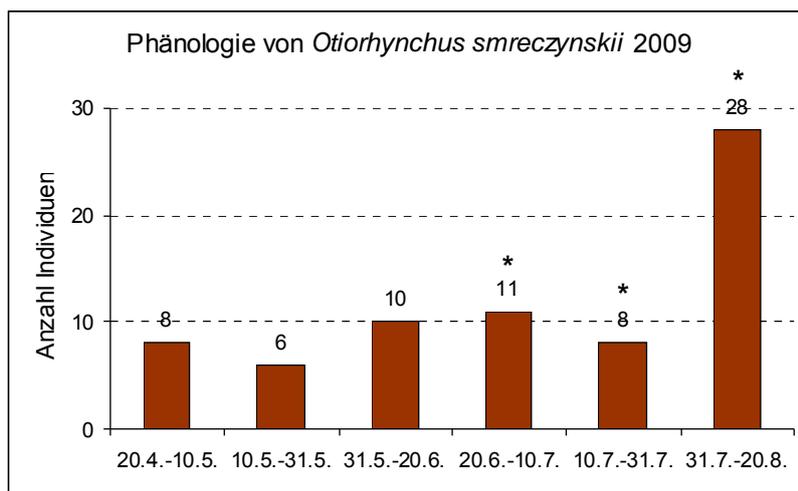


Abbildung 1.25: Zeitliches Erscheinen von *Otiorhynchus smreczynskii* 2009 nach Bodenfallendaten. (\*: nicht ausgehärtete Käfer vorhanden).

Larven oder Puppen wurden nicht gefunden. Lengerken (1919) berichtet jedoch bezüglich des nahe verwandten (und sehr wahrscheinlich sogar konspezifischen) *O. rotundatus* (jetzt *O. rotundus*), dass er Larven am 20.7. gefunden hatte, von denen sich die erste am 1.8. verpuppte. Nach diesen Befunden ist davon auszugehen, dass der Hauptschlupf tatsächlich im Juli und August erfolgt und sich mit mäßiger Intensität bis in den September erstreckt. Die Art legt, wie die meisten anderen *Otiorhynchus*-Arten, während der gesamten Vegetationsperiode Eier ab. Daher ist es nicht verwunderlich, dass frisch geschlüpfte Käfer zu unterschiedlichen Zeiten im Jahr nachgewiesen werden können.

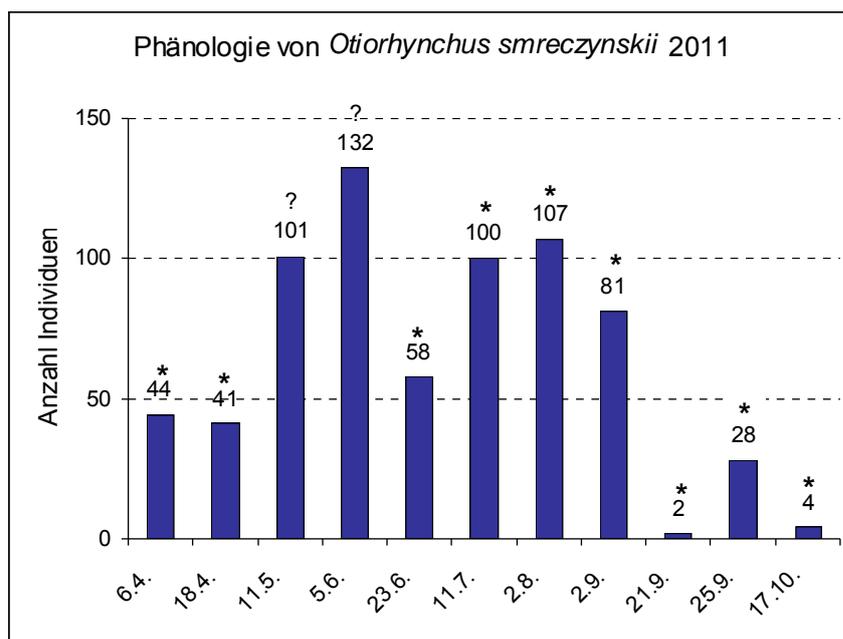


Abbildung 1.26: Zeitliches Auftreten von *Otiorynchus smreczynskii* nach Klopfproben (Nachtfängen) in Hannover 2011. (\*: frisch geschlüpfte Käfer vorhanden).

## Folgerungen

*Otiorynchus singularis*: Die Larvalentwicklung von *Otiorynchus singularis* ist noch weitgehend unbekannt; jedenfalls wurden Larvenfunde im Freiland bisher nie nachvollziehbar dokumentiert (die 4 bei VAN EMDEN 1952 aufgeführten Larven sind ohne Datumsangabe und scheinen auch etwas zu groß zu sein, um zu *O. singularis* gehören zu können), und auch die Puppe ist noch vollkommen unbekannt. Aus den beiden Eiablageperioden wird geschlossen, dass sich die Larven sowohl während des ganzen Frühjahrs und Sommers entwickeln, sowie die Bodentemperaturen dies zulassen. Die Art überwintert demnach als Larve und als Imago, wobei - zumindest theoretisch - sowohl ein- als auch zwei- bis dreijährige Käfer überwintern können. Ob die Käfer im Freiland, wie in Gefangenschaft, auch 3 Jahre alt werden, ist nicht bekannt. Ohne Kenntnis des Verpuppungszeitraums kann eine optimale Bekämpfungsempfehlung nicht abgeleitet werden.

*Otiorynchus smreczynskii*: Die Datenlücke aus der ersten Jahreshälfte hinsichtlich der Intensität des Auftretens immaturer Käfer sollte durch weitere Erhebungen geschlossen werden. Eine genauere Kenntnis der Larvalentwicklung erscheint notwendig, um einen weiteren Zeitpunkt bzw. -raum für die Ausbringung von EPN angeben zu können. Eine erste Ausbringung sollte im Mai oder Juni vor dem Hauptschlupf erfolgen. Aufgrund der starken Streuung im Auftreten immaturer Imagines sind wahrscheinlich mindestens 2 Applikationen erforderlich.

### Daten zur Entwicklung von *Otiorhynchus fullo*

*Otiorhynchus fullo* ist eine in Deutschland nur regional vorkommende Art, die als Steppen- oder Warmzeitrelikt eingestuft wird (FRANZ 1938). Sie kommt in den untersuchten Garten- und Parkanlagen, Hopfengärten, Baumschulen oder Staudengärtnereien nicht vor, trat aber häufig in einer Obstanlage (Apfel) in Thüringen auf, die zusätzlich in das Monitoring aufgenommen wurde, weil der zunächst ausgewählte Standort in Erfurt (Zentralfriedhof) keine nennenswerten Ergebnisse erbrachte, und mir das Vorkommen durch J. Hirsch und G. Kubach von der FA Geisenheim bekannt wurde, die eine Probe von *O. fullo* zur Bestimmung erhalten hatten. Daher sollten Entwicklung und mögliche Schadwirkung dieser Art überprüft werden; die Entwicklung ist nach DIECKMANN (1980) unbekannt.

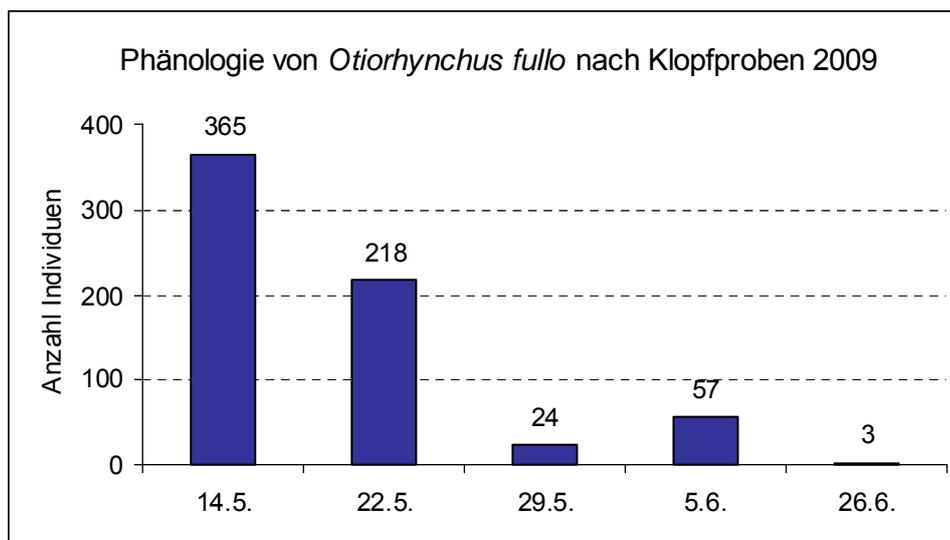


Abbildung 1.27: Zeitliches Erscheinen von *Otiorhynchus fullo* nach Klopffproben 2009 in einer Obstanlage in Großfahner (je Termin 100 Klopffkescherschläge).

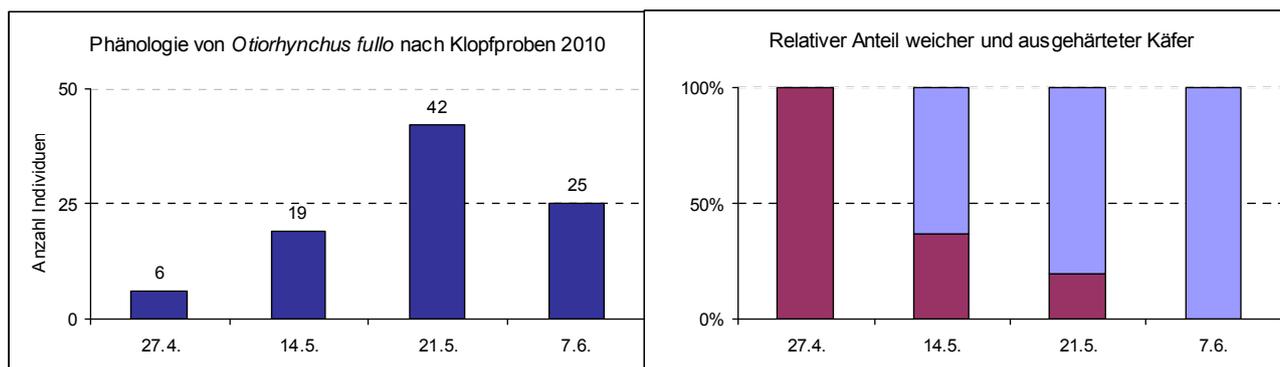


Abbildung O-ful2: Zeitliches Erscheinen von *Otiorhynchus fullo* nach Klopffproben 2010 in einer Obstanlage in Großfahner (links) und relativer Anteil weicher und ausgehärteter Käfer (rechts; violett: weiche, hellblau: ausgehärtete Käfer).

Die Klopffproben 2009 und 2010 wurden von Frau Maring von der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) durchgeführt, die auch das Auftreten an verschiedenen Apfelsorten untersuchte, das für diese Studie jedoch nicht von Interesse war. Sie stellte 2010 auch Bodenfallen auf, in denen sich jedoch nur 2 Käfer fanden, was die ausgeprägte Kletteraktivität von *Otiorhynchus fullo* unterstreicht.

Am 6.4.2010 hatte Frau Maring auch nach Larven gegraben. Die Zucht der zahlreichen zugesandten Larven ergab nur *Barypeithes pellucidus*, jedoch keinen Nachweis von *Otiorhynchus fullo* oder eines anderen Bodenrüsslers.

Die Klopfproben spiegeln das zeitliche Erscheinen der Art und die erhebliche Aktivität auf den Apfelbäumen wieder (Abbildung 1.27 und 1.28). *Otiorhynchus fullo* kommt im April und Mai als weicher Käfer aus dem Boden. Er klettert dann für den Reifungfraß auf die Wirtsbäume, wo bei starkem Auftreten Fraßschäden an den Knospen oder Blüten verursacht werden könnten. Der stärkste Blattfraß wurde, wie für flugunfähige Bodenrüssler typisch, im unteren Teil (untern Drittel) der Bäume festgestellt. Die Käfer sterben wahrscheinlich bereits im Laufe des Sommers ab, da in der 2. Jahreshälfte nur noch wenige Exemplare gefunden wurden, und da auch keine Überwinterer, d.h. bereits am Anfang der Aktivitätsperiode ausgehärtete Käfer, gefunden wurden. Immerhin konnten bei einer eigenen Begehung am 24.7.2009 nach mehrstündiger Beprobung noch 30 Käfer aus den Bäumen geklopft werden; eine zuvor erfolgte intensive Bodensuche mit Gesiebeprobennahme war erfolglos geblieben. Die Larvalentwicklung dürfte während des Frühjahrs und Sommers erfolgen. Ob sich die Larven noch vor dem Herbst verpuppen oder erst im März/April, unmittelbar bevor sie wieder aus dem Boden hervorkommen, ist nach wie vor unbekannt.

Frau Maring hat die mögliche Schadwirkung von *Otiorhynchus fullo* auf Apfelbäumen im Rahmen einer Exaktkartierung 2009 und 2010 untersucht und kommt zu dem Schluss, dass die Käfer zwischen Blüte und Blattbildung die meiste Nahrung aufnehmen, was allerdings keinen nennenswerten Schaden nach sich zieht. Sie möchte jedoch einen Effekt der Larven auf das Wachstum der Bäume nicht ausschließen, da die Wuchsleitung der Bäume an diesem Standort relativ gering ist. Sie führt aber auch „Bodenmüdigkeit“ als eine mögliche Ursache an.

### Daten zur Entwicklung von *Liophloeus tessulatus*, *Otiorhynchus lugdunensis*, *O. morio*, *Peritelus sphaeroides*, *Philopodon plagiatum*, *Sciaphilus asperatus* und *Tanymecus palliatus*

Auf die folgenden Arten soll nur kurz eingegangen werden, da zu diesen meist weniger umfangreiche eigene Daten vorliegen. Zudem ist ihre Lebensweise incl. der Larvalentwicklung bereits gut dokumentiert. *Barypeithes*-Arten, insbesondere *B. pellucidus*, waren bis auf die Hopfengärten an fast allen Standorten häufig oder sehr häufig vorhanden, haben aber keinen erkennbaren Einfluss auf die Kulturpflanzen. Berichte über eine Schädlichkeit von *Barypeithes pellucidus* aus England liegen bereits 100 Jahre zurück. Daneben wurden auch noch *B. trichopterus* (ziemlich verbreitet), *B. mollicornis* (selten) und *B. araneiformis* (2 Exemplare) gefunden.

*Otiorhynchus ovatus* trat zwar in einigen Baumschulen häufiger auf, verursachte jedoch keine erkennbaren Schäden; Lebensweise und Larvalentwicklung sind zudem recht gut bekannt, und die Art tritt vor allem im Gemüsebau („Erdbeerwurzelrüssler“) als Schädling in Erscheinung. Die beiden *Strophosoma*-Arten, *S. capitatum* und *S. melanogrammum*, waren in den untersuchten Baumschulen, Garten- und Parkanlagen ebenfalls zu selten, um einen messbaren Einfluss haben zu können. Sie können vor allem in Forstpflanzungen schädlich werden, aber auch in waldnahen Kulturheidelbeerneuanlagen (vgl. ENTROP 2001).

#### *Peritelus sphaeroides*

*Peritelus sphaeroides* ist eine ziemlich polyphage kleinere Art, die in Deutschland in den westlichen und südlichen Bundesländern einheimisch ist und nach Niedersachsen und Ostdeutschland eingeschleppt wurde und hier inzwischen meist eingebürgert ist. Sie trat in einem Hopfengarten (Geisenfeld: Kolmhof) und in einer Garten- oder Parkanlage (Bocholt) in höherer Dichte an Hopfen bzw. Kirschlorbeer (*Prunus laurocerasus*) auf.

Die am 24.3. und 30.3. aus Bocholt von Siegmund Scharf erhaltenen Käfer waren zu 100% noch weich, d.h. Überwinterer waren unter ihnen nicht zu finden. Alle im Labor gehaltenen Käfer starben im Verlaufe des Sommers ab, und am 22.4. und 16.5. waren die Bocholter Käfer bereits ausgehärtet (Abbildung 1.29). Die Käfer aus Kolmhof müssen deutlich später aus dem Boden gekommen sein, da hier auch noch in der 2. Maihälfte einige nicht vollständig ausgehärtete Imagines festgestellt wurden (Abbildung 1.30). Bereits am 26.4. wurden kopulierende Exemplare in einer Probe lebender Käfer aus Bocholt beobachtet.

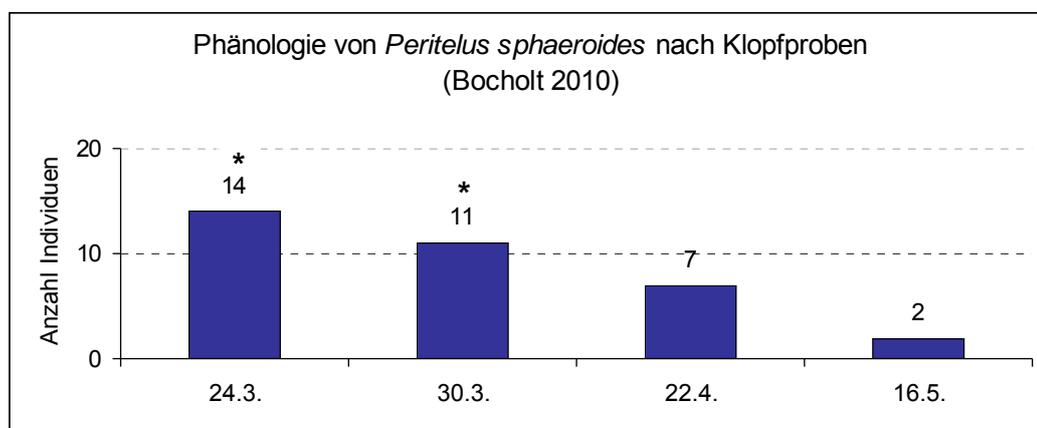


Abbildung 1.29: Zeitliches Erscheinen von *Peritelus sphaeroides* im Stadtgebiet von Bocholt nach Klopfproben. \*: nicht ausgehärtete Käfer vorhanden.

Larvenfunde liegen zwar nicht vor; es ist jedoch aufgrund dieser Verhältnisse anzunehmen, dass die Larvenentwicklung bereits im Mai einsetzt. Zwei Weibchen vom 22.4. 2010 aus Bocholt hatten bereits 5 bzw. 6 im Abdomen. Da die Käfer nach DIECKMANN (1980) überwintern, ist anzunehmen, dass die Verpuppung im Sommer (Juni-August) erfolgt, und dass die fertigen Käfer in der Puppenwiege bleiben. Unter günstigen klimatischen Verhältnissen kommen die ersten bereits im März aus dem Boden. Die Aushärtung erfolgt dann innerhalb weniger Wochen.

Diese Darstellung wird weitgehend auch von HOFFMANN (1963) bestätigt (und ergänzt). Nach seinen Angaben entwickeln sich die Larven ziemlich schnell, und in Frankreich erscheinen die Käfer der neuen Generation bereits ab Juni bis Ende August. Diese verursachen oft weitere Schäden und überwintern dann, während die Käfer der alten Generation absterben. Der Entwicklungszyklus von *Peritelus sphaeroides* kann somit als geklärt angesehen werden.

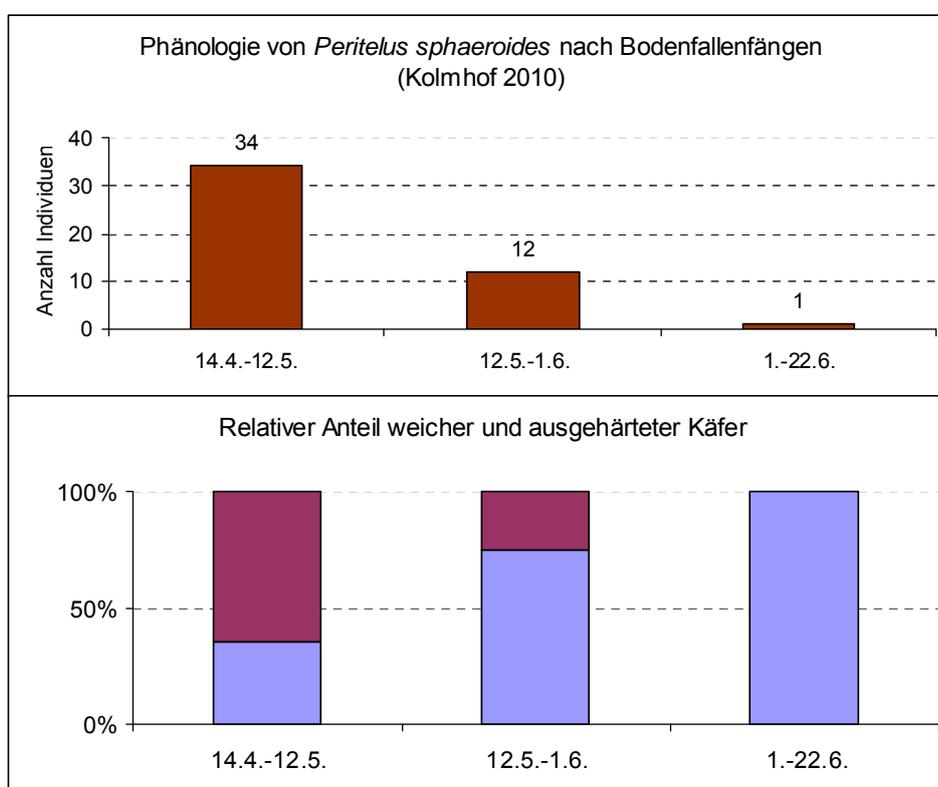
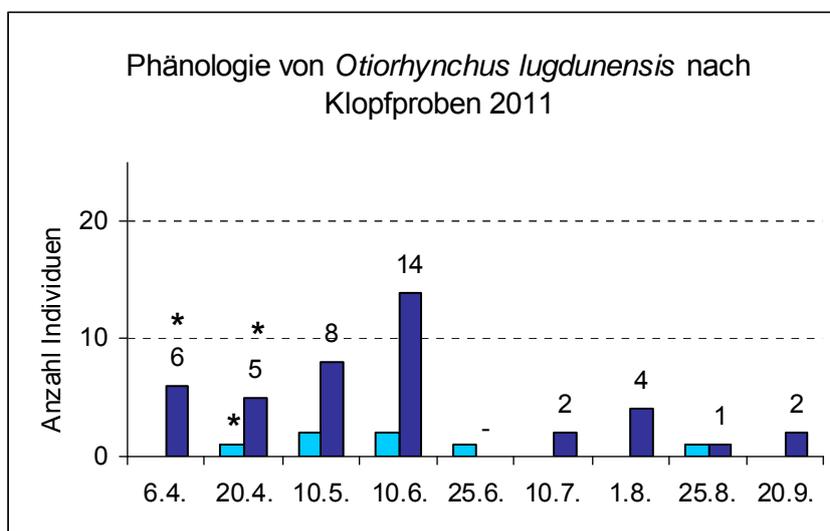


Abbildung 1.30: Zeitliches Auftreten von *Peritelus sphaeroides* in einem bayerischen Hopfengarten (Geisenfeld: Kolmhof) 2010 nach Bodenfallendaten; violett: nicht ausgehärtete Käfer, hellblau: ausgehärtete Käfer.

### *Otiorhynchus lugdunensis*

*Otiorhynchus lugdunensis* ist eine taxonomisch schwierig zu bewertende Form; die Verwendung dieses Namens ist vorläufig; wahrscheinlich ist diese Form mit *O. clavipes* identisch bzw. eine biologische Rasse.



**Abbildung 1.31: Zeitliches Erscheinen von *Otiorhynchus lugdunensis* an zwei Standorten (blaugrün: Bad Zwischenahn [Klopffproben am Tag]; blau: Hannover-Linden [Nachtfang]; \*: nicht ausgehärtete Käfer vorhanden; - : keine Daten erhoben).**

Nicht ausgehärtete Käfer wurden jeweils am Anfang der Saison gefunden (siehe z.B. Abbildung 1.31); ein einzelner weicher Käfer stammt jedoch vom 2.7. 2008. Dieser Befund war zunächst nicht verständlich. Die Käfer wurden im Mai kopulierend beobachtet. Sie legen dann während der Vegetationsperiode Eier ab. Eine Möglichkeit zur Suche nach Larven oder Puppen ergab sich aufgrund zu geringer Dichten nicht. Jedoch beschreibt wiederum HOFFMANN (1963) weitere Einzelheiten der Entwicklung. Demnach bringen die frühen Eiablagen adulte Käfer hervor, die im Spätsommer/Herbst aus der Puppe schlüpfen, jedoch im Boden bleiben und bei Frühlingsanfang aus dem Boden kommen. Die späten Eiablagen führen dagegen zu überwinterten Larven, die sich erst am Ende des Frühlings oder im Sommer des folgenden Jahres verpuppen. Die daraus hervorgehenden Käfer erscheinen im Juli-August. Dies erklärt auch das Auftreten eines weichen Käfers Anfang Juli.

2011 trat die Art in einer der beiden regelmäßig beprobten Baumschulen in Bad Zwischenahn nur selten auf, nachdem im Vorjahr zahlreiche Imagines beobachtet worden waren. Auf die große Trockenheit und Wärme im April 2011 schien der Art sehr empfindlich zu reagieren. Bei einer Begehung am 10.6. 2011 (Nachtfang) wurden nur ein lebender und Reste eines toten Käfers gefunden. Das Vorkommen in Hannover-Linden befindet sich in einer geschützteren Parkanlage. Die Art zeigte hier im Laufe des Frühjahrs keinen Rückgang.

### *Otiorhynchus morio*

Zu dieser großen Art liegen nur wenige Daten vor. Sie trat nur an einem Standort, einer Staudengärtnerei in Hildesheim, auf. Da leichte Böden gemieden werden, kommt sie in Norddeutschland nur sehr lokal vor, ist aber in der Mittelgebirgsregion und in den Alpen nicht selten. Die Art besiedelte auch keine Blumentöpfe, sondern trat nur im Freilandbereich auf, wo die Pflanzen direkt im Tonboden wachsen. Wie bei *Otiorhynchus lugdunensis*, wurden am Anfang der Saison weiche und kopulierende Käfer beobachtet. Jedoch datieren alle Funde von *O. morio* aus den Monaten April und Mai (insgesamt 43 Exemplare in 4 Jahren), nur ein Einzelexemplar wurde auch im Juni beobachtet. Die Art verhielt sich an diesem Standort ausgesprochen nachtaktiv; am Tage wurden keine Käfer beobachtet. Eine einmalig am 13.4. 2011 durchgeführte Larvensuche blieb erfolglos und ergab nur *Barypeithes pellucidus*-Larven und -Puppen. Hinweise für eine größere Schädlichkeit der Art ergaben sich ebenfalls nicht.

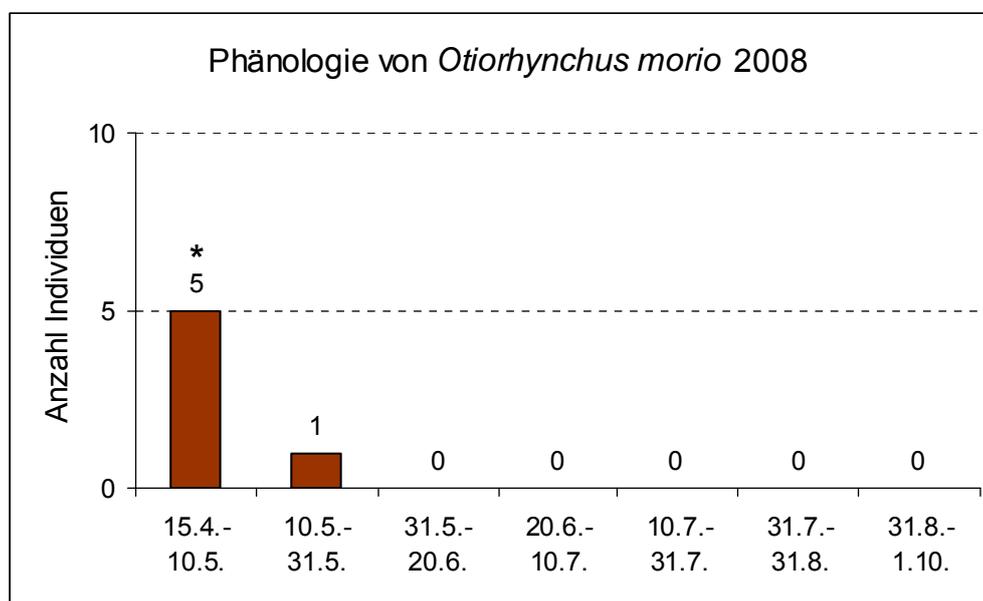


Abbildung 1.32: Zeitliches Erscheinen von *Otiorhynchus morio* nach Bodenfallenfängen (Hildesheim 2008).

### *Philopodon plagiatum*

Im Projektzeitraum wurde nur einmal ein Schadauftreten dieser Art in einer Gärtnerei im Landkreis Celle bekannt; der Standort konnte jedoch nicht aufgesucht werden. *Philopodon plagiatum* ist eine psammophile (sandliebende) Art, deren Schwerpunktlebensraum Dünen und lückig bewachsene Sandmagerrasen sind. Sie kommt bei uns nur in den quartären Sandlandschaften Norddeutschlands vor. Ein bekannter Fundort von *Philopodon plagiatum* wurde 2011 dreimal aufgesucht, um Daten zur Entwicklung zusammenzutragen. Dabei handelt es sich um einen Sandmagerrasen in Hannover-Vahrenheide, auf dem die Art im Rahmen eines Monitorings zur Wiederherstellung eines zeitweise überbauten Areals (Expo-Parkplatz) 10 Jahre zuvor gefunden worden war. Das Artenspektrum dieses Gebiets ist somit sehr gut bekannt, so dass Verwechslungen der (noch nicht bestätigten) Larven mit anderen Kurzrüsslern ausgeschlossen werden können. Zudem wurde immer exakt dieselbe Probestelle von wenigen Quadratmetern aufgesucht, nachdem dort im Frühjahr frisch geschlüpfte Imagines gefunden worden waren. Die Ergebnisse der Larvensuche sind in Tabelle 1.15 wiedergegeben.

**Tabelle 1.15: Auftreten von Larven und weichen Käfern von *Philopedon plagiatum* auf einem Sandmagerrasen in Hannover-Vahrenheide**

Datum	Wirtspflanze	Ausgewachsene Larve (L5?)	< L5	Weiche Käfer
10.4.2011	<i>Plantago lanceolata</i>	0	0	4
2.10.2011	<i>Plantago lanceolata</i>	5	1	0
2.10.2011	<i>Nardus stricta</i>	0	4	0
11.11.2011	diverse Pflanzen	2	5	0

Demnach schlüpft die Art im ersten Frühjahr aus der Puppe, beginnt bald darauf mit der Eiablage und entwickelt sich im Laufe des Jahres bis zum letzten oder vorletzten Larvenstadium und überwintert. Die Entwicklung von *Philopedon plagiatum* ist bisher anscheinend noch nicht untersucht worden. DIECKMANN (1980) bestätigt diese Befunde aber im Wesentlichen und ergänzt, dass er auch 2 überwinternde Imagines (ein Pärchen) gefunden habe.

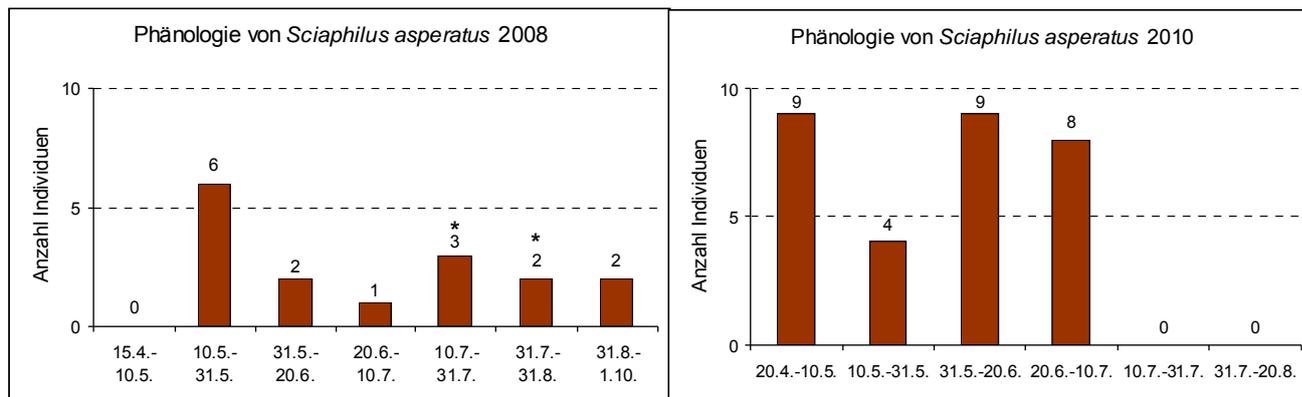
#### *Liophloeus tessulatus*

Von dieser Art wurden insgesamt 4 weiche Käfer gefunden: 2 am 6.4. 2011 in einer Gartenanlage in Hannover an rankendem Efeu und je einer am 21.4. und 8.5. 2010 in Groß Döbbern (leg. M. Lehmann). Da die Entwicklung dieser Art bereits von MÜHLE & FRÖHLICH (1951) untersucht und von DIECKMANN (1980) zusammengefasst wurde, wurde ihr keine besondere Aufmerksamkeit entgegengebracht, zumal davon ausgegangen wurde, dass aus den vorliegenden Daten Empfehlungen für einen möglichen Bekämpfungszeitpunkt für eine Behandlung mit EPN abgeleitet werden können.

Nach MÜHLE & FRÖHLICH (1951) bzw. DIECKMANN (1980) stellt sich die Entwicklung am Liebstöckel wie folgt dar: Die frisch entwickelten Käfer verlassen Mitte April bis Anfang Mai den Boden und begeben sich zum Reifungsfraß auf ihre Wirtspflanzen (zu denen außerdem Efeu und verschiedene weitere Doldenblütler gehören). Die Eier werden von Mitte Mai bis Anfang Juli auf die Unterseite der Fiederblättchen gelegt, und dieses wird mit einem anderen Blatt mit Hilfe eines Sekrets aus einer Kittdrüse verklebt. Die Larven schlüpfen nach 2-3 Wochen und dringen in den Wurzelhals ein, den sie mit Fraßgängen durchsetzen oder sie fressen Rinnen in die Wurzel. Im Herbst wandern die Larven dann in den Boden, um in 30-40 cm Tiefe zu überwintern. Im nächsten Frühjahr fressen die Larven erneut an den Wurzeln und dringen im Sommer wieder in den Boden ein (wiederum in ca. 30-40 cm Tiefe), um sich dort Mitte Juli bis Anfang August zu verpuppen. Nach durchschnittlich 23 Tagen schlüpfen die Käfer und verbleiben in der Erdzelle, wo sie auch überwintern. Diese erscheinen dann im April/Mai auf der Bodenoberfläche. Demnach benötigte diese Art zwei Jahre für ihre Entwicklung!

#### *Sciaphilus asperatus*

Dieser 5-6 mm große Bodenrüssler tritt verbreitet in Garten- und Parkanlagen und Staudengärtnereien auf, verursacht jedoch nur geringe Schäden. Trotz einer hohen ökologischen Potenz trat die Art als Besiedler von Blumentöpfen nicht bzw. nur ausnahmsweise auf. *Sciaphilus asperatus* ist polyphag und entwickelt sich an einer Vielzahl von Stauden (z.B. *Astilbe*, *Epimedium* oder *Tiarella*), aber auch einigen Gehölzen (z.B. *Rhododendron*).



**Abbildung 1.33: Zeitliches Erscheinen von *Sciaphilus asperatus* nach Bodenfallenfängen 2008 und 2010.**

Die Eier werden ab April bis Juli abgelegt, und die Larven entwickeln sich im anschließenden Zeitraum (Frühjahr bis zum Sommer). Die Verpuppung erfolgt nach DIECKMANN (1980) von Juni bis August. Frisch geschlüpfte Exemplare traten regelmäßig im Juli und August auf (Abbildung 1.33), wurden nach DIECKMANN (1980) aber bis in den Oktober hinein gefunden. Die Daten aus den Bodenfallen zeigen für 2010 keine Fänge zwischen dem 10.7. und 20.8. Auch die Anzahl frisch geschlüpfter Käfer in den Handfängen war 2010 nur gering: insgesamt wurden nur 5 immature Käfer (5. und 20.8.) gefunden.

#### *Tanymecus palliatus*

Von *Tanymecus palliatus* wurde bei der Suche nach *Otiorhynchus ligustici*-Larven auch ein noch in der Puppenwiege befindlicher Käfer ausgegraben (Kittlitz, 31.3. 2010), und 4 weiche Käfer wurden am 22.4. 2011 an einem Ackerrand bei Gehrden (Hannover) von Disteln und Brennesseln gekeschert. Die Art entwickelt sich an diesen Unkräutern sowie an verschiedenen krautigen Kulturpflanzen wie Rübe, Melisse, Luzerne oder Esparsette.

Da *Tanymecus palliatus* in der ehemaligen UdSSR an Rüben und Sonnenblumen schädlich auftrat, wurde der Entwicklungszyklus dort untersucht. Zusammenfassende Darstellungen finden sich bei HOFFMANN (1963) und DIECKMANN (1983). Die ukrainische Originalliteratur ist in Deutschland nicht verfügbar (u.a. erschienen in den Transactions of the Agricultural Experiment Station of Poltava [in Ukrainisch]). Die Käfer erscheinen demnach im Mai auf den Pflanzen und legen die Eier gruppenweise in den Boden oder an bodennahe Pflanzenteile ab. Die Larven schlüpfen nach 3-4 Wochen und bohren sich in den unteren Teil des Stängels oder in den Wurzelhals ein. Danach begeben sie sich in den Boden und fressen an den Wurzeln. Sie benötigen 13-14 Monate für ihre Entwicklung. Zur Überwinterung dringen sie 1-2 m tief in den Boden ein. Im Frühjahr kommen sie wieder nach oben, setzen die Ernährung fort und verpuppen sich zwischen Juni und August in etwa 50 cm Tiefe. Die nach 20-25 Tagen schlüpfenden Käfer bleiben in der Puppenwiege und erscheinen im nächsten Frühjahr (April-Mai) auf der Bodenoberfläche. Für die Entwicklung werden somit mindestens 2 Jahre benötigt; es soll auch Larven geben, die ein 2. Mal überwintern.

#### *Barynotus* spp.

Die Entwicklung der *Barynotus*-Arten ist nur unzureichend unbekannt. Nur von *B. obscurus* sind bei VAN EMDEN (1952) zwei Larvenfunde dokumentiert: Einer vom 18.12. 1948 und ein weiterer fraglicher vom 3.2. 1949. Am 9.4. 2011 konnten zwei noch weiche *B. moerens* in

einem Hausgarten unter Primeln gefunden werden (Aerzen: Königsförde). Dies deutet auf eine Überwinterung der Larven mit Verpuppung und Schlupf im ersten Frühjahr (März/April) hin, müsste aber durch eingehendere Untersuchungen erhärtet werden.

#### *Pachyrhinus lethierryi* und *Parascythopus exsulans*

Die Entwicklung von *Pachyrhinus lethierryi* (Polydrusini) und *Parascythopus exsulans* (Phyllobiini) stand nicht im Mittelpunkt der Untersuchungen, da bei den flugfähigen Arten der Triben Phyllobiini und Polydrusini ein prinzipiell sehr ähnlicher Zyklus vorliegt: Die Käfer schlüpfen im Frühjahr aus der Puppe und erscheinen zwischen Mitte April und Juni auf den Wirtspflanzen, wo sie einen Reifungsfraß machen. Danach werden die Eier abgelegt, und die Käfer sterben im Laufe des Sommers ab. Spätestens ab etwa Anfang August sind keine Imagines mehr zu finden. Die Larven entwickeln sich während des Frühjahrs und Sommers und überwintern im letzten Stadium. Eine Beschreibung der erwachsenen Larve und der Puppe von *P. lethierryi* sowie eine Liste der von der Art besiedelten Gehölze findet sich bei GOSIK et al. (2010).

#### **Ergänzung: Dissertation von R.J. Willis (1964): The bionomics and larval morphology of the otiorrhynchid pests of soft fruit crops. Thesis. The Queen's University of Belfast, 250 pp. (+ appendix, 60 pp.)**

Kurz nach der vorläufigen Abgabe dieses Berichts am 29.2.2012 traf um den 20. März 2012 eine Kopie dieser sehr umfangreichen Dissertation ein, die nur per Auslandsfernleihe aus der McClay Library in Belfast zu erhalten war. (Ein erster vergeblicher Beschaffungsversuch auf anderem Wege war bereits Ende 2010 unternommen worden). Diese wichtige Arbeit hat bisher keinen Eingang in die aktuelle Literatur zur Entwicklung und zum Schadpotenzial von Bodenrüsslern gefunden und konnte wegen des späten Eintreffens auch hier bei der Besprechung der Ergebnisse nicht mehr berücksichtigt werden. Sowohl bei DIECKMANN (1980) als auch bei ALFORD (1997) bzw. ALFORD (2007) ist die Entwicklung von *Otiorhynchus porcatus* und *O. singularis* nicht oder nur unvollständig bzw. unzutreffend dargestellt. Dies liegt vor allem daran, dass der Autor seine Ergebnisse nie in einer Fachzeitschrift oder einem Gartenmagazin veröffentlicht hat und wahrscheinlich auch nicht auf Tagungen darüber berichtet hat. - Obwohl er an der Universität in Belfast von 1949 -1980/81 in der Abteilung für Landwirtschaftliche Zoologie als 'Lecturer' (ab 1965 'Senior lecturer') tätig war (schriftl. Mitteilung Heidi Boyle, Mc Clay Library).

Zur Entwicklung von *Otiorhynchus singularis* hatte WILLIS (1964) bereits ermitteln können, dass sich die Larven zwischen Anfang Juli und August verpuppen und als nicht ausgehärtete Käfer in der Puppenwiege überwintern. Daneben überwintern auch adulte Käfer. Die in der Puppenwiege befindlichen Käfer besitzen noch die Mandibelzähne und bleiben über Monate hinweg weich. Darüber hinaus hatte er aufgrund morphologischer Studien festgestellt, dass die Larve von VAN EMDEN (1952) unzutreffend beschrieben worden war. Dass die Größenangabe bei VAN EMDEN (1952) sehr wahrscheinlich unzutreffend ist, wurde im Rahmen dieser Studie ebenfalls festgestellt.

Die Entwicklung von *Otiorhynchus porcatus* wurde ebenfalls eingehend anhand von Freilandstudien von WILLIS (1964) untersucht. Demnach erscheinen die überwinterten Käfer im März und April und beginnen mit der Eiablage, die sich den ganzen Sommer hindurch erstreckt. Die aus früh abgelegten Eier schlüpfenden Larven entwickeln sich während des Frühjahrs und Sommers zu Käfern der nächsten Generation, während aus den spät abgelegten Eiern Larven schlüpfen, die überwintern und sich ebenfalls erst im folgenden Sommer verpuppen und zu fertigen Käfern entwickeln. Diese Daten stehen nicht im Widerspruch zu den hier in Freiland-Topfkulturen erzielten Ergebnissen, ergeben aber nun ein noch vollständigeres Bild der Entwicklung dieser Art.

Hierin zeigt sich auch ein Grundmuster in der Entwicklung einer größeren Gruppe von *Otiorhynchus*-Arten, das jedoch bei jeder Art in spezifischer Weise abgewandelt ist. Dies könnte z.B. auch auf *Otiorhynchus raucus* zutreffen, zumal hier die Daten zur Entwicklung auf nur sehr wenigen Larvenfunden beruhen, und auch in dieses Schema passen würden, so dass eine generelle zweijährige Entwicklung, wie hier zunächst postuliert wurde, nicht gegeben sein muss. Diese Art wurde jedoch auch von WILLIS (1964) nicht untersucht.

### 1.3.2. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass es zahlreiche Arten potenziell schädlicher Bodenrüssler gibt - unter ihnen mehrere erst in den letzten Jahren eingeschleppte oder sich in Deutschland ausbreitende Arten - und dass aufgrund der unterschiedlichen Wirtspflanzennutzung, ihrer unterschiedlichen Bedeutung als Schadinsekt, den unterschiedlichen Artenspektren von Baumschulen, Staudengärtnereien und Hopfengärten, den unterschiedlichen Entwicklungszyklen der Arten und den teilweise verschiedenen Bekämpfungsoptima hinsichtlich des Zeitpunktes für eine Ausbringung von EPN die Notwendigkeit besteht, die jeweils relevanten Arten in einer bestimmten Anlage zu kennen, um ggf. gezielt gegen diese vorgehen zu können. Nachdem umfangreiche Daten zur Entwicklung der Arten zusammengetragen wurden, ihre Schädlichkeit bewertet und mögliche Zeiträume für einen EPN-Einsatz abgeleitet wurden, wurde an einem digitalen Bildbestimmungsschlüssel für bodengebundene Schadrüssler gearbeitet (noch nicht abgeschlossen), und in Zusammenarbeit mit der LK Schleswig-Holstein wurden Versuche konzipiert und durchgeführt, die zeigen sollten, ob bestimmte Nematodenarten prinzipiell wirksam gegenüber den Larvenstadien mehrerer ausgewählter Arten potenzieller Schadrüssler sind. Damit wurden wichtige Voraussetzungen geschaffen, um entomopathogene Nematoden gezielter gegen schädliche Bodenrüssler einsetzen zu können.

### 1.4. Zusammenfassung

Im Rahmen vierjähriger Erhebungen zum Vorkommen und zur Ausbreitung potenziell schädlicher Bodenrüssler in Deutschland wurden 48 Arten und 20 968 Individuen nachgewiesen. Ihre Verteilung auf Baumschulen, Staudengärtnereien, Gartencenter, Garten- und Parkanlagen, Hopfengärten und einige weitere Standorte wurde ermittelt.

Für Baumschulen typisch sind zahlreiche polyphage Gehölzbewohner. Unter diesen gibt es mehrere neu eingeschleppte Arten wie *Otiorhynchus salicicola*, *O. crataegi*, *O. armadillo* (nur im Westen bis Südwesten Deutschlands einheimisch) sowie die beiden an Zypressengewächse gebundenen *Pachyrhinus lethierryi* und *Parascythopus exsulans*.

Das Artenspektrum von Staudengärtnereien unterscheidet sich sehr stark von dem der Baumschulen. Neben dem in beiden Anlagen-Typen gemeinsam vorkommenden *Otiorhynchus sulcatus* ist *Otiorhynchus porcatus* vor allem in den Topfkulturen hier stärker vertreten. Wo die Pflanzen in Gartenboden wachsen, kommen zahlreiche Arten hinzu, z.B. *Sciaphilus asperatus*, *Otiorhynchus raucus*, *O. dieckmanni*, *O. rugosostriatus*, *O. morio* oder *Barynotus obscurus*.

Nahezu alle Arten aus Baumschulen und Staudengärtnereien finden sich auch in der einen oder anderen Garten- und Parkanlage, die gewissermaßen als ein Reservoir für schädliche aber auch einige seltener Arten fungieren. *Barypeithes pellucidus* ist mehr oder weniger ubiquitär vorhanden, und *Barypeithes trichopterus* ist erheblich weiter verbreitet, als es bisher bekannt war. Bemerkenswert war, dass in der Garten- und Parkanlage mit den meisten Bodenrüssler-Arten, dem Berggarten in Hannover, mit Ausnahme von *Otiorhynchus dieckmanni* keine der neu eingeschleppten Arten gefunden werden konnte.

Gartencenter konnten nur stichprobenartig untersucht werden. Demzufolge ist ihr Artenspektrum auch weniger gut bekannt. Wie bei vielen Baumschulen, konnte eine gewisse Verteilerfunktion im Rahmen der Ausbreitung/Einschleppung von Arten beobachtet werden. Mit dem Nachweis von *Otiorhynchus cribricollis* in Heilbronn durch Klaus Schrameyer wurde erst die 2. Verschleppung dieser Art nach Deutschland bekannt.

In Hopfengärten gab es insgesamt nur 4 Arten, unter ihnen vor allem der bekannte Schadrüssler *Otiorhynchus ligustici* sowie auch *Peritelus sphaeroides*, der in einer Anlage schädlich in Erscheinung trat.

Des Weiteren wurde das Schadpotenzial der Arten eingeschätzt. Die durch die umfangreichen Freilandbeobachtungen zur Häufigkeit, zum Wirtspflanzenspektrum, zum Auftreten in Blumentöpfen und zu den Fraßschäden zusammengetragenen Daten dienten zur Aufstellung einer Rangfolge bzw. einer Einteilung in Schädlingkategorien, die auch als Grundlage für die Auswahl der in EPN-Versuchen (Wirksamkeitstests) hinsichtlich ihrer Empfindlichkeit gegenüber entomopathogenen Nematoden (EPN) zu prüfenden Bodenrüsslerarten herangezogen wurde.

Zur Darstellung der Ausbreitung der Arten wurden Herkunft und Erstnachweis in Deutschland bei allen neu eingeschleppten Bodenrüsslern recherchiert. Des Weiteren wurden die im Rahmen des Monitorings ermittelten (Neu-)Nachweise durch Vergleich mit dem Stand von 1998 (Checkliste der Käfer Deutschlands) visualisiert.

Die im Rahmen des Monitorings ermittelten Wirtspflanzenspektren von vier mehr oder weniger polyphagen Gehölzbewohnern und einer an Stauden gebundenen Art wurden beispielhaft vorgestellt, und es wurde kurz auf die geplante Herausgabe eines digitalen Bildbestimmungsschlüssels für alle relevanten Schadrüssler und weitere Kurzrüssler hingewiesen, der in der Reihe SNUDEBILLERextra des Curculio-Instituts e.V. in Zusammenarbeit mit der BLE als CD Rom erscheinen soll.

Schließlich wurde ein größerer Teil der abrufbaren Arbeitsleistung in die Sammlung von Daten zur Entwicklung der Bodenrüssler investiert, um Hinweise auf einen günstigen Zeitpunkt oder Zeitraum zur Ausbringung von EPN ableiten zu können. Dazu wurden die Bodenfallenfänge hinsichtlich des zeitlichen Erscheinens der Käfer unter besonderer Berücksichtigung des Auftretens weicher Exemplare ausgewertet. Es wurden Daten zur Eiablage durch Sezieren und Haltung der Käfer sowie zum Auftreten der Larven (und Puppen) durch regelmäßiges Durchsuchen von Blumentöpfen und gezielte Bodengrabungen im Freiland gewonnen, und es wurde auch mit dem Aufbau von Zuchten begonnen, um sichere Vergleichsexemplare von Larven oder Puppen für eine Neubeschreibung oder Redeskription (in Zusammenarbeit mit R. Gosik) zu erhalten, und um auf Erfahrungen bei der Züchtung verschiedener Arten sowie im Umgang mit den Larven zurückgreifen zu können. Durch regelmäßige Klopfproben wurden Daten zur Entwicklung von *Otiorhynchus lugdunensis* und *O. smreczynskii* zusammengetragen.

Die Entwicklung von *Otiorhynchus crataegi* und *Otiorhynchus porcatus* wurde zum ersten Male dargestellt, ebenso die von *O. armadillo*, da dessen Larvenstadien von dem gemeinsam auftretenden *O. sulcatus* unterschieden werden konnten. Für *O. raucus* ist ein zweijähriger Entwicklungszyklus wahrscheinlich, wenn auch nicht endgültig bewiesen. Es konnte an mehreren Beispielen aufgezeigt werden, dass das Auftreten weicher Käfer nicht an einen unmittelbar vorausgehenden Imaginalschlupf gekoppelt ist, vielmehr bleiben zahlreiche Arten wie z.B. *Otiorhynchus ligustici* über Monate unausgehärtet in der Puppenwiege, ehe sie im ersten Frühjahr aus dem Boden kommen und dann in kurzer Zeit aushärten. Für diese und zahlreiche weitere Arten wurden Empfehlungen für den zeitlichen Einsatz von EPN abgeleitet. Diese orientieren sich insofern an der Haupteiablage- und

Verpuppungsphase und bei kurzlebigen Arten wie *O. ligustici* auch am Absterben der Imagines, dass die EPN nach Möglichkeit vor der Verpuppung, nach dem Schwerpunkt der Eiablage bzw. nach dem Absterben der Imagines ausgebracht werden sollten. Zudem wurden keine Monate mit niedrigen Temperaturen vorgesehen, weil dann eine ausreichende Wirksamkeit der EPN nicht gewährleistet ist.

Zur Vorbereitung der EPN-Versuche wurden zahlreiche Arten in größerer Anzahl gehalten. Vorgesehen waren zwei etwa 4 Wochen getrennte Ausbringungstermine, an denen jeweils etwa 1000 Eier je Art eingesetzt werden sollten, d.h. in 2 Chargen mit je 10 Eiern pro Topf. Je Versuchansatz wurden in der Regel 6 Nematodenarten (je 3 *Heterorhabditis*- und 3 *Steinernema*-Arten) in die Wirksamkeitstests einbezogen. Die Tests wurden durchweg von Thorsten Ufer (LK Schleswig-Holstein) durchgeführt. Bei *Otiorhynchus porcatus* wurde aufgrund geringer Eiablagerrate in den Vorversuchen mit Larven statt mit Eiern gearbeitet, die zum einen im Freiland gesammelt und zum anderen in der Klimakammer gezüchtet worden waren. Bei *Otiorhynchus singularis* konnte aufgrund einer gegenüber den meisten anderen getesteten Arten stark verminderten Eiablagerrate und wirtspflanzenbedingten Problemen bei der Zucht nur eine Nematodenart in die Prüfungen einbezogen werden. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse dieser Versuche findet sich im Abschnitt 3.3, Seite 119.

Die Versuche zeigten eine prinzipielle Empfindlichkeit aller geprüften *Otiorhynchus*-Larven insbesondere gegenüber *Heterorhabditis*-Arten. Zahlreiche Studien (siehe z.B. 1.1.2) haben eine hohe Wirksamkeit in Gewächshauskulturen ebenfalls nachgewiesen. Entsprechend häufig werden EPN in der gartenbaulichen Praxis gegen *Otiorhynchus sulcatus* eingesetzt. Demgegenüber konnte in Freilandversuchen von Klaus Schrameyer gegen *Otiorhynchus crataegi* und *O. smreczynskii* (SCHRAMEYER 2005) und von Johannes Schwarz und Florian Weihrauch gegen *Otiorhynchus ligustici* (siehe Abschnitt 2.3, Seite 87) im Feld keine Wirksamkeit nachgewiesen werden. Dass dies nicht an einem ungünstigen Applikationszeitpunkt gelegen haben dürfte, deutet sich aufgrund der abgeleiteten Applikationszeiträume für *O. crataegi* an.

## **1.5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen**

Im Folgenden werden die grundsätzlichen Ziele, wie sie im Projektantrag formuliert worden waren, mit den tatsächlich erreichten verglichen.

„Ziel des Projektes ist es, einen Überblick über das Artenspektrum der schädlichen Bodenrüssler in Deutschland zu gewinnen und diejenigen Arten zu ermitteln, die insbesondere im Garten- und Hopfenbau in den verschiedenen Regionen Deutschlands größere wirtschaftliche Schäden verursachen.“

→ Diese Zielstellung konnte weitestgehend bearbeitet werden.

„Fraßpräferenzen in den Anlagen sollen ermittelt und Fraßintensitäten bonitiert werden, und in Anlagen mit höherem Befall soll gezielt nach Larven gesucht werden, um im Labor Untersuchungen zu geeigneten Bekämpfungsmöglichkeiten durchzuführen. Dabei sollen insbesondere die verfügbaren entomopathogenen Nematodenarten auf ihre Wirksamkeit getestet werden.“

→ Die hier formulierten Zielstellungen wurden überwiegend erreicht.

Fraßpräferenzen wurden durch wiederholte Erfassung der Rüsselkäfer auf den Pflanzen im Freiland, insbesondere durch Nachtfänge ermittelt. Es stellte sich dabei heraus, dass sich mehrere Arten am Tage nicht bis in den Boden zurückziehen und deshalb auch tagsüber durch Klopfproben auf den von ihnen befallenen Pflanzen nachgewiesen werden können. In Anlagen mit höherem Befall wurde wiederholt nach Larven gesucht. In der Regel wurden mit einer Ausnahme jedoch nicht die im Freiland gesammelten Larven für die Wirksamkeitstests herangezogen, sondern die Eier von im Labor gehaltenen Käfern. Fraßintensitäten wurden jedoch nur selten bonitiert, da zahlreiche Arten oft gemeinsam vorkamen und häufig nicht sofort zu erkennen war, welche Fraßspur welcher Art zuzuordnen war. Dazu wäre ein erheblicher höherer Zeitaufwand erforderlich gewesen, wodurch es dann nicht mehr möglich gewesen wäre, die Artenspektren in den untersuchten Anlagen möglichst umfassend zu ermitteln.

Nahrungspflanzenstudien wurden ebenfalls in größerem Umfang durchgeführt, jedoch wurde die Auswertung zurückgestellt, da sich herausstellte, dass das im Labor unter mehr oder weniger erzwungenen Bedingungen ermittelte Spektrum an Fraßpflanzen immer deutlich über dem lag, was im Freiland an Wirtspflanzen angenommen wurde. Deshalb stellte sich die Frage der Relevanz entsprechender Erhebungen. Immerhin konnte so die prinzipielle Fähigkeit einer Art ermittelt werden, eine bestimmte Pflanze zu befallen, und es konnten bestimmte Fraßbilder erzeugt werden.

„Zur sicheren Artbestimmung soll ein Teil der Larven gezüchtet werden. Ergänzend sollen Daten zur Lebensweise der Arten, wie Habitatbindung, Entwicklungszyklus, Wirtspflanzenspektrum, Gegenspieler, Bedeutung von Klimafaktoren gewonnen und aus der Literatur zusammengestellt werden. Diese Informationen bilden anschließend die Grundlage für die Ausarbeitung spezifischer Bekämpfungsstrategien bzw. -empfehlungen. Es soll ein digitaler Bildbestimmungsschlüssel für die phytopathologisch relevanten Arten in Zusammenarbeit mit versierten Kollegen des Curculio-Instituts erarbeitet werden, um die Arten auch ohne eingehendere Kenntnis der Gruppe zuverlässig identifizieren zu können (siehe CURCULIO TEAM 2006).“

→ Diese Zielstellungen wurden im Wesentlichen erreicht.

Was die Bekämpfungsstrategien betrifft, wurde hier allerdings nahezu ausschließlich die Verbesserung der Einsatzmöglichkeiten entomopathogener Nematoden in den Mittelpunkt gestellt, da bereits die Ausarbeitung der Grundlagen für diese Bekämpfungsstrategie erhebliche Arbeitskapazitäten gebunden hat. Zu nennen sind vor allem die Erhebung von Daten zur Entwicklung mehrerer Arten und die Vorbereitung und Durchführung der Wirksamkeitstests mit insgesamt 7 Bodenrüsslerarten. Bezüglich der Haltung und Zucht der Arten wurde in mehreren Fällen „Neuland“ betreten.

### **Weiterführende Fragestellungen**

Hinweise auf offene Punkte wurden vielfach bereits bei der Darstellung der Ergebnisse gegeben. In vielen Fällen handelt es sich dabei um ein Schließen von Wissenslücken bereits angegangener Fragestellungen (Datenlücken), in einigen Fällen ergaben sich aber auch neue Aspekte für weitergehende Untersuchungen.

Die Daten zur Entwicklung erlauben bei einigen Arten noch keine oder nur eine vorläufige Empfehlung hinsichtlich des Zeitpunktes oder -raumes, in welchem EPN zum Einsatz kommen sollten. Dies betrifft vor allem *Otiorhynchus singularis*, aber auch bei *O. raucus*, *O. dieckmanni* und *O. smreczynskii* fehlen Larven- und vor allem Puppennachweise, so dass eine mehr oder weniger große Unklarheit darüber besteht, wann überhaupt Nematoden auszubringen wären (*O. singularis*) oder zu welchem Zeitpunkt eine zweite Applikation im günstigsten Falle erfolgen sollte (*O. dieckmanni*, *O. raucus*, *O. smreczynskii*).

Zwar dürfte bei allen Arten, die grundsätzlich gegen über EPN empfindlich sind - und dass dies bei den geprüften Arten der Fall ist, haben die Wirksamkeitstests ja gezeigt - und die sich in Blumentöpfen oder Pflanzkübeln entwickeln, aufgrund der Abgeschlossenheit bzw. Überschaubarkeit des Systems und der erheblich eingeschränkten biotischen und abiotischen Einflussfaktoren eine erfolgreiche Bekämpfung mit EPN möglich sein. Im Freiland sind die Bedingungen zum Teil schwierig.

Dass *Otiorhynchus sulcatus*-Larven im Freiland gut mit EPN zu kontrollieren sind, wurde bereits von VAN TOL (1993) gezeigt, der jedoch betont, dass jeweils der richtige Stamm eingesetzt werden müsse. Nach den Ergebnissen von HANULA (1993) halten sich die meisten Larven recht nah an der Oberfläche auf, der größte Teil in bis zu 15 cm Tiefe, was als ein begünstigender Umstand für eine Bekämpfung mit Nematoden angesehen werden kann.

GRASSI et al. (2003) haben eine hohe Wirksamkeit von *Heterorhabditis megidis* auf *Otiorhynchus armadillo* in Himbeerkulturen nachgewiesen. Dagegen schlagen SHIELDS et al. (2009) im Falle von *Otiorhynchus ligustici*. SHIELDS et al. (2009) schlagen beispielsweise einen „multi-species approach“ vor, d.h. sie verfolgen einen Ansatz, der den Einsatz einer Kombination standörtlich angepasster Nematoden beinhaltet, um auch im Freiland erfolgreich gegen *Otiorhynchus ligustici* vorgehen zu können.

Des Weiteren ergaben sich auch Hinweise auf den möglichen Antagonismus eines Prädatoren, der ziemlich regelmäßig in Blumentöpfen auftrat und offenbar zu einer Reduktion der Larven von *Otiorhynchus porcatus* beitrug. Der potenzielle Prädatoren konnte als Rhagionidae-Larve bestimmt werden. Es müsste untersucht werden, um welche Art es sich dabei handelt, ob es sich um einen Prädatoren von Rüsselkäferlarven handelt (dazu gibt es bereits erste Anhaltspunkte), wie effizient dieser ist und ob eine Massenzucht möglich ist.

## Danksagung

Im Folgenden möchte ich mich bei allen Personen unabhängig von ihrem jeweiligen Beitrag für die **stets sehr gute Unterstützung** bedanken, denn letztlich konnten die Zielstellungen dieses Projekts nur durch diese Unterstützung weitgehend erreicht werden(!): Ursula Baur, Christoph Bayer, Lutz Behne, Elke Behrens, Thomas Brand, Silvia Dittrich, Bernhard Engelhard, Rafal Gosik, Ingmar Guldner, Claudia Hennecke, Gregor Hilfert, Jacqueline Hirsch, Martin Hommes, Christoph Hoyer, Gerhard Kubach, Ute Lachermeier, Manfred Lehmann, Jörn Lehnhus, Tilo Lehneis, Eveline Maring, Albert Melber, Friedrich Merz, Rainer Meyhöfer, Gerlinde Michaelis, Willi Moosherr, Holger Nennmann, Annette Reineke, Siegmund Scharf, Ruth Schaarschmidt, Rüdiger Schmatz, Robert Schmidt, Klaus Schrameyer, Johannes Schwarz, Peter Stüben, Thorsten Ufer, Elke Wedell, Florian Weihrauch, Herbert Winkelmann, Peter Wieser, Andreas Wrede.

## 1.6. Literaturverzeichnis

- ALFORD, D.V. & BACKHAUS, G.F. (1996): Second international workshop on vine weevil (*Otiorhynchus sulcatus* Fabr.) (Coleoptera: Curculionidae). - Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **316**: 122 pp.
- ALFORD, D.V. (1997): Farbatlas der Schädlinge an Zierpflanzen. Stuttgart, 477 S.; Familie Attelabidae und Familie Curculionidae Rüsselkäfer: 130-150.
- ALFORD, D.V. (2007): Pests of fruit crops: a colour handbook. London, 480 pp.: extract 160-162.
- CURCULIO TEAM (2006): Digital-Weevil-Determination der westpaläarktischen Curculionoidea. Transalpina: *Sitona* (Entiminae: Sitonini). - SNUDEBILLER **7**, CD Rom, Curculio-Institut, Mönchengladbach: 21-27. Mit 292 Abbildungen, 19 Tafeln, 40 Verbreitungskarten.
- DESEÖ, K.V., KOVÁCS, A., LERCARI, G. & CONSTANZI, M. (1985): Possibilità di applicazione di nematodi entomoparassiti contro insetti dannosi nella floricoltura. - Informatore Fitopatologico **35** (11): 37-42.
- DIECKMANN, L. (1980): Beiträge zur Insektenfauna der DDR: Coleoptera - Curculionidae (Brachycerinae, Otiorhynchinae, Brachyderinae). - Beitr. Ent., Berlin **30** (1): 145-310.
- DIECKMANN, L. (1983): Beiträge zur Insektenfauna der DDR: Coleoptera - Curculionidae (Tanymecinae, Leptopiinae, Cleoninae, Tanyrhynchinae, Cossoninae, Raymondionyminae, Bagoinae, Tanysphyrinae). - Beitr. Ent., Berlin **33** (2): 257-381.
- EMDEN, F.I. VAN (1952): On the taxonomy of Rhynchophora larvae: Adelognatha and Alophinae (Insecta: Coleoptera). - Proceedings of the Zoological Society of London **122** (3): 651-795.
- ENTROP, A.-P. (2001): Der Kahlnahtige Graurüssler (*Strophosoma melanogrammum*) - ein neuer Schädling im Kulturheidelbeeranbau? - Mitt. Obstbauversuchsring Altes Land **56** (8): 267-270.
- FERGUSON, C.S., SCHROEDER, P.C. & SHIELDS, E.J. (1995): Vertical distribution, persistence, and activity of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Heterorhabditidae and Steinernematidae) in alfalfa snout beetle (Coleoptera: Curculionidae) infested fields. - Environ. Entomol. **24**: 150-158.
- FEYTAUD, J. (1918): Étude sur l'Otiorhynque sillonné (*Otiorhynchus sulcatus* Fabr.). - Annales du Service des Épiphyties **5**: 145-192.
- FRANZ, H. (1938): Steppenrelikte in Südostmitteleuropa und ihre Geschichte. - 7. Internationaler Kongreß für Entomologie, Berlin: 102-117.
- FRIESER, R. (1981): 7. Unterfamilie: Otiorhynchinae. - In: Freude, H., Harde, K.W. & Lohse, G.A. (Hrsg.): Die Käfer Mitteleuropas, Bd. **10**: 184-240; Goecke & Evers, Krefeld.
- GARTH, G.S. & SHANKS, C.H. JR. (1978): Some factors affecting infestation of strawberry fields by the black vine weevil in Western Washington. - J. econ. Ent. **71** (3): 443-448.
- GERMANN, C. (2006): *Otiorhynchus armatus* Boheman, 1843 - eine weitere Art für die Schweizer Fauna aus dem Tessin (Coleoptera, Curculionidae). - Mitt. Ent. Ges. Basel **56** (3): 91-94.
- GOSIK, R. (2006): Description of the larva and the pupa of *Bagous nodulosus* Gyllenhal in Schoenherr, 1836 (Coleoptera: Curculionidae), with comments on its biology. - Baltic Journal of Coleopterology **6** (2): 143-152.
- GOSIK, R. (2008): Comparative morphology of the development stages of *Poophagus hopfgarteni* Tournier, 1873 and *P. sisymbrii* (Fabricius, 1776), with comments on their biology (Coleoptera: Curculionidae). - Genus **19** (1): 103-112.
- GOSPODAR, U. & KORGE, H. (1982): Die Berliner Population des *Otiorhynchus (Arammichnus) dieckmanni* Magnano. - Entomologische Blätter **78** (1): 7-14.
- GRASSII, A., MAINES, R. & ZINI, M. (2003): Field application and effectiveness of commercial entomopathogenic nematode formulations against *Otiorhynchus armadillo* subsp. *obsitus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae) larvae on raspberry. - IOBC/WPRS Bulletin **26** (2): 61-66.

- HANULA, J.L. (1993): Vertical distribution of black vine weevil (Coleoptera: Curculionidae) immatures and infection by entomogenous nematodes in soil columns and field soil. - J. Econ. Ent. 86 (2): 340-347.
- HANUSS, K. (1958): Untersuchungen über den Klee-Luzernerrüßler *Brachyrhinus* (*Otiorrhynchus*) *ligustici* L. - Zeitschrift für angewandte Entomologie 43: 233-281.
- HERRMANN, A. (1999): *Otiorrhynchus fuscipes* (Olivier) fehlbestimmt – *Otiorrhynchus meridionalis* (Gyllenhal) neu für unser Gebiet. - Bombus 3: p. 164.
- HOFFMANN, A. (1963): Sous-familles des Otiorrhynchinae, Brachyderinae et Tanymericinae. - In: Balachowsky, A.S. (éd.): Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome 1: Coléoptères. Vol. 2. Phytophagoidea (Chrysomelidae – Curculionidae – Attelabidae – Scolytidae et Platypodidae); Paris: 878-947 und 1334-1360 (Literaturteil).
- IBBOTSON, A. & EDWARDS, C.A.T (1992): The biology and control of *Otiorrhynchus clavipes* Bond. (Rhin. Coleop.), a pest of strawberries. - Ann. Appl. Biol. 41 (3): 520-535.
- KERR, T. W. (1949): The arborvitae weevil, *Phyllobius intrusus* Kono. - Bulletin of the Rhode Island Agricultural Experiment Station; Kingston 305:1-30.
- KLINGLER, J. (1988): Investigations on the parasitism of *Otiorrhynchus salicicola* and *O. sulcatus* [Col.: Curculionidae] by *Heterorhabditis* sp. [Nematoda]. - Entomophaga 33 (3): 325-331.
- KÖHLER, F. (2000): Erster Nachtrag zum "Verzeichnis der Käfer Deutschlands". - Ent. Nachr. Ber. 44: 60-84.
- KÖHLER, F. (2006): Anmerkungen zur Käferfauna der Rheinprovinz XIII. - Mitt. Arb.Gem. Rhein. Koleopt. 16: 27-46.
- KÖHLER, F. (2011): 2. Nachtrag zum "Verzeichnis der Käfer Deutschlands" (Köhler & Klausnitzer 1998) (Coleoptera), Teil 1. - Ent. Nachr. Ber. 55 (2/3): 109-174.
- KÖHLER, F. & KLAUSNITZER, B. (1998): Verzeichnis der Käfer Deutschlands. - Entomofauna Germanica. Ent. Nachr. Ber., Beiheft 4: 1-185.
- LANDI, S. (1991): Contributo alla conoscenza di *Otiorrhynchus salicicola* Heyd. (Coleoptera Curculionidae). - Redia 74: 127-134.
- LENGERKEN, H. VON (1919): Lebensweise und Entwicklung des Fliederschädling *Otiorrhynchus rotundatus* Siebold. - Zeitschr. angew. Entomol. 5: 67-83 und 319-321.
- LINCOLN, C. & PALM, C.E. (1941): Biology and ecology of the alfalfa snout beetle. - Cornell University, Agricultural Experiment Station. Memoir 236: 45 pp.
- LOHSE, G.A. (1991): 17. Nachtrag zum Verzeichnis der mitteleuropäischen Käfer. - Entomologische Blätter 87 (1-2): 92-98.
- LOLA-LUZ, T., DOWNES, M. & DUNNE, R. (2005): Control of black vine weevil larvae *Otiorrhynchus sulcatus* (Fabricius) (Coleoptera:Curculionidae) in grow bags outdoors with nematodes. - Agricultural and Forest Entomology 7: 121-126.
- LOZZIA, G.C. (1983): *Otiorrhynchus sulcatus* nelle coltivazioni floricole del Lago Maggiore. - Informatore Fitopatologico 33 (7/8): 15-19.
- MAGNANO, L. (1979): *Otiorrhynchus dieckmanni* n. sp., eine neue Rüsselkäferart aus der DDR - 21. Beitrag zur Kenntnis der Curculionidae. - Ent. Nachr. 23: 183-186.
- MAJKA, C.G. & MACIVOR, J.S. (2009): *Otiorrhynchus porcatus* (Coleoptera: Curculionidae): a European root weevil newly discovered in the Canadian Maritime Provinces. - Journal of the Acadian Entomological Society 5: 27-31.
- MASAKI, M., OHMURA, K. & ICHINOHE, F. (1984): Host range studies of the black vine weevil, *Otiorrhynchus sulcatus* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae). - Appl. Ent. Zool. 19 (1): 95-106.
- MAUS, C. (1998): Bemerkenswerte *Otiorrhynchus*-Funde aus Südwestdeutschland. - Mitteilungen des entomologischen Vereins Stuttgart 33: 60-64.
- MOORHOUSE, E.R., CHARNLEY, A.K. & GILLESPIE, A.T. (1992a): Review of the biology and control of the vine weevil, *Otiorrhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae). - Annals of Applied Biology 121: 431-454.
- MÜHLE, E. & FRÖHLICH, G. (1951): Vergleichende Untersuchungen über *Brachyrhinus* (= *Otiorrhynchus*) *ligustici* L. und *Liophloeus tessulatus* Müll. und deren Beziehungen zum Liebstöckel, *Levisticum officinale* Koch. - Beiträge zur Entomologie 1 (1): 1-41.

- PALM, C.E. (1935): The alfalfa snout beetle, *Brachyrhinus ligustici* L. - Thesis Cornell University. Agricultural Experiment Station Bulletin **629**: 47 pp.
- PETHERBRIDGE, F.R. (1914): *Exomias pellucidus* as a plant pest. - Annals of applied Biology **1**: 390-392.
- REITTER, E. (1913): Bestimmungstabellen der *Otiorrhynchus*-Arten mit ungezähnten Schenkeln aus der paläarktischen Fauna. - Wiener Entomolog. Zeitung **69**: 25-118.
- RHEINHEIMER, J. (2003): *Pachyrhinus lethierryi* Desbrochers in Südwestdeutschland (Coleoptera: Curculionidae). - Mitt. ent. Ver. Stuttgart **38**: 17-18.
- RHEINHEIMER, J. & HASSLER, M. (2010): Die Rüsselkäfer von Baden-Württemberg. - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.). Naturschutz-Spectrum: Themen **99**; Karlsruhe: 944 S.
- RICHTER, H. (1961): Der Fliederblattrüßler wandert nach Westen. - Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz **68**: 565-569.
- SCHERER, W. (1987): Bekämpfung des Gefurchten Dickmaulrüsslers in Freiland-Erdbeeren. - Obstbau **12** (5): 225-227.
- SCHRAMMEYER, K. (2005): Bekämpfung von Dickmaulrüsslern, *Otiorrhynchus crataegi* und *O. smreczynskii*, mit insektenparasitären Nematoden. Versuchsbericht. Pflanzenschutzversuche. - Landratsamt Heilbronn, Landwirtschaftsamt: 2 Seiten.
- SCHRAMMEYER, K. & BERNAU, W. (im Druck): *Fundmeldungen zur Veröffentlichung in: Mitteilungen des Entomologischen Vereins Stuttgart.*
- SCHROEDER, P.C., FERGUSON, C.S., SHIELDS, E.J. & VILLANI, M.G. (1994): Pathogenicity of rhabditid nematodes (Nematoda: Heterorhabditidae and Steinernematidae) to alfalfa snout beetle (Coleoptera: Curculionidae) larvae. - J. Econ. Ent. **87**: 917-922.
- SCHULZE, J. (1959): *Otiorrhynchus rotundatus* Sieb. Kleine Mitteilungen 1658. - Entomol. Blätter **55**: 60.
- SHIELDS, E.J., TESTA, A., NEUMANN, G., FLANDERS, K.L. & SCHROEDER, P.C. (2009): Biological control of alfalfa snout beetle with a multi-species application of locally adapted persistent entomopathogenic nematodes: the first success. - American Entomologist **55** (4): 250-257.
- SIMONS, W.R. (1981): Biological control of *Otiorrhynchus sulcatus* with Heterorhabditid nematodes in the glasshouse. - Netherlands Journal of Plant Pathology **87**: 149-158.
- SMITH, F.F. (1932): Biology and control of the black vine weevil. - United States Department of Agriculture. Technical Bulletin; Washington, D.C. **325**: 1-45.
- STEIN, W. & KÜTHE, K. (1969): Ein Beitrag zur Biologie und Ökologie von *Otiorrhynchus ovatus* L. (Col., Curculionidae). - Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **76** (11-12): 625-632.
- STÜBEN, A. (2011): Schichtfotografie in der Entomologie. - Weevil News **69**: 13 pp.; verfügbar unter: <http://www.curci.de/weevilnews/no/69/>
- VAN TOL, R.W.H.M. (1993): Prospects for biological control of black vine weevil (*Otiorrhynchus sulcatus*) in nursery stock. - In: Alford, D.V. & Backhaus, G.F. (eds): Second International Workshop on Vine Weevil (*Otiorrhynchus sulcatus* Fabr.) (Coleoptera: Curculionidae). Mitt. BBA Berlin-Dahlem 316: 69-75.
- VAN TOL, R.W.H.M., VAN DIJK, N. & SABELIS, M.W. (2004): Host plant preference and performance of the vine weevil *Otiorrhynchus sulcatus*. - Agric. For. Entomol. **6**: 267-278.
- VAN TOL, R.W.H.M. & GWYNN, R. (2005): Field efficacy testing. - In: GRUNDER, J.M. (ed.): Quality control of entomopathogenic nematodes. Agroscope FAW. Agriculture and Biotechnology; Wädenswil: 73-96.
- WILCOX, J., MOTE, D.C. & CHILDS, L. (1934): The root-weevils injurious to strawberries in Oregon. - Agricultural Experiment Station Oregon State, Agricultural College Corvallis. Station Bulletin **330**: 109 pp.
- WILLIS, R.J. (1964): The bionomics and larval morphology of the otiorrhynchid pests of soft fruit crops. - Thesis. The Queen's University of Belfast. 250 pp. and appendix of 60 pp.

## 1.7. Publikation der Ergebnisse

### Artikel

- DÖBERL, M. & SPRICK, P. (2009): *Luperomorpha* Weise, 1887 in Western Europe (Coleoptera, Chrysomelidae, Alticinae). - Entomologische Blätter **105**: 51-56.
- GOSIK, R., HIRSCH, J. & SPRICK, P. (2010): Biology and molecular determination of *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers, 1875) with description of the mature larva and pupa (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae: Polydrusini). - SNUDEBILLER **11**. Studies on taxonomy, biology and ecology of Curculionoidea. CD Rom, Mönchengladbach: 80-95.
- HIRSCH, J., SPRICK, P. & REINEKE, A. (2010): Molecular identification of larval stages of *Otiorhynchus* (Coleoptera: Curculionidae) species based on polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism analysis. - Journal of Economic Entomology **103** (3): 898-907.
- SPRICK, P. (2009): Monitoring von Rüsselkäfern in Baumschulen, Staudengärtnereien und Hopfengärten - Ergebnisse des ersten Untersuchungsjahres (2008). - DGaaE-Mitteilungen **17**: 197-205.
- GOSIK, R. & SPRICK, P. (2012, im Druck): Larval morphology of *Otiorhynchus ligustici*, *O. porcatus* and *O. salicicola* (Coleoptera, Curculionidae, Otiorhynchini). - Deutsche Entomologische Zeitschrift **59** (2) (2011).

### Poster

- HIRSCH, J., SPRICK, P. & REINEKE, A. (2009): Genetic "fingerprints" of weevil species (Coleoptera: Curculionidae) with potential pest status in German horticulture. - DGaaE-Tagung Göttingen, 16. - 19. März 2009.
- HIRSCH, J., SPRICK, P. & REINEKE, A. (2009): Der Gefurchte und andere gefürchtete Dickmaulrüssler - Artenspektrum, Fraßpräferenzen und Bekämpfungsmöglichkeiten von Rüsselkäfern (Coleoptera: Curculionidae) in gartenbaulichen Kulturen. - DGaaE-Tagung Göttingen, 16.-19. März 2009.
- HIRSCH, J., SPRICK, P. & REINEKE, A. (2010): DNA-Barcoding für Rüsselkäferlarven. Ein molekulares Diagnoseverfahren zur Artbestimmung von Rüsselkäfern im Pflanzenschutz. - DPG-Tagung Berlin, 6. - 9. September 2010.
- UFER, T., SPRICK, P. & WREDE, A. (2011): Wirksamkeit verschiedener entomopathogener Nematodenarten der Gattungen *Heterorhabditis* und *Steinernema* spp. gegen die Larvenstadien von *Otiorhynchus armadillo*, *O. salicicola* und *O. dieckmanni*. - DGG-BHGL-Jahrestagung Hannover, 23.- 26. März 2011.

### Vorträge

- LEHMANN, M. & SPRICK, P. (2010): Bodenrüssler an Zierpflanzen in Brandenburg - Teilergebnisse eines mehrjährigen Monitorings. - DPG-Tagung Berlin, 9. September 2010.
- SPRICK, P. (2009): Survey of weevils in tree nurseries, horticultural and hop cultivation farms in Germany - results of 2008. - DGaaE-Tagung Göttingen, 16 - 19. März 2009.

## 2. Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen Luzernerüssler im Hopfenbau

Förderkennzeichen: 2808HS004  
Institut: LfL Pflanzenbau; in Zusammenarbeit mit Hopfenpflanzer als KMU; Kooperationsvereinbarungen mit drei Betrieben  
Projektleitung: Herr Bernhard Engelhard  
Projektbearbeitung: Ute Lachermeier; Johannes Schwarz  
Förderkennzeichen: 2808HS004  
Institut: LfL Pflanzenbau; in Zusammenarbeit mit Hopfenpflanzern als KMU; Kooperationsvereinbarungen mit drei Betrieben  
Projektleitung: Bernhard Engelhard (bis 03/2011); Dr. Florian Weihrauch, Johannes Schwarz (ab 04/2011)  
Projektbearbeitung: Ute Lachermeier (bis 2010); Johannes Schwarz

### 2.1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

Der Luzernerüssler *Otiorhynchus ligustici* ist ein Schädling, der in den deutschen Hopfenanbaugebieten regelmäßig wirtschaftliche Schäden verursacht. Neben den Fraßschäden an jungen Hopfentrieben, die zu ungleichmäßig entwickelten Beständen führen, erfolgt eine massive unterirdische Schädigung des Hopfenstockes durch die Larven der Art. In den befallenen Teilflächen ist dann eine Rodung und eventuell Neupflanzung notwendig.

Betroffen sind grundsätzlich alle deutschen Hopfenbaugebiete, insbesondere jedoch die Hallertau (Bayern) und das Anbaugebiet Elbe-Saale (Sachsen, Thüringen, Sachsen-Anhalt).

In früheren Jahren war der Befall auf leicht erwärmbare, sandige Böden beschränkt; inzwischen schädigen der Käfer bzw. die Larven des Käfers die Bestände auch auf lehmig-tonigen Standorten. Die chemische Bekämpfung des Schädlings ist durch seine versteckte Lebensweise sehr schwierig. Aktuell ist zur Bekämpfung des Schädlings nur das Produkt Karate Zeon (Wirkstoff: Lambda-Cyhalothrin) zugelassen, das zudem nur einmal pro Jahr angewendet werden darf. Eine Änderung der unbefriedigenden Situation ist zurzeit sehr unwahrscheinlich.

Der Einsatz von entomopathogenen Nematoden (EPN) zur Bekämpfung der Rüsselkäferlarven im Boden könnte eine erfolversprechende Alternative darstellen. Erste Vorversuche Ende der 1980er-Jahre mit EPN gaben noch keine eindeutigen Hinweise über eine ausreichende Bekämpfung des Schädlings.

Ziel des Vorhabens war es, EPN im Boden dauerhaft anzusiedeln und eine damit nachhaltige Reduzierung des Schädlings ohne Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel zu erzielen. Eine Regulierung der Rüsselkäfer-Problematik im Hopfen auf biologische Weise durch die Ausbringung und mögliche Etablierung von EPN würde eine umweltfreundliche, nachhaltige Alternative zur Bekämpfung mit chemischen Mitteln darstellen.

Im Zuge des Projektes sollte auch festgestellt werden, welche Rüsselkäfer-Arten in den Hopfengärten der deutschen Anbaugebiete tatsächlich als Schädling vorkommen, bzw. ob *Otiorhynchus ligustici* wirklich der einzige schädliche Rüsselkäfer im Hopfen ist.

## **2.1.1. Planung und Ablauf des Vorhabens**

### **2.1.1.1 Laut Arbeitsplan geplante Arbeitsschritte im Jahr 2008**

- Aufstellen von Bodenfallen zur Überprüfung des Artenvorkommens
- Auswertung der Bodenfallen durch den Kooperationspartner Dr. Sprick, Curculio-Institut
- Ausbringung von Fangpflanzen und Befallsbonitur
- EPN-Ausbringung
- Bonitur auf Käferlarven
- Infektionsversuche im Gewächshaus
- Biotest im Gewächshaus
- Teilnahme am Koordinationstreffen in Geisenheim
- Erster Zwischenbericht

Als Meilensteine waren 2008 vorgesehen:

- Kenntnis über das Artenvorkommen und Rückschlüsse, ob die EPN-Arten geändert werden müssen
- Beurteilung der Wirksamkeit von Fangpflanzen

2008 Tatsächlich durchgeführte Arbeiten und erreichte Ziele:

Die Freilandversuche wurden im vollen Umfang angelegt und durchgeführt. Infektionen im Gewächshaus und die Durchführung von Biotests waren nicht möglich, da keine adulten Käfer und keine Käferlarven verfügbar waren, um diese Vorhaben umzusetzen.

### **2.1.1.2 Laut Arbeitsplan geplante Arbeitsschritte im Jahr 2009**

- Aufstellen von Bodenfallen zur Überprüfung des Artenvorkommens in den deutschen Hopfenanbaugebieten
- Auswertung der Bodenfallen nach Vorreinigung durch Projektbearbeiter durch den Kooperationspartner Dr. Sprick, Curculio-Institut
- Anzucht und Ausbringung von Fangpflanzen
- EPN-Ausbringung in Freilandversuchen
- Ausgrabung der Kleesoden in allen Versuchsvarianten und Bonitur auf Käferlarven
- Infektionsversuche im Gewächshaus
- Teilnahme am Koordinationstreffen in Bad Kreuznach
- 2. Zwischenbericht

Als Meilenstein war 2009 vorgesehen:

- Beurteilung der Wirksamkeit von Fangpflanzen

2009 Tatsächlich durchgeführte Arbeiten und erreichte Ziele:

Die Versuche wurden lediglich mit folgenden Änderungen zum Arbeitsplan durchgeführt:

- Auf die Bodenfalle im Anbaugebiet Tettwang wurde verzichtet, da im 1. Projektjahr keine Käfer gefangen wurden. Die Fangfalle im Anbaugebiet Hersbruck wurde nur einmal geleert.
- Die im Gewächshaus vorgesehenen Versuche wurden als 'Semi-Freilandversuche' durchgeführt. Neben entomopathogenen Nematoden wurden auch entomopathogene Pilze eingesetzt.

### **2.1.1.3 Laut Arbeitsplan geplante Arbeitsschritte im Jahr 2010**

- Aufstellen von Bodenfallen zur Überprüfung des Artenvorkommens in den deutschen Hopfenanbaugebieten
- Auswertung der Bodenfallen nach Vorreinigung durch Projektbearbeiter durch den Kooperationspartner Dr. Sprick, Curculio-Institut
- Anzucht und Ausbringung von Fangpflanzen
- EPN-Ausbringung in Freilandversuchen
- Ausgrabung der Kleesoden in allen Versuchsvarianten und Bonitur auf Käferlarven
- Sammeln von Käfern im Frühjahr zum Aufbau einer Zucht in Haltungsgefäßen
- Pflege der Zucht und Abnahme der Eier
- Infektionsversuche in Töpfen unter kontrollierten Bedingungen im Semi-Freiland
- Käfer- und Larvenbonitur an ausgegrabenen Hopfenstöcken als Abschlussbonitur
- Teilnahme am Koordinationstreffen in Ellerhoop
- 3. Zwischenbericht

Als Meilensteine waren 2010 vorgesehen:

- Beurteilung der Wirksamkeit von Fangpflanzen
- Abschlussbonitur an ausgegrabenen Hopfenstöcken und Schlussfolgerungen für einen Praxiseinsatz

2010 Tatsächlich durchgeführte Arbeiten und erreichte Ziele:

Die Versuche wurden lediglich mit folgenden Änderungen zum Arbeitsplan durchgeführt:

- Auf Bodenfallen in Tettngang, Hersbruck und Spalt wurde verzichtet, da dort bis dato keine Käfer gefangen wurden. Im Anbaugebiet Hallertau wurde eine zusätzliche Falle aufgestellt.
- Die vorgesehenen Versuche im Gewächshaus (Biotest) wurden als 'Semi-Freilandversuche' durchgeführt. Neben entomopathogenen Nematoden wurden auch entomopathogene Pilze eingesetzt.

### **2.1.1.4 Laut Arbeitsplan geplante Arbeitsschritte im Jahr 2011**

- Sammeln von Käfern im Frühjahr zum Aufbau einer Zucht in Haltungsgefäßen
- Pflege der Zucht und Abnahme der Eier
- Infektionsversuche in Töpfen unter kontrollierten Bedingungen im Semi-Freiland
- Behandlung mit EPN/EPP in unterschiedlichen Aufwandmengen
- Larvenbonitur der Topfversuche im Herbst
- Teilnahme am Koordinationstreffen in Braunschweig
- Vorbereitung der Abschlussveranstaltung im Februar 2012 in Braunschweig
- Abschlussbericht

Als Meilenstein war 2011 vorgesehen:

- Beurteilung der Wirksamkeit von EPN und EPP

2011 Tatsächlich durchgeführte Arbeiten und erreichte Ziele:

Die Versuche wurden ohne Änderungen zum Arbeitsplan durchgeführt.

## 2.1.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Der Luzernerüssler hat nach Literaturangaben normalerweise einen zwei- bis dreijährigen Entwicklungszyklus (HANUSS 1958). Die Larven fressen im Laufe ihrer Entwicklung an den Wurzeln des Hopfenstockes und zerstören diesen bei starkem Befall auch vollständig. Befallsmeldungen haben seit der Jahrtausendwende deutlich zugenommen.

Der adulte Käfer frisst ab dem Austrieb des Hopfens bis nach dem Anleiten (März bis Mai) die jungen Hopfentriebe ab. Es werden dadurch die anleitungsfähigen Jungtriebe deutlich reduziert und das Nachleiten von Ersatztrieben oder Anleiten von Seitentrieben erfordert einen zusätzlichen Arbeitsaufwand. Bei starkem Befall von mehr als drei Käfern pro Hopfenstock werden häufig alle Triebe abgefressen, so dass keine Triebe angeleitet und kultiviert werden können.

Es wurde vor Projektbeginn allgemein unterstellt, dass in den deutschen Hopfenanbaugebieten nur *Otiorhynchus ligustici* als tatsächlich schädigender Rüsselkäfer vorkommt. Aus diesem Grund wurde festgelegt, dass in allen relevanten deutschen Hopfenanbaugebieten (Hallertau, Hersbruck, Spalt, Tettngang, Elbe-Saale) ein Curculioniden-Monitoring mit Hilfe von Bodenfallen erfolgen sollte.

### Bisherige Arbeiten des Antragstellers:

Gegen Luzernerüssler im Hopfen wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Phytopathologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel im Jahr 1989 erste Labor- und Gefäßversuche durchgeführt, denen in den Jahren 1989 und 1993 Freilandversuche in Hopfengärten durch den Antragsteller folgten (ARNDT 1990, 1993). Bei den damaligen Versuchen standen methodische Fragen zur Prüfung des Wirkungsgrades im Vordergrund. Es wurden aber auch Unterschiede in der Effektivität zwischen *Heterorhabditis bacteriophora* und *Steinernema carpocapsae* festgestellt. Außerdem sollten die geringen Kenntnisse über das natürliche Vorkommen von EPN in Hopfengärten und über die Persistenz der ausgebrachten Nematoden erweitert werden.

In Voruntersuchungen zum geplanten Projekt wurden in je zwei Hopfengärten die diskutierten Nematodenarten sowie *Steinernema feltiae* in den Jahren 2005 (*H. bacteriophora* vs. *S. feltiae*) und 2006 (*H. bacteriophora* vs. *S. carpocapsae*) auf mögliche Unterschiede in ihrer Wirksamkeit überprüft. Diese Wirksamkeitstests erfolgten mit Hilfe der sehr arbeitsaufwändigen Fangpflanzen-Methode und erbrachten keinerlei Unterschiede zwischen den Nematodenarten. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse sowie der 1993 ermittelten höheren Effektivität von *S. carpocapsae* (ARNDT 1993) und der Tatsache, dass die in den Hopfengärten der Hallertau indigenen *Steinernema*-Arten eine wesentlich höhere Persistenz als *H. bacteriophora* im Boden zeigen (SUSURLUK 2005), wurde bei Antragstellung vorgeschlagen, in diesem Projekt mit der Nematodenart *Steinernema carpocapsae* zu arbeiten. Auch ein zusätzlicher Einsatz von *Heterorhabditis bacteriophora* war angedacht.

Sollten vor Beginn oder während der Laufzeit des Projektes neue Erkenntnisse über die erfolgversprechendsten Art beim Einsatz von EPN gewonnen werden, sollte ggf. kurzfristig reagiert werden.

## 2.2. Material und Methoden

### 2.2.1 Aufstellen von Bodenfallen zur Überprüfung des Artenvorkommens in den deutschen Hopfenanbaugebieten

Es wurde zu Projektbeginn festgelegt, dass in allen deutschen Anbaugebieten Fallen für den Fang von Rüsselkäfern aufgestellt werden sollen. Die einzelnen Standorte verteilten sich folgendermaßen auf die einzelnen Anbaugebiete (formal ist Hersbruck mittlerweile als Siegelbezirk in die Hallertau eingemeindet worden):

Hallertau: 3 Standorte (Untermantelkirchen, Oberulrain und Schweinbach)  
Hersbruck: 1 Standort (Herpersdorf)  
Spalt: 1 Standort (Untersteinbach)  
Elbe-Saale: 2 Standorte (Querfurt und Großromstedt)  
Tettngang: 1 Standort (Untereisenbach)

Die Fallen und das Zubehör wurden vom Kooperationspartner Dr. Peter Sprick, Curculio-Institut Hannover, geliefert und von Mitarbeitern des Hopfenforschungszentrums aufgestellt. Pro Standort wurden vier Bodenfallen (Barberfallen) in den unbehandelten Kontrollparzellen in die Hopfenreihen eingebaut. Wichtig waren der ebenerdige Einbau, die Drahtsicherung zur Verhinderung des Einfalls größerer Tiere (z.B. Mäuse) und die Abdeckungen zum Schutz vor Niederschlägen. Als Fangflüssigkeit wurde Ethylenglykol verwendet.

Im Jahr 2008 wurden die Fallen in der Hallertau am 1. April exponiert, in den übrigen Anbaugebieten erfolgte der Einbau ebenfalls in der ersten Aprilwoche. Die Falleninhalte wurden in drei- bis vierwöchigem Turnus entnommen und auf Käfer vorsortiert. Anschließend wurden sie in Ethanol (70 %) überführt und in PE-Fläschchen per Post an das Curculio-Institut zur Artbestimmung geschickt. Die Leerung der Fallen in anderen Anbaugebieten als der Hallertau wurde von Markus Eckert (Hersbruck; Biohof Eckert), Johann Mayer (Spalt; ALF Roth), Dr. Willi Moosherr (Tettngang; LTZ Augustenberg, Außenstelle Tettngang) sowie Angela Werner und Peter Wieser (Elbe-Saale; TLL Dornburg) übernommen.

Im Jahr 2009 wurde auf die Bodenfallen im Anbaugebiet Tettngang verzichtet, da dort im ersten Projektjahr keine Käfer gefangen wurden. Die Fallen wurden an den drei Standorten in der Hallertau am 31.03.2009 in den unbehandelten Parzellen aufgestellt; in den übrigen Gebieten erfolgte der Aufbau wie im Vorjahr in der ersten Aprilwoche. Die Falleninhalte wurden 2009 immer in dreiwöchigem Turnus geleert. Die weitere Vorgehensweise verlief wie im Vorjahr. Nach Vereinbarung mit Herrn Dr. Sprick wurden diesmal fünf Fangperioden eingeteilt. Nach der letzten Leerung am 14.07.2009 wurden die Fallen abgebaut. Die Fallen im Siegelbezirk Hersbruck wurden 2009 nur einmal geleert.

Da in Hersbruck und in Spalt auch 2009 keine bzw. nur sehr wenige Käfer gefangen wurden, wurde im Jahr 2010 in diesen Gebieten der Fallenfang eingestellt. Die drei Standorte in der Hallertau und die zwei Standorte in Elbe-Saale wurden unverändert mit der gleichen Methodik wie in den Vorjahren weitergeführt; der Fallenaufbau erfolgte am 31.03.2010, die Leerungen erfolgten wiederum in dreiwöchigem Turnus. In der Hallertau wurde der Standort Kolmhof neu in das Programm aufgenommen, da 2009 bei Praxiskontrollen dort die für den Hopfen neue Rüsselkäferart *Peritelus sphaeroides* festgestellt wurde. Diese Käfer hinterließen 2010 am Hopfen einen deutlichen Schaden, der nur durch zeitaufwändiges, mehrmaliges Nachleiten in kleinem Rahmen gehalten werden konnte. Die Bodenfallen in der Hallertau wurden am 07.07.2010 abgebaut.

## 2.2.2 Versuchsaufbau zum EPN-Einsatz im Freiland

Die Versuche zum Freilandeinsatz von EPN wurden in Praxisgärten an drei unterschiedlichen Standorten im Landkreis Kelheim in der nördlichen Hallertau durchgeführt:

- Oberulrain bei Neustadt a.d. Donau (370 m ü.NN, Bodenart Sand, Sorte Perle)
- Schweinbach bei Siegenburg (445 m ü.NN, Bodenart sandiger Lehm, Sorte Perle)
- Untermantelkirchen bei Rohr i.NB (450 m ü.NN, Bodenart sandiger Lehm, Sorte Hallertauer Tradition)

An den Standorten Schweinbach und Untermantelkirchen wurde folgender Versuchsaufbau festgelegt: (1) unbehandelt, (2) Einsatz von *Steinernema carpocapsae* (3) Einsatz des Insektizids Tamaron. Diese drei Versuchsglieder wurden in Schweinbach mit sechsfacher und in Untermantelkirchen mit dreifacher Wiederholung randomisiert angelegt. In Oberulrain wurde der Einsatz des Insektizids durch den Einsatz der zweiten EPN-Art *Heterorhabditis bacteriophora* ersetzt. Die Versuchsanlage erfolgte hier randomisiert in vierfacher Wiederholung.

Die Größe einer einzelnen Parzelle betrug in Schweinbach und Untermantelkirchen jeweils drei Bifänge in der Breite und 21 Hopfenstöcke (Schweinbach) bzw. 24 Stöcke (Untermantelkirchen) in der Länge und umfasste somit je 63 Stöcke mit 126 Aufleitungen (Schweinbach) bzw. 72 Stöcke mit 144 Aufleitungen (Untermantelkirchen). In Oberulrain – wo im Rahmen von Vorversuchen die (identische) Versuchsanlage bereits 2006 erfolgt war – bestand jede Parzelle aus einem Bifang mit 21 Stöcken (42 Aufleitungen).

Als einfach bonitierbare Fangpflanzen wurden einzelne Soden von Rot-Klee *Trifolium pratense* verwendet. Im Jahr 2008 wurden etwa 15x15 cm große Stücke aus einem Gras-Klee-Bestand ausgestochen und am 9. April in Untermantelkirchen und Schweinbach in den unbehandelten Kontrollparzellen sowie den EPN-Parzellen ausgepflanzt. Dabei wurden jeweils zehn Kleepflanzen hintereinander zentral im mittleren Bifang jeder Parzelle jeweils zwischen den Hopfenstöcken eingepflanzt. Wegen großer Trockenheit bei Unabsehbarkeit des nächsten Niederschlages wurde 2008 der Standort in Oberulrain ausgeschlossen, da hier als Bodenart Sand vorherrscht und somit ein Anwachsen der Kleepflanzen als unwahrscheinlich betrachtet wurde. Im Folgejahr 2009 wurden ebenfalls ausgestochene Kleesoden aus einem reinen Kleebestand verwendet und am 28. April in den Versuchsgärten ausgebracht; dabei wurden auch in Oberulrain 16 Kleesoden pro Versuchsglied ausgepflanzt. Im dritten Projektjahr 2010 wurden Kleesoden, die im Herbst 2009 in kleinen Plastiktöpfen angesät worden waren, bereits am 31. März auf allen drei Standorten in gleicher Weise ausgepflanzt. Dabei wurden die unbehandelten und die später mit Nematoden behandelten Parzellen ausgewählt. In den Jahren 2009 und 2010 wurden

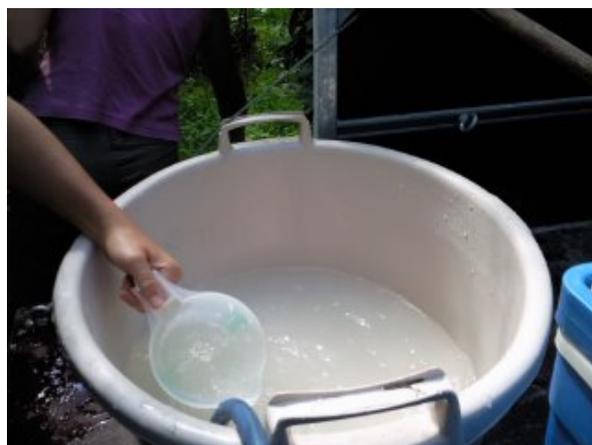


nach entsprechenden negativen Erfahrungen im ersten Projektjahr alle Kleestöcke mit einem Schutzgitter vor Hasenfraß geschützt (Abbildung 2.1). Um eine Verletzung der Kleesoden beim Ackern (Anrainen) zur Unkrautregulierung auszuschließen, wurden die Kleestöcke während dieses Bodenbearbeitungsganges Anfang Mai durch zwei mitlaufende Mitarbeiter kurzzeitig mit dem Vorhalten einer Schaufel zum Schutz des Klees vor dem Anhäufen der Erde geschützt.

Abbildung 2.1: Kleesoden mit Hasenschutz-

### **gitter in der Hopfenreihe (Oberulrain, Mai 2009)**

In den Insektizidparzellen erfolgte der (zu jenem Zeitpunkt mit Genehmigung nach § 11 (2) PflSchG praxisübliche) Einsatz von 'Taron' (Wirkstoff Methamidophos) mit 1,5 l/ha als Einzelstockapplikation mit jeweils 0,25 l Spritzbrühe pro Stock; im dritten Versuchsjahr wurde 'Actara' (Wirkstoff Thiamethoxam) mit 200 g/ha verwendet. Behandlungstermine waren der 05.05.2008, am 15.04.2009 und am 22.04.2010. Die Gießbehandlungen der EPN erfolgten am 17.07.2008 (Untermantelkirchen, Schweinbach) und am 21.07.2008 (Oberulrain), am 28.07.2009 (alle Standorte) sowie am 23.07.2010 (Oberulrain) und am 28.07.2010 (Untermantelkirchen, Schweinbach). Es wurde in jedem Projektjahr darauf geachtet, dass die Ausbringung der EPN an allen drei Standorten bei idealer Witterung stattfand: An den Ausbringungstagen war es bewölkt und es gab keine direkte Sonneneinstrahlung. Zuvor hatte es ausreichend geregnet, damit die Nematoden nicht austrocknen konnten. In fast allen Fällen setzte zudem am Nachmittag oder Abend desselben Tages bzw. am folgenden Tag leichter Niederschlag ein. Bei dem Verfahren wurden pro Hopfenstock 1 Mio. in einem Liter und pro Kleesode 0,5 Mio. Infektionslarven in einem halben Liter Wasser ausgebracht. Dabei wurden die verpackten, gekühlten Nematoden (Hersteller: Fa. e-nema, Ralsdorf) in einem 100 Liter-Tank, der hinter dem Schlepper montiert war, in wässrige Lösung gebracht. Ein eingebautes Rührwerk garantierte die ständige Durchmischung der Nematoden-Suspension. Durch eine vom Schlepper angetriebene Pumpvorrichtung floss die Suspension in eine Wanne auf der hinteren Ladefläche. Daraus schöpften zwei Personen mit je einem Messbecher die erforderliche Menge heraus und gossen diese unmittelbar an den einzelnen Hopfenstock bzw. auf die Kleesode (Abbildung 2.2 und 2.3).



**Abbildung 2.2 und 2.3: Schöpfen der Nematodensuspension aus einer Wanne am Schlepper und Gießen eines Hopfenstockes mit der Suspension (Untermantelkirchen, 17.07.2008)**

### **2.2.3 Bonituren im Freiland**

Auf den drei Standorten entwickelten sich die eingepflanzten Kleesoden in allen Versuchsjahren optimal und wurden von den adulten Käfern gut als Nahrungspflanzen angenommen. Allerdings kam es im ersten Versuchsjahr 2008 im Verlauf der Vegetationsperiode zunehmend zu Verlusten an Kleesoden durch Hasenfraß, der schließlich – zusammen mit Wassermangel und Bodenbearbeitungsmaßnahmen der Landwirte, die ohne die nötige Sorgfalt erfolgt waren - großflächig zu einem Gesamtausfall der Fangpflanzen führte. Im Jahr 2008 wurden sowohl die Kleesoden als auch die Hopfenpflanzen in den Versuchspartellen fünfmal auf Befehl mit *Otiorhynchus ligustici*

bonitiert. In den Jahren 2009 und 2010 wurden die Kleesoden wie auch die Hopfenpflanzen in den Versuchspartellen fünf- bzw. sechsmal auf Befall bonitiert. Im Zuge der Bonituren wurde zunächst die Pflanze optisch kontrolliert, ob ein Käfer auf ihr oder auf der umgebenden Erdoberfläche saß. Zudem wurde die Erde oberflächlich mit einer großen Pinzette gelockert, um eventuell bodennah eingegrabene Käfer zu entdecken.

Da 2008 zum Ende der Saison keine Kleesoden lokalisierbar waren, musste in diesem Jahr auf eine Bonitur des Wurzelbereiches des Klees verzichtet werden. Die Kleesoden wurden daher im zweiten Versuchsjahr 2009 erstmals auf Larven von *O. ligustici* bonitiert. Die Arbeiten erfolgten am 28.09 in Schweinbach, am 29.09. in Untermantelkirchen und am 30.09.2009 in Oberulrain. Im dritten Projektjahr wurden die Bonituren an den drei Standorten am 18. und 19.10.2010 durchgeführt. Dabei wurden die Kleesoden großräumig (ca. 25x25x20 cm) mit einem Spaten ausgestochen und im Feld auf einem Biertisch auf das Vorhandensein von Käferlarven bonitiert (Abbildung 2.4). Die Kontrolle an den Wurzeln erfolgte besonders genau, da hier ein vermehrtes Auftreten der Larven zu erwarten war. Daneben wurde auch die Erde um den Kleestock auf Larven durchsucht.



**Abbildung 2.4:**

**Herbstliche Bonitur der  
ausgestochenen Kleesoden  
im Feld auf Larven von  
*Otiorhynchus ligustici*  
(Oberulrain, 30.09.2009)**

Am Ende des dritten Projektjahres erfolgte am 13.10.2010 schließlich die von Beginn an eingeplante Abschlussbonitur an ausgegrabenen Hopfenstöcken, von der die aussagekräftigsten Ergebnisse erwartet wurden. Da am Standort Oberulrain in den drei Projektjahren die meisten Käfer gefunden worden waren und dort zudem bereits seit 2005 exakt dieselben Pflanzen mit EPN behandelt bzw. unbehandelt geblieben waren, wurden hier am ehesten Unterschiede in der Besiedelung der Hopfenwurzelstöcke mit Käferlarven erwartet. Aus jeder der drei Varianten (unbehandelt, Einsatz von *Steinernema carpocapsae* sowie von *Heterorhabditis bacteriophora*) wurden je acht Stöcke mit einem Spezialbagger einer Staudengärtnerei mit 60 cm-Grabschaufel ausgehoben (Abbildung 2.5). Die Hopfenstöcke wurden auf einen Wagen geladen und zum Hopfenforschungszentrum in Hüll transportiert, um sie dort ggf. unter Dach zu zerlegen. Mit Spachteln wurde die Erde vorsichtig entfernt, die Wurzeln völlig freigelegt und mit Pinzetten genau untersucht (Abbildung 2.6). Somit war gewährleistet, alle Käfer und Larven, die am Wurzelstock oder im umgebenden Erdreich saßen, zuverlässig finden und einsammeln zu können.



Abbildung 2.5 und 2.6: Roden der Hopfenstöcke im Herbst des dritten Projektjahres und Bonitur des Wurzelbereiches auf Larven von *Otiorhynchus ligustici* (Oberulrain und Hüll, 13.10.2010)

## 2.2.4 Topfversuche im Semi-Freiland

### 2.2.4.1 Hintergründe

Im ersten Projektjahr konnte aus verschiedenen Gründen der vorhergesehene Biotest nach GLAZER & LEWIS (2000) nicht durchgeführt werden. Wie sich in diesem Jahr zeigte, konnten trotz starkem Befall mit adulten Käfern im Frühjahr bei der Kleesodenbonitur im Herbst nahezu keine Larven gefunden werden - vor allem keine L2- bzw. L3-Larven, die für die Bestimmung der Pathogenität im Biotest unerlässlich sind. Zudem wurde generell eine zukünftige Versuchsanlage zur sichereren Bestimmung des Wirkungsgrades einzelner antagonistischer Organismen eruiert. Neben EPN waren auch die Wirkung von entomopathogenen Pilzen (EPP) und die der Kombination beider Antagonisten von großem Interesse. Die Methode von VAN TOL & GWYNN (2004) schien für diese Versuchsfrage als geeignet. Dabei wurde von einer definierten Ablage von Eiern pro Topf ausgegangen, um einen homogenen Befall zu erwirken.

### 2.2.4.2 Eiproduktion

Für die Eiproduktion im ersten Projektjahr 2009 wurden zu drei Fangterminen (08.04., 09.04. und 14.04.2009) insgesamt 108 adulte *Otiorhynchus ligustici* aus Hopfenanlagen in der Hallertau gesammelt und in acht Haltungsgefäßen mit unterschiedlichen Populationsdichten von drei bis 23 Individuen pro Gefäß aufgeteilt. Die relative Luftfeuchtigkeit in den Gefäßen betrug 85 %, um ein Austrocknen der abgelegten Eier zu vermeiden. Den Käfern wurde wöchentlich frischer Rot-Klee als Futterpflanze bereitgestellt.

Die Eiablage begann 2009 Anfang Mai und endete Mitte Juli, wobei sich die Hauptablagezeit von Mitte Mai bis Mitte Juni erstreckte (Abbildung 2.7). Mitte Juni wurde die Eiproduktion auf vier Gefäße mit je fünf Käfern reduziert. Die durchschnittlich abgelegte Eizahl lag bei 465,8 Eiern pro Individuum (Min: 185,6; Max: 658,9). Eine große oder kleine Anzahl Käfer pro Haltungsgefäß hatte keinen Einfluss auf die Anzahl der Eier ( $df = 1$ ;  $F = 0,6996$ ;  $P = 0,4499$ ). Mit Ende der Eiablage stieg die Mortalität der Individuen stark an (Abbildung 2.8). *Otiorhynchus ligustici* verendet sofort nach der Eiablage und lebt nicht wie andere Rüsselkäfer-Arten noch einige Wochen als adultes Tier weiter.

Für die Eiproduktion 2010 wurden zu drei Fangterminen (08.04., 20.04. und 23.04.2010) insgesamt 120 adulte *O. ligustici* aus Hopfenanlagen der Hallertau gesammelt und in zwölf Haltungsgefäßen mit je zehn Käfern pro Gefäß aufgeteilt. In acht Haltungsgefäßen wurde den Käfern wöchentlich frischer Rot-Klee als Futterpflanze bereit gestellt, in vier Gefäßen diente Luzerne als Futterquelle.

Im Jahr 2010 begann die Eiablage Anfang April, erreichte den Höhepunkt Anfang Juni und endete Anfang Juli. Die mit Rot-Klee gefütterten Käfer produzierten im Durchschnitt 712,4 Eier pro Individuum, die Käfer mit Luzerne als Futterpflanze hingen nur 463,9 Eier pro Individuum. Es ergab sich dadurch ein signifikanter Unterschied in der Anzahl abgelegter Eier im Hinblick auf die Art der Futterpflanze ( $df = 1$ ;  $F = 9,9493$ ;  $P = 0,0197$ ). Mit dem Ende der Eiablage stieg die Mortalität der Adulti wie 2009 sehr stark an (Abbildung 2.9).

Aus der Gesamtmenge der produzierten Eier wurden am Standort Oberulrain in jeder der drei Varianten an je zwei Hopfenstöcken pro Wiederholung am 11.06.2010 jeweils 100 Eier abgelegt, um dadurch möglicherweise vor EPN-Applikation einen höheren Ausgangsbefall an Käferlarven zu erhalten.

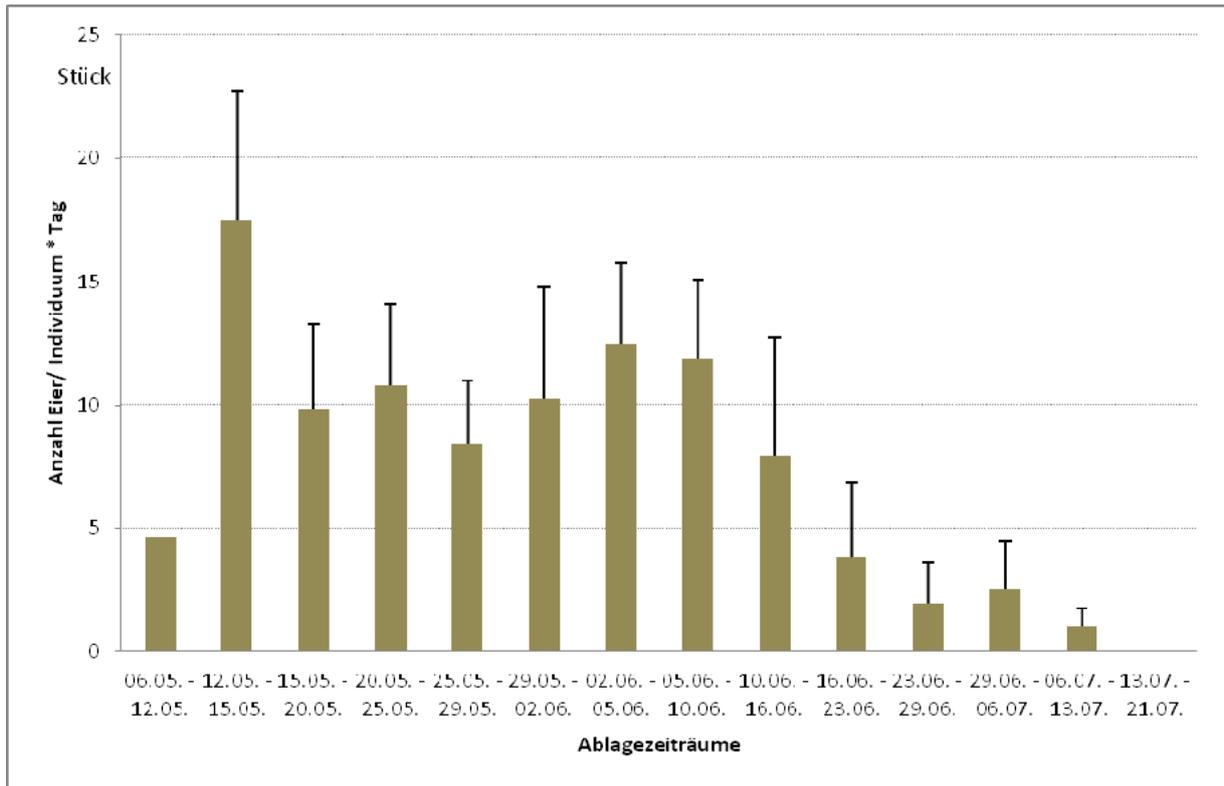


Abbildung 2.7: Anzahl der 2009 von *Otiorynchus ligustici* abgelegten Eier in Haltungsgefäßen mit Rot-Klee als Futterpflanze (Mittelwert pro Individuum und Tag; n = 108 Käfer)

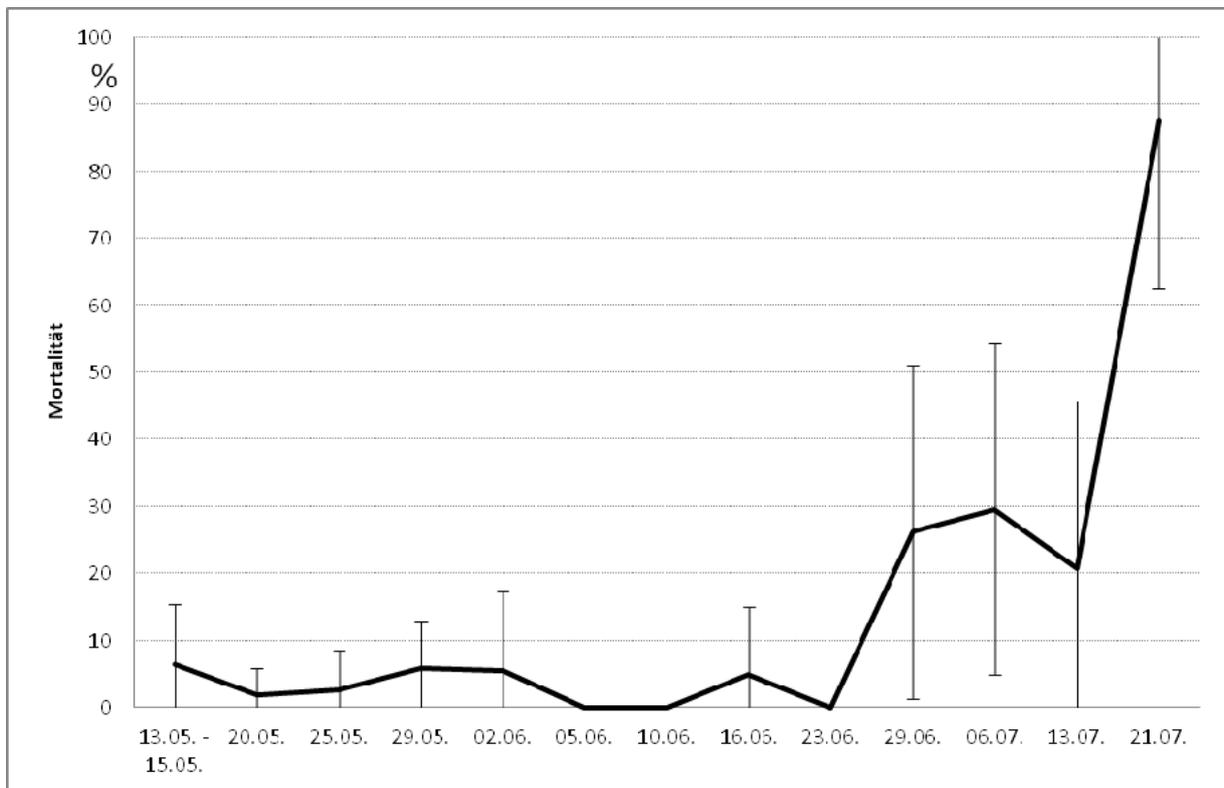
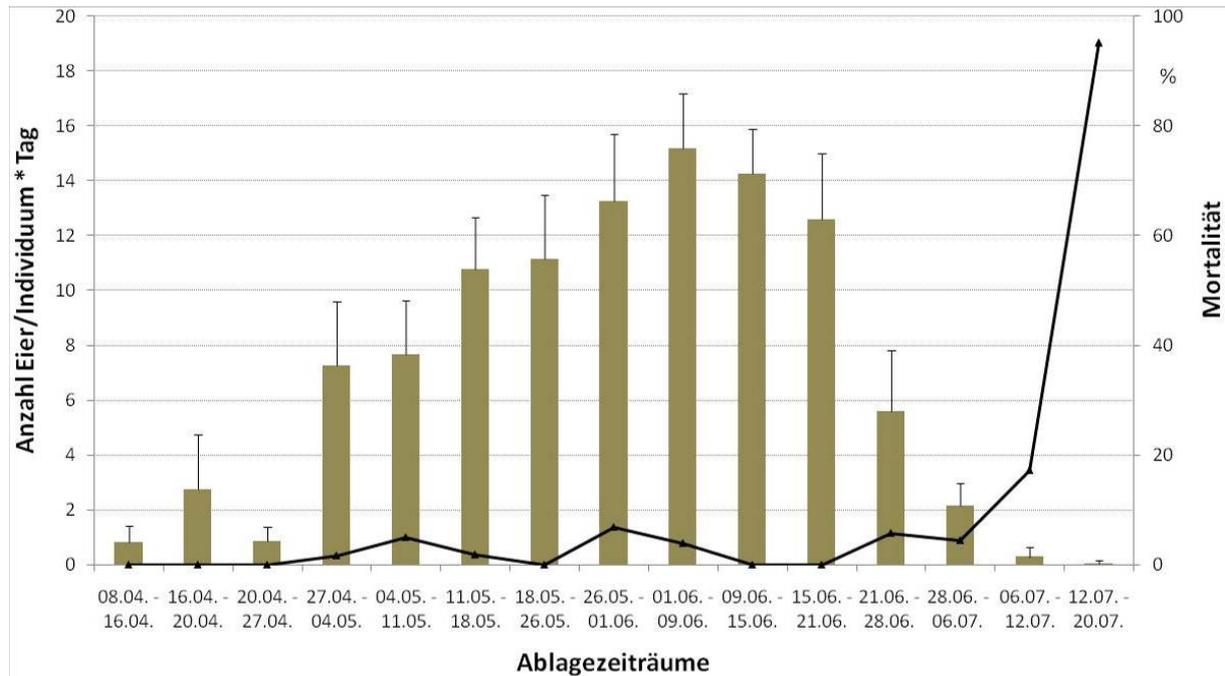


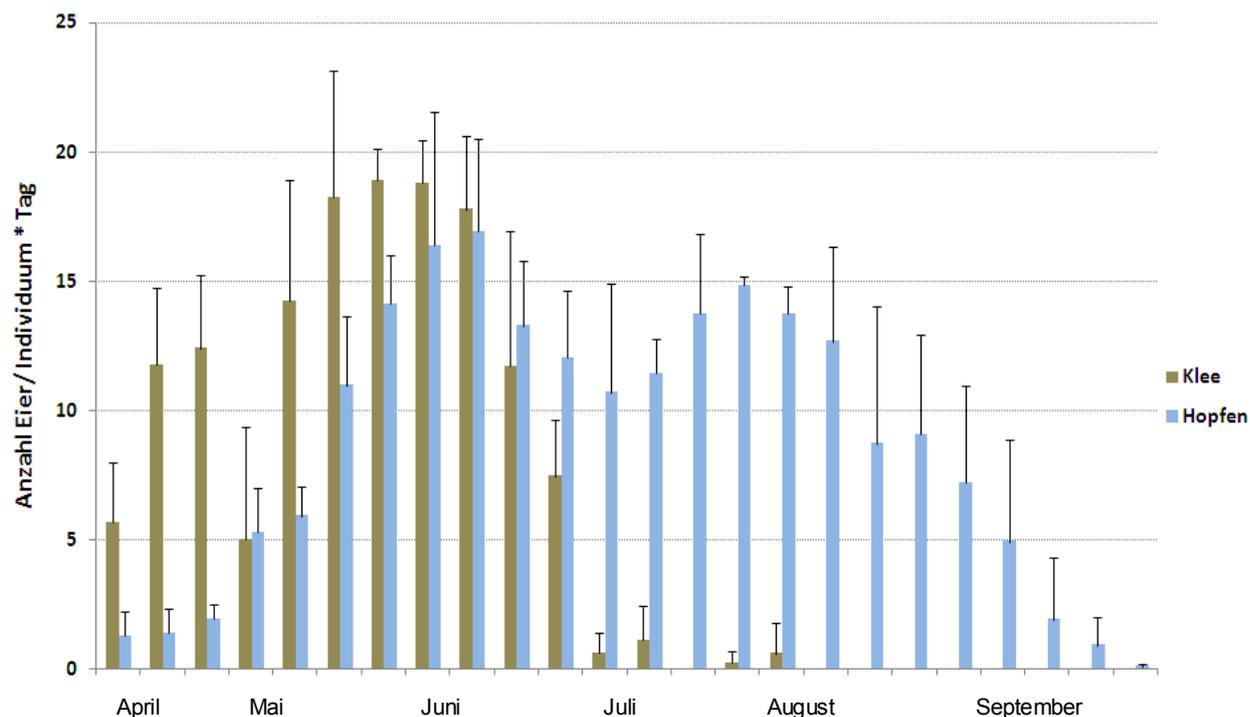
Abbildung 2.8: Mortalität der adulten Käfer (n = 108) von *Otiorynchus ligustici* nach Eiablage im Jahr 2009 mit Rot-Klee als Futterpflanze



**Abbildung 2.9: Anzahl der 2010 von *Otiorhynchus ligustici* abgelegten Eier in Haltungsgefäßen, mit Rot-Klee als Futterpflanze, und Mortalität der adulten Käfer nach Eiablage (Mittelwert pro Individuum und Tag; n = 8x10 Käfer)**

Im letzten Projektjahr 2011 wurden zur Eiproduktion wiederum Anfang April (11.04., 14.04.2011) insgesamt 98 Käfer in Praxisgärten der Hallertau gesammelt und davon je fünf Käfer in acht Haltungsgefäße aufgeteilt. Fünf Käfer pro Gefäß hatten sich als geeignete Anzahl für erleichtertes Absammeln und Zählen von abgelegten Eiern erwiesen. In vier Haltungsgefäßen wurde den Käfern wöchentlich frischer Rot-Klee als Futterpflanze bereit gestellt und zum Vergleich in vier Gefäßen frische Hopfenblätter vorgesetzt.

Die Eiablage begann jeweils Anfang April und endete bei der Klee-Variante Mitte Juli, wobei sich die Hauptablagezeit von Ende April bis Mitte Juni erstreckte. Bei der Variante Hopfen wurde eine verzettelte Eiablage auf hohem Niveau mit Spitzen Ende Mai und Mitte Juli beobachtet. Das Ende der Eiablage zog sich bis in den September. Zusätzlich zeigte sich bei der Hopfenvariante eine verzögerte Mortalität nach Ende der Eiablage, wohin gegen bei den Klee- und Luzernevarianten die Sterberate nach beendeter Eiablage sehr stark anstieg. Im letzten Projektjahr 2011 wurde eine durchschnittliche Anzahl abgelegter Eier bei der Rot-Kleevariante von 1.001 Eier/Individuum beobachtet, wohingegen die Käfer mit Hopfen als Futterpflanze 1.467 Eier je adultem Tier legten (Abbildung 2.10). Die Fütterung mit Hopfen brachte somit nicht nur eine verzettelte Eiablage und Mortalität, sondern auch eine Steigerung der Eiproduktivität der einzelnen Individuen ( $df = 1$ ;  $F = 30,7153$ ;  $P = 0,0014$ ). Die Wahl der Futterpflanze hatte folglich einen signifikanten Einfluss auf die Eiablage von *O. ligustici*. Die Zunahme der Anzahl abgelegter Eier bei der Hopfenvariante gegenüber der Rot-Kleevariante in 2011 kann an dem fortschreitenden Übergang des Rot-Klees zum generativen Wachstum gelegen haben, wohingegen der Hopfen stets im vegetativen Wachstum beerntet wurde.



**Abbildung 2.10:** Anzahl der 2011 von *Otiorynchus ligustici* abgelegten Eier in Haltungsgefäßen, mit Rot-Klee im Vergleich zu Hopfen als Futterpflanze (Mittelwert pro Individuum und Tag; n = je 4x5 Käfer)

### 2.2.4.3 Versuchsglieder, Aufwandmengen und Applikation

Im Projektjahr 2009 wurden fünf Varianten samt Kontrolle angelegt. Es wurden folgende Versuchsglieder festgelegt: (1) Kontrolle, (2) *Heterorhabditis bacteriophora*, (3) *Steinernema carpocapsae*, (4) *Metarhizium anisopliae* gegossen, (5) *M. anisopliae* gespritzt, (6) *M. anisopliae* gespritzt + *H. bacteriophora*. Pro Variante wurden zehn 5 Liter-Container (Ausnahme: Versuchsglieder 3 und 4 mit je fünf Containern) am 04.05. und 12.05.2009 mit Rot-Klee betopft. Zudem wurden drei Container zusätzlich mit eingepflanzt, um zum Zeitpunkt der Behandlung die Larvenstadien ermitteln zu können, ohne in den Versuch eingreifen zu müssen. Die Eier wurden zu zwei Ablageterminen am 12.05. und 20.05.2009 mit jeweils 50 Eiern pro Topf in der Nähe der Wurzelhälfte in ein etwa 2 cm tiefes Loch abgelegt. Danach wurde dieses mit etwas Erde abgedeckt. Die Töpfe wurden in überdachtes Freiland mit Beregnung gestellt – daher die Bezeichnung 'Semi-Freiland'.

Die Kultivierung von *Metarhizium anisopliae* wurde von vom JKI Darmstadt, Institut für biologischen Pflanzenschutz, übernommen. Hergestellt wurde 2009 eine Konidien suspension in einer Konzentration von  $1,0 \times 10^{10}$  Konidien/l auf der Basis des Stammes Ma43 (ehemals Bio1020). Die Aufwandmenge bei *M. anisopliae* wurde auf  $1,0 \times 10^8$  Konidien/l Substrat festgelegt. Bei den entomopathogenen Nematoden orientierte sich die Aufwandmenge mit 0,5 Mio. Nematoden/Topf an den Freilandversuchen des Projektes.

Bei allen Varianten, mit Ausnahme von *M. anisopliae* gespritzt, wurden die Nematoden bzw. Konidien in Leitungswasser gelöst und mit 500 ml/Topf von Hand gegossen. Bei den Spritzbehandlungen mit *M. anisopliae* wurden 50 ml der  $1,0 \times 10^{10}$ -Konidienlösung mittels handelsüblicher Spritze etwa zehn Zentimeter tief in vier Einstichstellen, ähnlich einer Würfel-Vier, appliziert. Dies fand am 17.07.2009 statt, 58 Tage nach der letzten Eiablage, die

Gießbehandlungen sieben Tage später. Zu diesem Zeitpunkt wurden bei den drei externen Containern die Larvenstadien mittels Kopfkapselbreite nach HANUSS (1958) bestimmt. Danach waren 66,7 % L3-Larven und 33,3 % L2-Larven vorhanden, was dem optimalen Bekämpfungszeitpunkt entsprach.

Im Jahr 2010 wurden sieben Varianten mit Kontrolle angelegt. Es wurden folgende Versuchsglieder festgelegt: (1) Kontrolle, (2) *Steinernema carpocapsae* 12500 N/I Substrat (3) *Heterorhabditis bacteriophora* 12500 N/I Substrat, (4) *Metarhizium anisopliae*  $1,0 \times 10^9$  Konidien/I Substrat, (5) *M. anisopliae*  $1,0 \times 10^8$  Konidien/I Substrat, (6) Naturalis (*Beauveria bassiana*) 3,0 % und (7) Neem (Azadirachtin) 0,5 %. Pro Variante wurden viermal sieben 12er-Töpfe, in die im Herbst 2009 Rot-Klee gesät worden war, mit einem Erdvolumen von 400 ml am 14.05. und am 28.05.2010 mit jeweils 25 Eiern bestückt. Die Eier wurden in der Nähe der Wurzelhäse in ein etwa 2 cm tiefes Loch abgelegt und anschließend mit etwas Erde abgedeckt. Die Töpfe wurden wieder in überdachtes Freiland mit Beregnung gestellt.

Die Kultivierung von *M. anisopliae* (Stamm Ma43) wurde 2010 wieder vom JKI Darmstadt übernommen. Geliefert wurden gefriergetrocknete Konidien in Päckchen zu  $4,0 \times 10^{10}$  Konidien. Hergestellt wurde eine Konidien suspension mit Leitungswasser und Tween 80 (0,1 %). Die Suspension wurde folglich auf die entsprechenden Aufwandmengen eingestellt. Die beiden Nematodenarten, Naturalis und Neem wurden in Leitungswasser mit der jeweiligen Aufwandmenge bzw. Konzentration gelöst. Bei allen Varianten wurden 100 ml Brühe pro Topf mittels Messbecher von Hand 53 bzw. 59 Tage nach der letzten Eiablage gegossen. Zu diesem Zeitpunkt wurden bei externen Töpfen wieder die Larvenstadien anhand der Kopfkapselbreite bestimmt. Demnach waren 8,7% L1-Larven, 60,9 % L2-Larven und 30,4 % L3-Larven vorhanden.

Im letzten Projektjahr 2011 wurden 13 Versuchsvarianten mit Kontrolle angelegt. Es ergaben sich folgende Versuchsglieder: (1) Kontrolle, (2) *Steinernema carpocapsae* 100.000 N/I Substrat, (3) *S. carpocapsae* 50.000 N/I Substrat, (4) *S. carpocapsae* 25.000 N/I Substrat, (5) *Heterorhabditis bacteriophora* 100.000 N/I Substrat, (6) *H. bacteriophora* 50.000 N/I Substrat, (7) *H. bacteriophora* 25.000 N/I Substrat, (8) *Metarhizium anisopliae*  $1,0 \times 10^9$  Konidien/I Substrat, (9) *M. anisopliae*  $1,0 \times 10^8$  Konidien/I Substrat, (10) *M. anisopliae*  $1,0 \times 10^7$  Konidien/I Substrat, (11) NeemAzal T/S (Azadirachtin) 0,75 %, (12) Naturalis (*Beauveria bassiana*) 3,0 % und eine Synergievariante mit (13) *S. carpocapsae* 25.000 N/I Substrat + *M. anisopliae*  $1,0 \times 10^7$  Konidien/I Substrat. Pro Variante wurden viermal zehn 13er-Viereckttöpfe mit Rot-Klee in mineralischem Substrat, mit einem Erdvolumen von etwa 2 Litern am 19.05. und am 31.05.2011 mit jeweils 25 Eiern bestückt. Die Eier wurden in der Nähe der Wurzelhäse in ein etwa 2 cm tiefes Loch abgelegt und anschließend mit etwas Erde abgedeckt. Die Töpfe wurden dann wieder in überdachtes Freiland mit Beregnung gestellt.

Die Kultivierung von *M. anisopliae* (Stamm Ma43) wurde wieder vom JKI Darmstadt übernommen. Geliefert wurde 2011 eine Konidien suspension. Die Suspension wurde auf die entsprechenden Aufwandmengen eingestellt. Die beiden Nematodenarten, Naturalis und Neem wurden in Leitungswasser mit der jeweiligen Aufwandmenge bzw. Konzentration gelöst. Bei allen Varianten wurden 58 Tage nach der letzten Eiablage 150 ml Brühe pro Topf mittels Messbecher von Hand gegossen. Zu diesem Zeitpunkt waren nach Bestimmung der Kopfkapselbreite 100% L1-Larven vorhanden.

## 2.3. Ergebnisse

### 2.3.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

#### 2.3.1.1 Fallenfänge im Frühjahr

Die Ergebnisse der Fallenfänge im Frühjahr sind unter Punkt 1.3 zu finden.

#### 2.3.1.2 Bonituren adulter Käfer an Klee und Hopfen im Frühjahr

Aufgrund der kühlen Witterung im Frühjahr 2008 setzte der Befall mit *Otiorhynchus ligustici* sehr spät ein. Erst Anfang Mai wurden einige wenige Exemplare gesichtet und die im weiteren Verlauf bonitierten Käferdichten waren als sehr gering einzustufen: so wurden insgesamt in Schweinbach drei, in Untermantelkirchen 21 und in Oberulrain 27 Käfer registriert. Dennoch war festzustellen, dass die Fangpflanze Klee von den adulten Käfern gut angenommen wurde und hier problemlos Bonituren möglich waren. Die Ergebnisse der Bonituren adulter Käfer an Hopfenstöcken und den dazwischen in den Bifang eingepflanzten Kleesoden aus dem Jahr 2008 sind in Tabelle 2.1 zu finden.

**Tabelle 2.1: Bonitur von Hopfenstöcken (Hop) und Kleesoden (Klee) im Jahr 2008 an drei Standorten in der Hallertau auf Befall mit adulten *Otiorhynchus ligustici*. Die Zahlen bedeuten Mittelwerte lebender/toter Käfer pro Parzelle. Schweinbach: 6 Wiederholungen, Untermantelkirchen: 3 Wdh., Oberulrain: 4 Wdh.**

2008	05.05./08.05.		14.05.		20.05.		26.05.		05.06.	
	Hop	Klee	Hop	Klee	Hop	Klee	Hop	Klee	Hop	Klee
<b>Schweinbach</b>										
<i>S. carpocapsae</i>	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0,17/0	0/0	0/0
Insektizid	0/0	-	0,17/0	-	0/0	-	0/0	-	0/0	-
unbehandelt	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0,17/0	0/0	0/0	0/0	0/0
<b>Untermantelkirchen</b>										
<i>S. carpocapsae</i>	0/0	0/0	0,33/0	0/0	0,67/0	0,33/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Insektizid	0/0	-	0/0,67	-	0,33/0	-	0/0	-	0/0	-
unbehandelt	0/0	0/0	0/0	0/0	1,33/0	3/0	0/0	1/0	0/0	0/0
<b>Oberulrain</b>										
<i>H. bacteriophora</i>	0,75/0	-	0/0	-	0,25/0	-	0,5/0	-	0/0	-
<i>S. carpocapsae</i>	1,75/0	-	0,25/0	-	0/0	-	0,5/0	-	0/0	-
unbehandelt	1/0	-	0/0	-	1,5/0	-	0,25/0	-	0/0	-

Im zweiten Projektjahr 2009 war ein enormer Anstieg der absoluten Käferzahlen zu verzeichnen. In Schweinbach wurden 45, in Untermantelkirchen 116 und in Oberulrain 409 Exemplare gezählt (Tabelle 2.2). Trotz der großen Unterschiede in der absoluten Zahl lebender Käfer zwischen den Standorten und Varianten ergab eine statistische Auswertung (LSD-Test,  $p < 0,05$ ), dass nur in Untermantelkirchen zwischen den mit Insektizid behandelten Blöcken und den anderen Varianten ein signifikanter Unterschied zu finden war.

**Tabelle 2.2: Bonitur von Hopfenstöcken (Hop) und Kleesoden (Klee) im Jahr 2009 an drei Standorten in der Hallertau auf Befall mit adulten *Otiorhynchus ligustici*. Die Zahlen bedeuten Mittelwerte lebender bzw. lebender/toter Käfer pro Parzelle. Schweinbach: 6 Wiederholungen, Untermantelkirchen: 3 Wdh., Oberulrain: 4 Wdh.**

2009	09.04.		14.04.		21.04.		05.05.		26.05.		02.06.	
	Hop	Klee	Hop	Klee	Hop	Klee	Hop	Klee	Hop	Klee	Hop	Klee
<b>Schweinbach</b>												
<i>S. carpocapsae</i>	2,3/0,3	-	0,5/0	-	0,5/0	-	0/0	0,3	0/0	0,2	-	-
Insektizid	1,0/0	-	0,3/0	-	0,2/0,2	-	0/0	-	0/0	-	-	-
unbehandelt	1,2/0,2	-	0,2/0	-	0,3/0	-	0/0	0,3	0/0	0,2	-	-
<b>Untermantelkirchen</b>												
<i>S. carpocapsae</i>	3,7/0,3	-	2,7/0	-	4,0/0	-	0,7/0	1,0	1,0/0	0,3	0/0	0,7
Insektizid	3,0/0	-	1,3/0	-	1,0/0	-	0,3/2,7	-	0/0	-	0/0	-
unbehandelt	7,0/0,3	-	3,7/0	-	6,3/0	-	0,3/0	0,7	0,3/0	0,7	0/0	0
<b>Oberulrain</b>												
<i>H. bacteriophora</i>	2,8/0	-	7,0/0	-	9,3/0,3	-	2,3/0	4,0	0,8/0	5,0	0/0	0,5
<i>S. carpocapsae</i>	1,5/0	-	9,0/0	-	8,8/0	-	3,8/0	4,5	2,0/0	4,8	0/0	2,0
unbehandelt	1,3/0	-	5,8/0	-	10,5/0	-	2,3/0	6,0	1,5/0	4,8	0,5/0	2,0

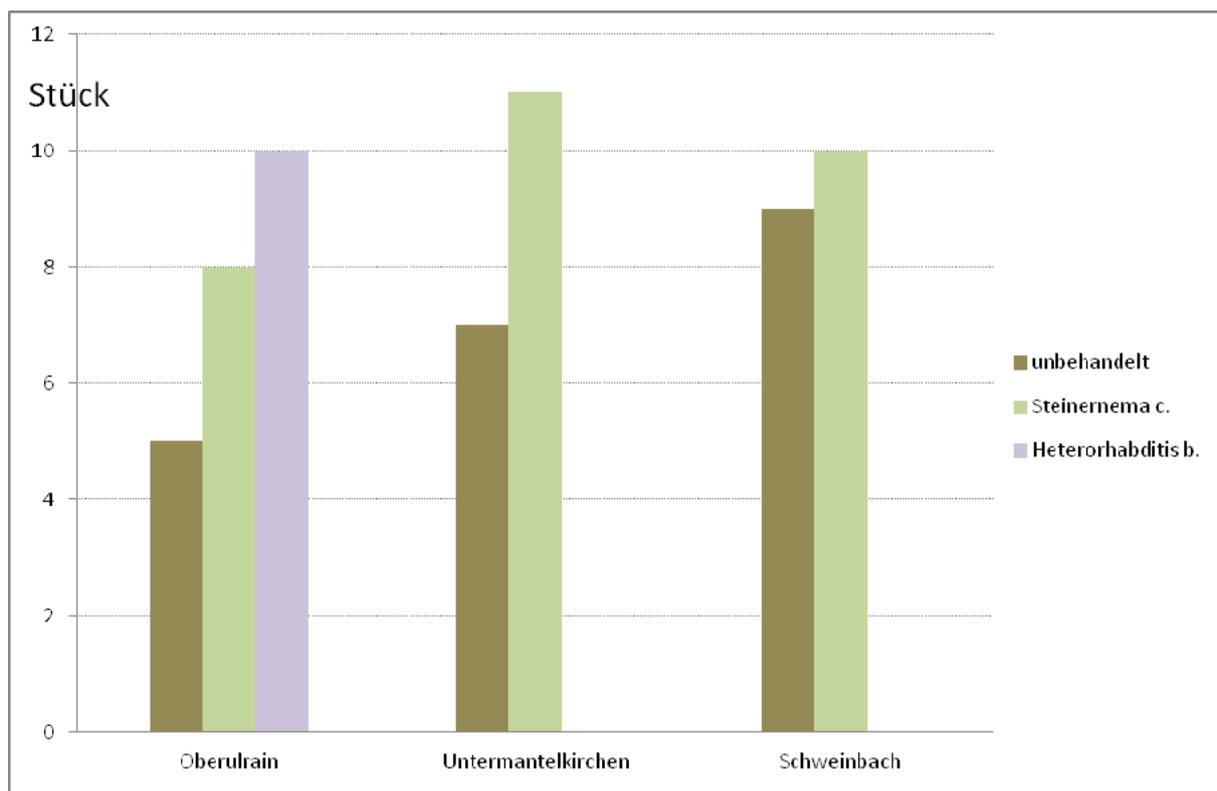
Im dritten Projektjahr 2010 waren ein später Vegetationsbeginn (26. März), ein kalter und trockener April und ein nasskalter Mai ausschlaggebend dafür, dass insgesamt nur wenig Käfer bei den Bonituren gefunden wurden. Ein statistischer Vergleich von unbehandelter Kontrolle mit den beiden behandelten Varianten ergab keine signifikanten Unterschiede. Auffallend ist, dass nur in einem Fall (Untermantelkirchen, Insektizid-behandelte Parzelle am 28.04.) tote Käfer gefunden wurden (Tabelle 2.3).

**Tabelle 2.3: Bonitur von Hopfenstöcken (Hop) und Kleesoden (Klee) im Jahr 2010 an drei Standorten in der Hallertau auf Befall mit adulten *Otiorhynchus ligustici*. Die Zahlen bedeuten Mittelwerte lebender bzw. lebender/toter Käfer pro Parzelle. Schweinbach: 6 Wiederholungen, Untermantelkirchen: 3 Wdh., Oberulrain: 4 Wdh.**

2010	20./21.04.		28./29.04.		12.05.		26.05.		08.06.		22.06.	
	Hop	Klee	Hop	Klee	Hop	Klee	Hop	Klee	Hop	Klee	Hop	Klee
<b>Schweinbach</b>												
<i>S. carpocapsae</i>	0,5	1,8	1,2	1,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0
Insektizid	0,7	-	0	-	0,5	-	0	-	0	-	0	-
unbehandelt	0,5	0,8	0,5	1,2	0	0,5	0	0	0	0	0	0
<b>Untermantelkirchen</b>												
<i>S. carpocapsae</i>	2,0	6,7	1,0	4,0	0	1,0	0	0	0	0	0	0
Insektizid	3,3	-	0,3/1,7	-	0	-	0	-	0	-	0	-
unbehandelt	4,3	4,0	1,7	9,7	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Oberulrain</b>												
<i>H. bacteriophora</i>	1,3	4,0	1,0	1,3	0	3,0	0	1,3	0	0,3	0	0
<i>S. carpocapsae</i>	2,3	4,3	1,0	2,3	1,3	2,3	0	1,0	0	0,3	0	0
unbehandelt	0,5	10,3	2,0	1,5	0,3	1,8	0	0,5	0	0	0	0,5

### 2.3.1.3 Bonituren von Käferlarven an Kleesoden als Fangpflanzen im Herbst

Da zum Ende der Saison 2008 keine Kleesoden mehr vorhanden waren, musste in diesem Jahr auf eine Bonitur des Wurzelbereiches des Klees verzichtet werden. Im folgenden Jahr wurden die Bonituren planmäßig durchgeführt, doch sie ergaben trotz des guten Besatzes mit adulten Käfern und zahlreichen Eiablagen pro Kleesode nur Durchschnittswerte 0,08 bis 0,23 Käferlarven (Abbildung 2.11). Möglicherweise waren die Larven zum Zeitpunkt der Bonitur Ende September bereits in tiefere Bodenschichten abgewandert.



**Abbildung 2.11: Bonitur von ausgegrabenen Kleesoden auf Besatz mit Larven von *Otiorhynchus ligustici* im Herbst 2009. Dargestellt ist die Summe der Larven aus allen Wiederholungen des jeweiligen Versuchsgliedes (Schweinbach: 6 Wiederholungen, Untermantelkirchen: 3 Wdh., Oberulrain: 4 Wdh.)**

Die Larvenbonitur der ausgestochenen Kleesoden ergab auch 2010 keine statistischen Unterschiede. In Untermantelkirchen wurde keine einzige Larve gefunden. In Schweinbach waren es fünf in den Parzellen mit *S. carpocapsae*-Einsatz und sieben in der unbehandelten Kontrolle. In Oberulrain wurden lediglich fünf Larven in der Variante *H. bacteriphora* und drei bei *S. carpocapsae* gefunden. Somit ist keinerlei Aussage zu der Wirksamkeit des EPN-Einsatzes möglich.

### 2.3.1.4 Bonitur von Käferlarven an ausgegrabenen Hopfenstöcke im Herbst 2010

Das Ergebnis der Larvenbonitur an den ausgegrabenen Hopfenstöcken war extrem enttäuschend. Im Zuge der sehr zeitaufwendigen Bonitur wurden insgesamt lediglich 18 Larven und 14 Imagines von *O. ligustici* an insgesamt 24 Hopfenstöcken gefunden, obwohl zur Erhöhung des Ausgangsbefalls an der Hälfte der Stöcke im Juni 2010 zusätzlich noch je 100 Eier aus der Zucht abgelegt worden waren (Tabelle 2.4, vgl. Punkt 2.2.4.2).

**Tabelle 2.4: Anzahl Larven und Imagines von *Otiorhynchus ligustici* im Wurzelbereich von 24 ausgegrabenen Hopfenstöcken am Standort Oberulrain am 13.10.2010.**

Variante	Larven		Imagines
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	Wh. 1 - 4	1 / 2 / 0 / 3	0 / 3 / 3 / 0
	Summe	6	6
<i>Steinernema carpocapse</i>	Wh. 1 - 4	6 / 0 / 0 / 2	2 / 0 / 0 / 4
	Summe	8	6
unbehandelt	Wh. 1 - 4	0 / 2 / 1 / 1	0 / 0 / 1 / 1
	Summe	4	2

Da bereits in Oberulrain mit dem generell stärksten Befall während der gesamten Projektdauer nur sehr geringer Besatz mit *O. ligustici* festgestellt werden konnte, wurde an den beiden anderen Standorten Untermantelkirchen und Schweinbach anschließend auf diese arbeitsaufwendige Bonitur verzichtet.

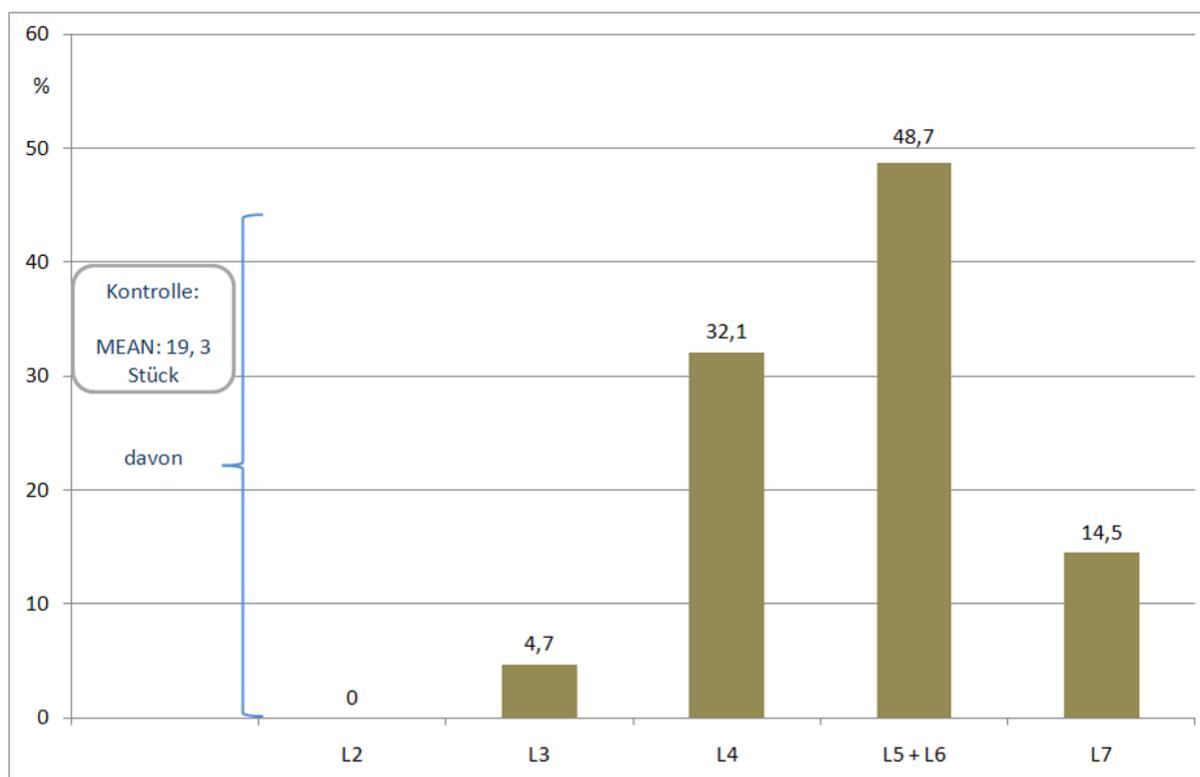
### 2.3.1.5 Topfversuche im Semi-Freiland

Ab dem 1. Oktober 2009 wurden die ersten Töpfe auf Larvenbesatz untersucht. Die Larven wurden gezählt und in die verschiedenen Larvenstadien eingeteilt, wobei nach Ausmessen der Kopfkapselbreite einiger Larven mit unterschiedlicher Größe diese in folgendes optisches und längenspezifisches Raster eingeteilt wurden:

L2 = transparent, <2 mm; L3 = transparent, 2-4 mm; L4 = transparent, 4-6 mm; L5 = transparent, 6-12 mm; L6 = transparent, >12 mm; und L7 = milchig weiß, >12 mm (Abbildung 2.12). In der unbehandelten Kontrolle (n = 10 Töpfe) wurden durchschnittlich 19,3 Larven pro Topf gezählt. Dabei waren 4,7 % L3-Larven, 32,1 % L4-Larven, 48,2 % L5+6-Larven und 14,5 % L7-Larven (Abbildung 2.13). Die Larvenstadien L5 und L6 mussten 2009 zusammen dargestellt werden, da sich die Literaturangaben widersprachen, anfangs von nur sechs Larvenstadien ausgegangen wurde und rückwirkend diese beiden Larvenstadien nicht mehr differenziert werden konnten. In den beiden folgenden Projektjahren 2010 und 2011 wurde dann auch zwischen L5- und L6-Larven differenziert.



**Abbildung 2.12: Verschiedene Larvenstadien von *Otiorhynchus ligustici* bei der Bonitur von Semi-Freiland-Topfversuchen (Hüll, 25.10.2011)**



**Abbildung 2.13: Prozentuale Verteilung der Larvenstadien (L2 – L7) in der unbehandelten Kontrolle bei der Bonitur im Oktober 2009 (durchschnittliche Anzahl an Larven pro Topf; n = 10 Töpfe)**

Die Schlupf- bzw. Wiederfindungsrate in der Kontrolle lag bei 19,3 %, was sich mit der relativ großen Eiproduktion pro Individuum deckt. Die beiden EPN-Arten unterschieden sich mit 85,5 % und 80,3 % im Wirkungsgrad nicht. Die Wirkungsgrade entsprechen auch Angaben aus der Literatur bei anderen *Otiorhynchus*-Arten. Der Unterschied bei den gegossenen bzw. gespritzten *Metarhizium anisopliae*-Varianten lässt sich am ehesten durch die Verteilung der Konidien erklären, was jedoch nicht gemessen wurde. Fachlich wurde davon ausgegangen, dass die Konidien in den Topf gespritzt werden sollten, da bei einer Gießbehandlung die Konidien an der Oberfläche abgefiltert werden könnten, was sich jedoch scheinbar nicht bestätigte. Die Gießvariante ist nicht nur praxisorientierter, sondern scheint auch wirkungsvoller zu sein. Die Kombination von *M. anisopliae* und *Heterorhabditis bacteriophora* wird in der Literatur als Synergievariante beschrieben, daher lag der Wirkungsgrad weit hinter den Erwartungen. Etwaige Synergien konnten nicht registriert werden. Die Versuchsanordnung schien geeignet, um Aussagen über die Wirksamkeit von EPN und EPP treffen zu können.

Im Folgejahr 2010 war am Wochenende vom 02.07. bis 05.07.2010 in dem Semi-Freilandversuch die Bewässerung ausgefallen, was bei den Kleepflanzen zu starken Trockenstress führte. Bei den Bonituren wurde ersichtlich, dass in den Töpfen, die am ehesten am Dachrand standen und somit mehr Sonneneinstrahlung ausgesetzt waren, in allen Varianten am wenigsten Larven vorhanden waren. Daher wurden jeweils die ersten zwölf Töpfe verworfen und nicht in die Auswertung mit einbezogen.

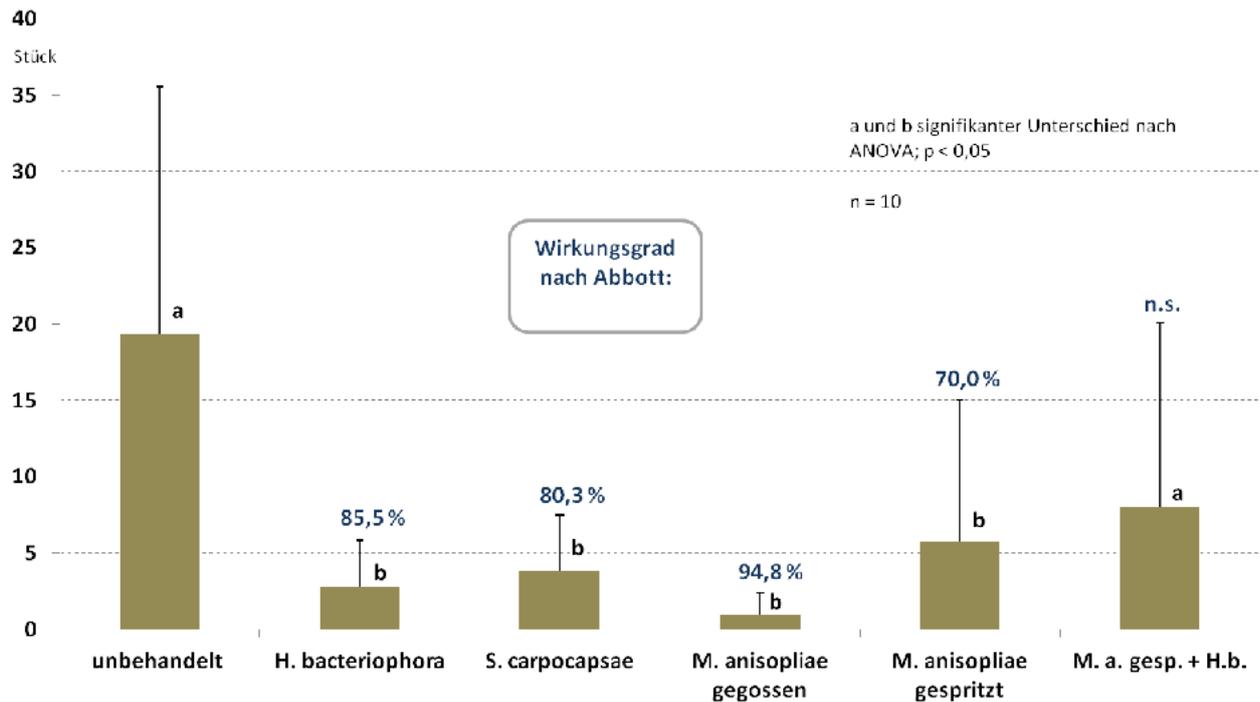


Abbildung 2.14: Durchschnittliche Anzahl lebender Larven (L2 – L7) von *Otiorhynchus ligustici* in 5 L-Containern mit Rot-Klee im Oktober 2009 nach Eiablage im April / Mai 2009. Dargestellte Wirkungsgrade gegenüber der unbehandelten Kontrolle nach ABBOTT (1925): a, b, signifikante Unterschiede (ANOVA,  $p < 0,05$ ;  $n = je\ 10\ Töpfe$ )

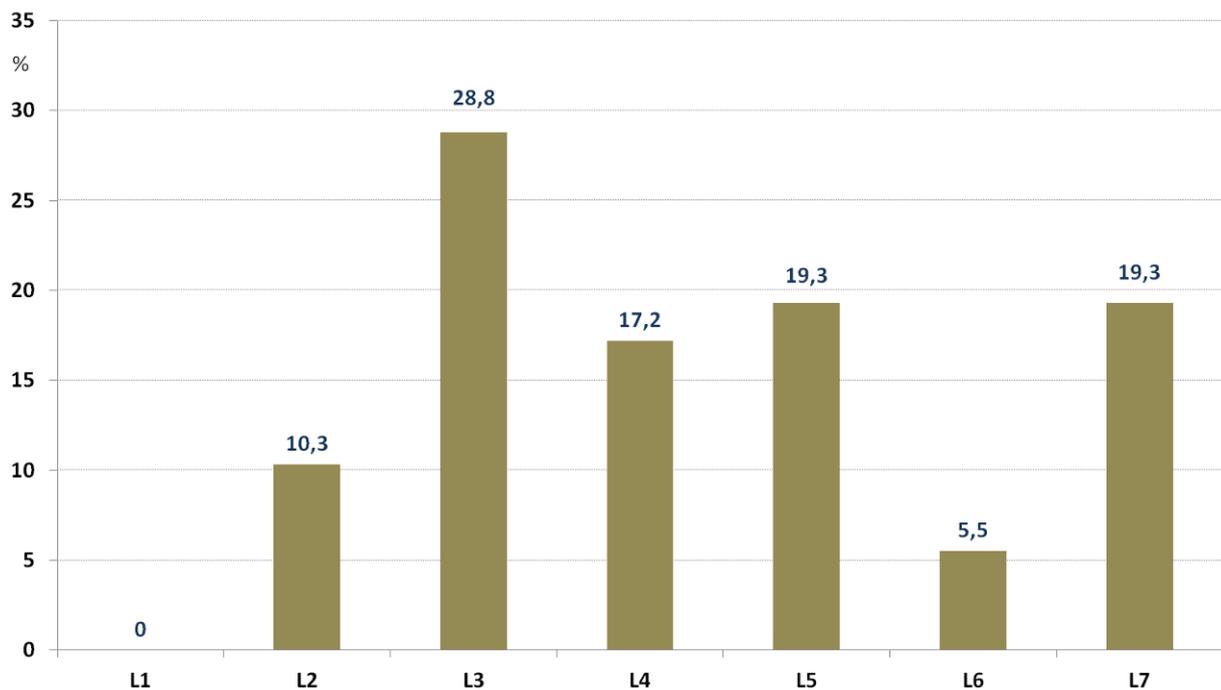
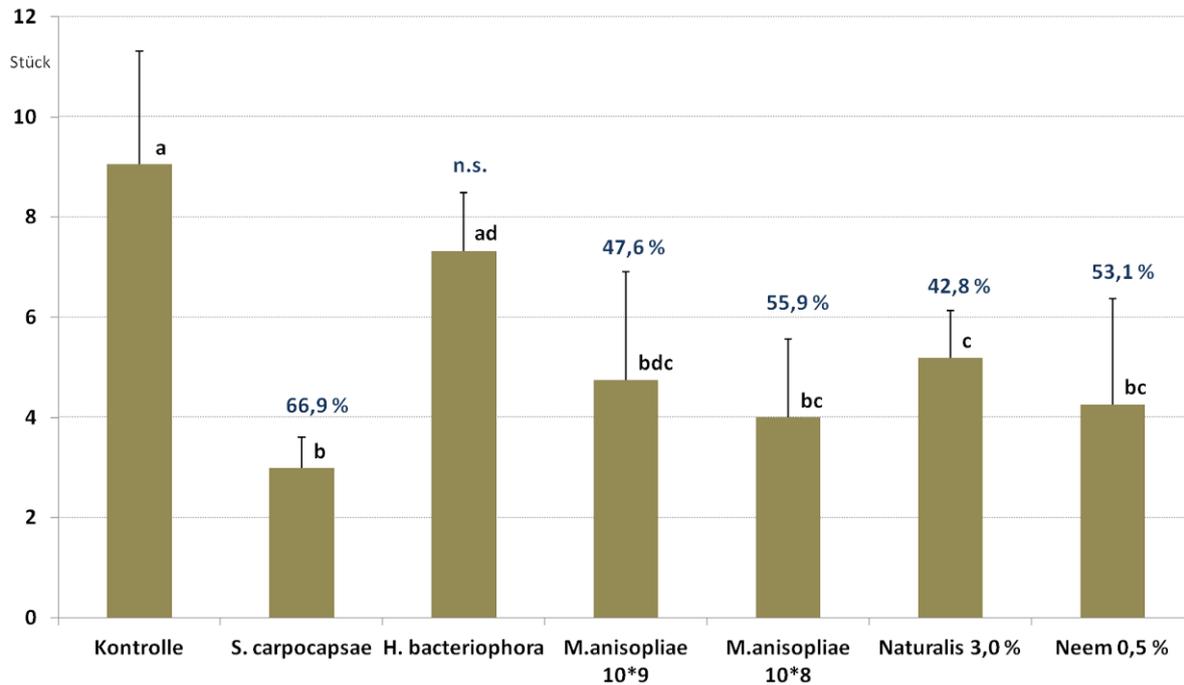


Abbildung 2.15: Prozentuale Verteilung der Larvenstadien (L1 – L7) von *Otiorhynchus ligustici* in der unbehandelten Kontrolle bei der Bonitur im Oktober 2010 ( $n = je\ 4 \times 10\ Töpfe$ )

Im Jahr 2010 wurden die Töpfe ab dem 11. Oktober auf Larvenbesatz untersucht, die Larven gezählt und in die verschiedenen Stadien eingeteilt. In der unbehandelten Kontrolle wurden durchschnittlich 9,1 Larven/Topf gezählt. Dabei ergab sich die in Abbildung 14 dargestellte Verteilung der Larvenstadien. Mit einer Schlupf- bzw. Wiederfindungsrate in der Kontrolle von 18,1 % lag diese sehr nahe an der Rate des Vorjahres (19,3 %). Dies ist ein Indiz dafür, dass die restlichen Töpfe, die nicht so sehr dem Trockenstress ausgeliefert waren wie die Vordersten, als repräsentativ angesehen werden können.



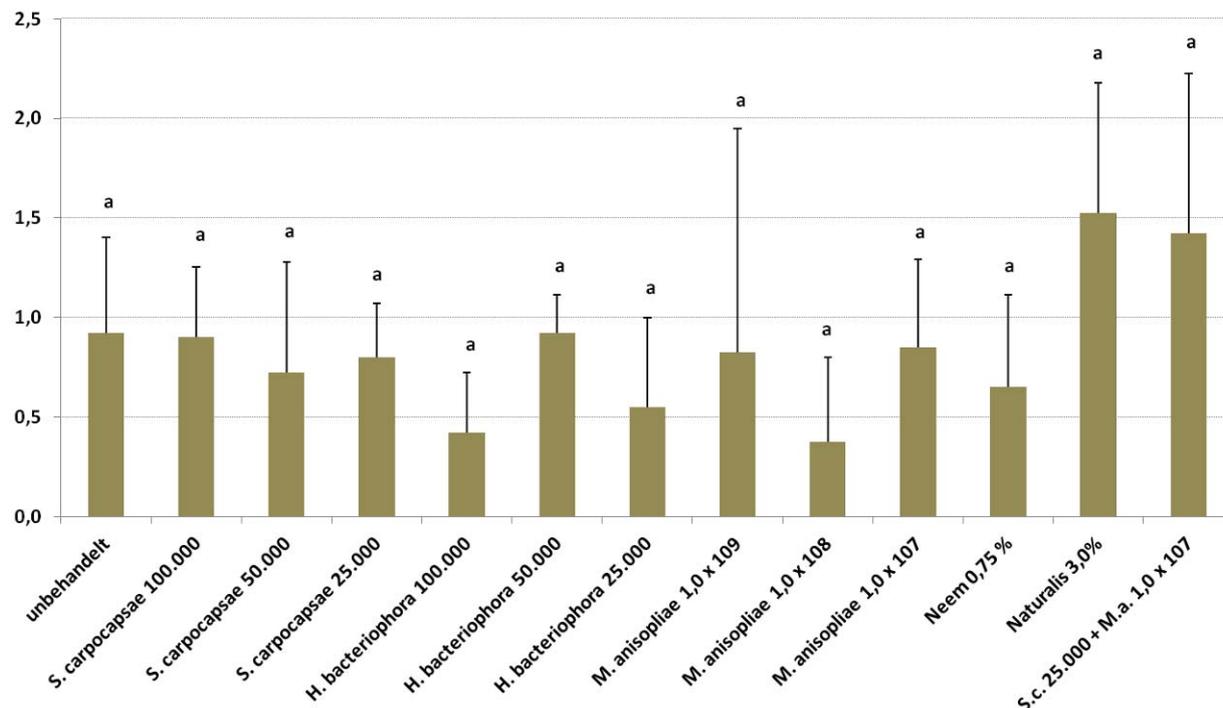
**Abbildung 2.16: Durchschnittliche Anzahl lebender Larven (L1 – L7) von *Otiorhynchus ligustici* im 12er-Topf mit Rot-Klee im Oktober 2010 nach Eiablage im Mai 2010. Dargestellte Wirkungsgrade gegenüber der unbehandelten Kontrolle nach ABBOTT (1925): a-d, signifikante Unterschiede (ANOVA,  $p < 0,05$ ;  $n = je\ 4 \times 10$  Töpfe)**

Alle Varianten außer *Heterorhabditis bacteriophora* unterschieden sich signifikant von der unbehandelten Kontrolle, wobei *Steinernema carpocapsae* mit 66,9 % den besten Wirkungsgrad erreichen konnte. Zwischen *Metarhizium anisopliae*  $1,0 \times 10^9$  und  $1,0 \times 10^8$  Konidien je Liter Substrat ergab sich kein Unterschied, beide pendeln mit 47,6 % und 55,9 % um 50 % Wirkung. Auch Naturalis und Neem konnten mit 42,8 % und 53,1 % etwa den gleichen Wirkungsgrad erreichen.

Die Suspension der gefriergetrockneten Konidien von *M. anisopliae* gestaltete sich schwierig, da die Sporen sehr hydrophob sind. Eventuelle Konidienverluste bei der Ausbringung mit dem Messbecher könnten die weniger gute Wirkung gegenüber 2009 erklären. Möglicherweise kommt es durch den Vorgang des Gefrier Trocknens auch zu Beeinträchtigungen der Virulenz. Dennoch wurde auch mit reduzierter Konidienkonzentration über 50 % Wirkung erreicht, was weiter Mut zu Versuchen macht.

Im Oktober 2011 wurden die Töpfe wiederum auf Larvenbesatz durchsucht. In der unbehandelten Kontrolle wurden durchschnittlich 0,93 Larven/Topf gezählt, was einer Schlupf- bzw. Wiederfindungsrate in der Kontrolle von 1,86 % entspricht. Diese geringe Rate lag 2011 um eine Zehnerpotenz hinter jener der letzten beiden Jahre, obwohl alle äußeren

Einflussfaktoren (gut entwickelter Klee, ausgeglichene Feuchte, ausreichend Wärme) optimal waren. Es konnte aufgrund des geringen Befalls auch keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten festgestellt werden (ANOVA,  $p < 0,05$ ). Mögliche Gründe für die geringe Schlupfrate könnten in mit Antagonisten kontaminiertem Substrat liegen, da hierbei auf mineralischem Ackerboden aus dem Zuchtgarten des Hopfenforschungszentrums zurückgegriffen wurde. Eine Überprüfung mittels *Galleria*-Tests konnte aus personaltechnischen Gründen leider nicht durchgeführt werden. Eine Kontamination des Bodens mit Insektiziden kann dabei ausgeschlossen werden.



**Abbildung 2.17:** Durchschnittliche Anzahl lebender Larven (L1 – L7) von *O. ligustici* im 13er-Rechtecktopf mit Rot-Klee im Oktober 2011 nach definierter Eiablage im Mai 2011 und Behandlung mit EPN bzw. EPP. a: keine signifikanten Unterschiede ermittelbar (ANOVA,  $p < 0,05$ ;  $n = je\ 4 \times 10$  Töpfe)

### 2.3.2. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Der gesamte Teilbereich des Verbundprojektes lässt sich zunächst allgemein mit dem Satz "Kein Ergebnis ist auch ein Ergebnis" zusammenfassen. Das generelle Problem, dass sich während der gesamten Projektdauer durch alle Freilandarbeiten zog, war das Misslingen einer auch nur ansatzweise funktionierenden Erfolgskontrolle, mit welcher der Bekämpfungseffekt eines EPN-Einsatzes gegen Larven von *Otiorynchus ligustici* überprüft werden konnte. Trotz teilweise guter Dichten an adulten Käfern im Frühjahr und trotz zusätzlich künstlich abgelegter Eier an Hopfenstöcken konnte weder bei den Bonituren von Kleesoden als Fangpflanze noch bei den Bonituren des Wurzelbereiches gerodeter Hopfenstöcke an den unbehandelten Kontrollpflanzen Rüsselkäfer-Larven in ausreichender Anzahl für irgendeine Aussage gefunden werden.

Eine potentiell mögliche Verwertbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse besteht daher in erster Linie bei den experimentellen Topfversuchen im Semi-Freiland. Im Zuge dieser

Arbeiten konnten zum Teil vielversprechende Ergebnisse gewonnen werden, was die Wirksamkeit unterschiedlicher EPN und EPP bzw. Kombinationen aus beiden betrifft. Hier wäre allerdings durchaus noch aktueller Forschungsbedarf gegeben. Einige weitere wichtige, wissenschaftlich verwertbare Ergebnisse wurden als Nebenprodukt der Käferzucht zur Eiproduktion gewonnen – hier insbesondere die extremen Unterschiede in Lebensdauer und Fruchtbarkeit bei der Fütterung mit Rot-Klee und Hopfen.

## 2.4. Zusammenfassung

In den vier Projektjahren 2008 bis 2011 wurde im Rahmen des Verbundprojektes 'Bodenschädlinge' der Einsatz von entomopathogenen Nematoden (EPN) und entomopathogenen Pilzen (EPP) zur Bekämpfung des Luzernerüsslers *Otiorhynchus ligustici* in der Sonderkultur Hopfen geprüft. In den ersten drei Jahren erfolgten Versuche an drei Standorten im Freiland und in den letzten drei Jahren Topfversuche im Semi-Freiland. In den Freilandversuchen wurden die Abundanz der Käfer über die Saison bonitiert und die Wirksamkeit der ausgebrachten EPN (*Steinernema carpocapsae* und *Heterorhabditis bacteriophora*) über den Larvenbesatz an Fangpflanzen (Rot-Klee) im Herbst ermittelt. Flankierend wurden Topfversuche mit definierter Eiablage und somit homogenen Ausgangsbefall durchgeführt. Hierbei wurden neben den genannten EPN auch die EPP *Metarhizium anisopliae*, das fertig formulierte Produkt Naturalis (Wirkorganismus *Beauveria bassiana*) und das biologische Insektizid NeemAzal-T/S (Wirkstoff Azadirachtin) verwendet.

Anhand der Befallsstärke mit adulten Käfern konnten im Freiland keine Unterschiede zwischen den Varianten dokumentiert werden. Auch bei den Wurzelbonituren der Fangpflanzen im Herbst konnten keine Unterschiede festgestellt werden, da generell zu wenige Larven gefunden wurden. Ebenfalls wurden nach dem abschließenden Ausgraben ganzer Hopfenstöcke nur sehr wenige Larven und adulte Tiere im Wurzelbereich gefunden, weshalb keine Aussage über eine Wirksamkeit der EPN gegenüber *O. ligustici* getroffen werden kann.

Für die Topfversuche wurden adulte Käfer zur Eiproduktion in Gefäßen mit unterschiedlichen Futterpflanzen gehalten. Hierbei wurde ein signifikanter Einfluss der Futterpflanze auf die Anzahl abgelegter Eier festgestellt. Luzerne brachte gegenüber der Fütterung mit Rot-Klee eine Reduktion der Eiproduktion, wohingegen Hopfen als Futterpflanze gegenüber Rot-Klee neben einer Steigerung der Eizahlen um 150 % zu einem verzettelten und zwei Monate längeren Eiablagezeitraum sowie einer verzögerten Mortalität der Käfer führte.

Die Wirksamkeit von *Steinernema carpocapsae* in den Semi-Freilandversuchen lag 2009 bei 80,3 % (500.000 Nematoden/l Substrat) und 2010 bei 66,9 % (12.500 Nematoden/l Substrat). *Heterorhabditis bacteriophora* brachte 2009 eine Wirkung von 85,5 % und 2010 keine signifikante Wirkung, wobei hier die gleichen Aufwandmengen wie bei *S. carpocapsae* appliziert worden waren. *Metarhizium anisopliae* erreichte bei einer Konzentration von  $1,0 \times 10^9$  Konidien/l Substrat Wirkungsgrade von 47,6 und 94,8 %. Bei einer Konzentration von  $1,0 \times 10^8$  Konidien/l Substrat konnten 55,9 % Wirkung festgestellt werden. Naturalis 3,0 % brachte 2010 in den Topfversuchen mit 42,8 % Wirkung einen ähnlichen Effekt wie NeemAzal-T/S mit 53,1 %. Im Jahr 2011 konnten trotz eines breit angelegten Topfversuches keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten ermittelt werden.

## **2.5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen**

Grundsätzliches Ziel des Vorhabens war es, EPN in der Sonderkultur Hopfen im Boden dauerhaft anzusiedeln und damit eine nachhaltige Reduzierung des Befalls der Hopfenpflanzen mit *Otiorhynchus ligustici* ohne Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel zu erzielen. Eine Regulierung der Rüsselkäfer-Problematik im Hopfen auf biologische Weise durch die Ausbringung und mögliche Etablierung von EPN würde eine umweltfreundliche, nachhaltige Alternative zur Bekämpfung mit chemischen Mitteln darstellen. Es muss jedoch konstatiert werden, dass dieses wichtige Ziel klar verfehlt wurde. Der entscheidende Faktor, der zu diesem Misslingen geführt hat, war das Versagen der mit großem Aufwand experimentell untersuchten Erfolgskontrollen, mit denen der Bekämpfungseffekt eines EPN-Einsatzes gegen Larven von *O. ligustici* überprüft werden sollte. Die Problematik solcher Freilandversuche ist wohl jedem Wissenschaftler, der im Freiland arbeitet, gut bekannt. Unser Problem war vor allem das unberechenbare Auftreten des Schädlings im Boden und das kryptische Verhalten der Larven, die sich zum Zeitpunkt der Bonituren die niemals in ausreichender Zahl im Wurzelbereich aufhielten – sowohl bei ausgegrabenen Hopfenstöcken als auch bei der Fangpflanze Rot-Klee. Somit ist das Ziel unseres Teilvorhabens auch nach Beendigung des Projektes weiterhin anzustreben; auf welche Weise eine Erfolgskontrolle im Freiland tatsächlich möglich sein könnte, kann allerdings derzeit nicht beantwortet werden.

Im Zuge des Projektes sollte auch festgestellt werden, welche Rüsselkäfer-Arten in den Hopfengärten der deutschen Anbauggebiete tatsächlich als Schädling vorkommen, bzw. ob *O. ligustici* wirklich die einzige schädliche Art im Hopfen ist. Diese Frage konnte eindeutig geklärt werden: *Otiorhynchus ligustici* ist tatsächlich in allen deutschen Hopfenanbaugebieten – mit Schwerpunkt in der Hallertau - diejenige Art, die alljährlich und kontinuierlich als schädigender Rüsselkäfer am Hopfen auftritt. Das einmalige Auftreten von *Peritelus sphaeroides* als Schädling am Standort Kolmhof 2010 dürfte eine seltene Ausnahme darstellen.

Zur Bewertung des Wirkungsgrades der eingesetzten EPN war im Projekt ursprünglich ein Biotest nach GLAZER & LEWIS (2000) vorgesehen. Für diesen Biotest werden allerdings L2- oder L3-Larven von *O. ligustici* benötigt, die im Freiland nur sehr schwer zu finden waren und sich daneben äußerst empfindlich und daher sehr schlecht handhabbar erwiesen haben. Um dennoch eine Aussage über die Wirksamkeit von EPN treffen zu können, wurde als Ersatz im Jahr 2009 ein Semi-Freilandtest entwickelt. Dabei wurde eine definierte Menge an Rüsselkäfer-Eiern aus einer dafür speziell angelegten Zucht in Töpfen abgelegt und anschließend mit EPN und EPP in verschiedenen Varianten behandelt. Mit diesem System konnte in 2010 eine relevante Wirkung von EPN gegen *O. ligustici*-Larven festgestellt werden. Um die Ergebnisse abzusichern und zu verifizieren, wurde ein weiteres Projektjahr angehängt, das jedoch aus unbekanntem Gründen nicht den erhofften Erfolg zeigte.

Dennoch stellen nach unserer Meinung die Topfversuche im Semi-Freiland, die während der letzten drei Projektjahre zunehmen in den Vordergrund der experimentellen Arbeit gerückt sind, vermutlich die erfolversprechendste Herangehensweise an die Problematik 'Erfolgskontrolle' dar. Dabei geben insbesondere die eingesetzten EPP auch Hoffnung, bei der biologischen Bekämpfung von Rüsselkäfer-Larven einen entscheidenden Schritt weiter zu kommen. Zudem muss für die Praxis weiter die Umstände für optimale Ausbringungsbedingungen von EPN und EPP wie Grenzaufwandmenge, Temperatur oder

Wasseraufwandmenge analysiert werden. So ist beispielsweise der potentiell mögliche Wirkungsgrad von EPN in Topfversuchen mit Sicherheit noch nicht erreicht, wie die Versuche 2009 zeigten. Allerdings scheinen 12.500 Nematoden pro Liter Substrat zu wenig für die Bekämpfung von *O. ligustici*-Larven zu sein. Die Ergebnisse von *Heterorhabditis bacteriophora* zeigten, dass diese Nematodenart durchaus einen guten Wirkungsgrad (2009: 85,5 %) haben kann, wobei 12.500 Nematoden pro Liter Substrat deutlich zu gering dosiert waren. Somit sollte zunächst mit der im Projekt entwickelten Methode der Topfversuche im Semi-Freiland in den kommenden Jahren weiter an der erfolgversprechendsten Bekämpfungsweise von Rüsselkäferlarven im Hopfen durch EPN und/oder EPP gearbeitet werden, ehe diese Erkenntnisse im Freiland angewendet bzw. überprüft werden. Dieses Fazit des Hopfen-Teilvorhabens des Verbundprojektes ist dann schließlich doch als Erfolg zu werten.

## 2.6. Literaturverzeichnis

- ABBOTT W.S. (1925): A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267
- ARNDT M. (1990): Auftreten von *O. ligustici* an Hopfen. *Hopfen-Rundschau* 41 (5): 62-66
- ARNDT M. (1993): Entomopathogene Nematoden zur biologischen Bekämpfung des Luzernerüßlers (*Otiorhynchus ligustici*) in Hopfen. *Hopfen-Rundschau* 44 (12): 304-305
- GLAZER I., LEWIS E.E. (2000): Bioassays for Entomopathogenic Nematodes. In Navon A. (Ed.): Bioassays for entomopathogens and nematodes: 271-293. Kluwer, Dordrecht
- HANUSS K. (1958): Untersuchungen über den Klee-Luzernerüßler *Otiorhynchus ligustici*. *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 43: 233-281
- SUSURLUK I.A. (2005): Establishment and persistence of the entomopathogenic nematodes, *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis bacteriophora*. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. 112 pp.
- VAN TOL, GWYNN R. (2004): Field Efficacy Testing. In: GRUNDER J.M. (ed.) Quality control of entomopathogenic nematodes. Proceedings of COST 819 Workshop "Application and Formulation of Entomopathogenic Nematodes": 73-81

## 2.7. Bisherige Publikation der Ergebnisse

### Artikel

- Schwarz J., Engelhard B., Lachermaier U., Weihrauch F. (2011): Efficacy of entomopathogenic nematodes and fungi on larvae of Alfalfa snout weevil *Otiorhynchus ligustici* in semi-field trials in hops. *DgaaE-Nachrichten* 25 (2): 70
- Schwarz J., Engelhard B., Lachermaier U., Weihrauch F. (2011): Efficacy of entomopathogenic nematodes and fungi on larvae of alfalfa snout weevil *Otiorhynchus ligustici* in semi-field trials in hops. In: Herz, A., Ehlers, R.-U. (eds), Report on the 29th Annual Meeting of the Working Group "Beneficial Arthropods and

Entomopathogenic Nematodes": 80-81. *Journal of Plant Diseases and Protection* 118 (2): 80-85

### **Poster**

Engelhard B., Weihrauch F., Schwarz J., Lachermeier U. (2008): Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen den Luzernerüssler *Otiorhynchus ligustici* im Hopfenbau. -*Internationales Hopfensymposium des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz im Deutschen Hopfenmuseum in Wolnzach, 5. Mai - 6. Mai 2008*

Engelhard B., Weihrauch F., Schwarz J., Lachermeier U. (2010): Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen den Luzernerüssler *Otiorhynchus ligustici* im Hopfenbau. -*Hopfen-Rundfahrt des Verbandes deutscher Hopfenpflanzer e.V. mit Bundesministerin Ilse Aigner, 2. September 2010*

### **Vorträge**

Schwarz J., Engelhard B., Lachermaier U., Weihrauch F. (2010): Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen den Luzernerüssler *Otiorhynchus ligustici* im Hopfenbau. -*29. Jahrestagung des Arbeitskreises „Nutzarthropoden“ der Deutschen Phyto-medizinischen Gesellschaft und der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, Berlin-Dahlem, 30.11.2010*

Schwarz J., Weihrauch F. (2012): Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen den Luzernerüssler *Otiorhynchus ligustici* im Hopfenbau. -*Abschlussveranstaltung des BLE-Verbundvorhabens 'Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen Bodenschädlinge', Braunschweig, 07.02.2012*

### **3. Optimierung und Erweiterung des Nematodeneinsatzes gegen Dickmaulrüssler (Otiiorhynchinae) und andere Bodenschädlinge**

Förderkennzeichen: 2808HS001  
Institut: Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein  
Abteilung Gartenbau - Gartenbauzentrum  
Projektleitung: Dr. Andreas Wrede  
Bearbeitung: Thorsten Ufer

#### Kooperationspartner

Förderkennzeichen: 2808HS011  
Institut: Landwirtschaftskammer Niedersachsen  
LVG Bad Zwischenahn- Rostrup  
Bearbeitung: Dr. Gerlinde Michaelis

### **3.1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens**

#### **3.1.1. Planung und Ablauf des Vorhabens**

Die Bekämpfung des Gefurchten Dickmaulrüsslers (*Otiiorhynchus sulcatus*) mit entomopathogenen Nematoden (EPN) gehört zu den Erfolgsgeschichten des biologischen Pflanzenschutzes. Aufgrund des anhaltend starken Auftretens des Dickmaulrüsslers war die Optimierung der Verfahren, sowie die Überprüfung des Einsatzes von Nematoden für andere Arten der Gattung *Otiiorhynchus*, das Anliegen des Projektes. Außerdem sollte eine nachhaltige und umweltschonende Art der Regulation gesucht werden, in dem biologische und biotechnische Verfahren miteinander kombiniert werden.

Da es schon länger Vermutungen gab, dass es nicht immer nur der Gefurchte Dickmaulrüssler ist, der in den gartenbaulichen Kulturen zu Schäden führt, sollte in Zusammenarbeit mit dem Curculio-Institut e.V. ein Monitoring zum Auftreten weiterer Arten der Gattung *Otiiorhynchus* in Praxisbetrieben durchgeführt werden. Dazu wurden 5 Baumschulen im Pinneberger Baumschulgebiet ausgewählt, in denen Fallen unterschiedlicher Bauart für das Monitoring aufgestellt wurden. Die Ergebnisse daraus sind unter dem Gliederungspunkt 1 dieses Berichtes zu finden, ebenso wie eine genauere Charakterisierung des Zeitpunktes ihres Auftretens, der für die Bestimmung des richtigen Bekämpfungszeitpunktes wichtig ist. Diese Arbeiten wurden in den Jahren 2008, 2009 und 2010 durchgeführt, von der LVG Bad Zwischenahn auch 2011.

Gegenwärtig gibt es noch keine verlässlichen Daten, ab welcher Mindesttemperatur im Boden bzw. im Substrat insektenpathogene Nematoden zur Bekämpfung des Gefurchten Dickmaulrüsslers erfolgreich angewendet werden können. Darum wurden mehrere Versuche durchgeführt, die die Bedingungen in baumschultypischen Folienhäusern nachzeichnen sollten, die dort im späten Herbst und zeitigem Frühjahr anzutreffen sind. Diese Versuche wurden in Klimaschränken durchgeführt.

Ein weiteres Ziel war die Prüfung des Bekämpfungserfolges der herkömmlichen entomopathogenen Nematoden der Gattungen *Steinernema* und *Heterorhabditis* gegen die

Larven der verschiedenen Arten der Gattung *Otiiorhynchus*. Diese Prüfung wurde im Laufe des Projektes an Larven von insgesamt 7 Rüsslerarten durchgeführt.

Zur Etablierung einer praxisrelevanten, einfachen und effektiven Ausbringungsmethode von entomopathogenen Nematoden im Baumschulbetrieb wurde die Ausbringung mit dem Gießwagen und mit Hilfe eines Tropfbewässerungssystems geprüft. Neben der prinzipiellen Machbarkeit dieses Ausbringungsverfahrens, wurde in den Jahren 2009 und 2010 die Gleichmäßigkeit der Ausbringung auf der jeweils behandelten Anbaufläche geprüft (Anzahl ausgebrachter Nematoden pro Flächeneinheit). Daneben stand natürlich auch die Prüfung der Wirksamkeit einer Anwendung von entomopathogenen Nematoden im Vordergrund, die mit Hilfe der Tropfbewässerung bzw. eines Gießwagens zur Bekämpfung des Gefurchten Dickmaulrüsslers ausgebracht wurden. In Ergänzung dazu stand auch die Suche nach möglichst einfachen und preiswerten technischen Wegen auf dem Arbeitsplan, wie die Bewässerungsanlagen im Gartenbaubetrieb umgebaut werden müssen, um die Nematoden erfolgreich auszubringen.

Die ursprünglich mit einer Weiterentwicklung existierender Fallen geplante Verbesserung des Bekämpfungserfolges der ausgewachsenen Käfer des Gefurchten Dickmaulrüsslers wurde ebenfalls aktiv angegangen. Durch negative Erfahrungen beim Einsatz von handelsüblichen und selbst entwickelten Fallen gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler, die z.T. bereits vor Projektbeginn gesammelt wurden und durch eigene Erfahrungen bei der Durchführung des Monitorings bestätigt wurden, sowie durch Verbesserungsvorschläge aus anderen Arbeitsgruppen dieses Verbundvorhabens, wurde letztendlich ein ganz anderes Bekämpfungsverfahren der Käfer entwickelt und geprüft. Dieses Verfahren basiert auf einem Brett, das der nachtaktive Gefurchte Dickmaulrüssler durchaus tagsüber als Unterschlupf nutzt und einer neuen Ausbringungsform der insektenpathogenen Nematodenart *Steinernema carpocapsae*. Bei diesem Verfahren werden die Nematoden (*S. carpocapsae*) unter einem Brett, das den Käfern als Versteck angeboten wurde, in Form einer Gelformulierung (Patent Firma e~nema) angeboten. Dazu wurden 2009 zunächst Versuche im Labor durchgeführt, um generell zu prüfen, ob die Bekämpfung der Käfer auf diese Weise überhaupt möglich ist. In den Jahren 2010 und 2011 wurden diese dann auf das Gewächshaus und auch auf das Freiland ausgedehnt, letzteres in Kombination mit Fraßlockstoffen, um die Attraktivität der Bretter als Versteck zum Überdauern des Tages zu steigern.

### **3.1.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

Seit etwa 20 Jahren werden Nematoden gegen die Larven des Dickmaulrüsslers eingesetzt. Die gute Wirkung ist vielfach belegt (VAN TOL & RAUPP, 2005, COWLES et al., 2005). Ebenso hat sich der Einsatz von Nematoden gegen die Larven anderer Bodenschädlinge, wie Gartenlaubkäfer (*Phyllopertha horticola*), bewährt.

Die Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abteilung Gartenbau, hat sich seit dem Jahr 2000 durch das Projekt „Beratung für Umweltschonende Baumschulproduktion“ intensiv mit diesem Thema beschäftigt (BRAUN 2002 und 2004). In Zusammenarbeit mit der ortsansässigen Beratung wurden zahlreiche praxisnahe Versuche zur Anwendung kältetoleranter Nematoden in Baumschulbetrieben angelegt und Erkenntnisse durch die Arbeit in den Betrieben gewonnen. Über zwei Jahre wurden erste Versuche mit Fallen zur Bekämpfung des Dickmaulrüsslers durchgeführt. Die Ergebnisse ergaben, dass eine für den Gartenbau spezifische Modifizierung und Optimierung der Fallen sinnvoll erscheint. Veröffentlichungen fanden vor allem im Jahresbericht des Versuchs- und Beratungsrings Baumschulen e.V. statt (BRAUN, 2005). Die im Projekt angestrebte Optimierung und Modifizierung der Fallen zum Fangen, und vor allem zum Bekämpfen der Käfer des Dickmaulrüsslers, sollte ein zeitsparendes, einfaches und doch nachhaltiges

Bekämpfungsverfahren bereitstellen, das gute Aussichten hätte, im großem Umfang von der gartenbaulichen Praxis übernommen zu werden.

Die Applikation der Nematoden im Tauchverfahren wurde in Zusammenarbeit mit einem größeren Baumschulbetrieb, der Baumschule Hachmann in Barmstedt, getestet. Sie wird seitdem regelmäßig praktiziert, wenn im Laufe der Kultur von *Rhododendron* ein Umtopfen nötig ist (HACHMANN, 2007). Dieses Verfahren ist aber noch sehr zeitaufwändig und damit teuer. Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden daher Versuche zur Applikation von Nematoden mit einer Tropfbewässerungsanlage durchgeführt. Es zeigte sich, dass die Sedimentation der Nematoden in den Schläuchen zu einem verminderten Austrag der Nematoden zum Ende der Schläuche hin führen kann. Das Problem konnte jedoch durch Zusatz von Verdickungsmitteln behoben werden. Die technische Entwicklung und Vielfalt der Bewässerungssysteme erfordert jedoch eine laufende Anpassung des Verfahrens zur Ausbringung der Nematoden mit der Bewässerung. Ein auf das Bewässerungssystem optimiertes Ausbringungsverfahren für entomopathogene Nematoden würde ein zeitsparendes und preiswertes Bekämpfungssystem bereitstellen, das gute Aussichten auf eine umfassende Übernahme in der gartenbaulichen Praxis hätte.

Zur Aktivität verschiedener Nematoden bei winterlichen Temperaturen wurden im Vorwege zum Projekt eigene Tastversuche durchgeführt (BRAUN 2002, 2004, 2005; e-Nema ohne Jahr). Daraus resultierte die Empfehlung ein Mischpräparat aus *S. feltiae* und *H. bacteriophora* in den Monaten Oktober und März/April anzuwenden. Eine größer angelegte Untersuchung der Effizienz dieses Gemisches im Exaktversuch steht jedoch noch aus. Der Antragsteller wollte daher mit Exaktversuchen im Labor und in der baumschulische Praxis Daten sammeln, um die Wirkung der verschiedenen Nematodenarten bei winterlichen Temperaturen zu belegen bzw. zu wiederlegen.

## 3.2. Material und Methoden

### 3.2.1. Quantifizierung verschiedener *Otiiorhynchus*-Arten an Kulturpflanzen sowie deren zeitliches Auftreten in Hinblick auf die Larven

Die Untersuchungen erfolgten unter Leitung von Dr. P. Sprick, Curculio-Institut e.V., Hannover und in enger Zusammenarbeit mit dem Kooperationspartner LVG Bad Zwischenahn.

#### Monitoring in Gartenbaubetrieben

Der Gefurchte Dickmaulrüssler spielt als Schädling in gartenbaulichen Kulturen eine sehr große Rolle. Da jedoch auch andere Otiiorhynchinae-Arten auftreten können, sollte geklärt werden, wann und in welchem Umfang die unterschiedlichen Arten in den Gartenbaubetrieben vorkommen. Diese Kenntnisse sind für eine integrierte Pflanzenschutzstrategie unerlässlich. Aus diesem Grund wurde ein Netz von Fallen in Gartenbaubetrieben aufgebaut. Das Untersuchungsgebiet befand sich in den beiden größten deutschen Baumschulgebieten - dem Kreis Pinneberg (Schleswig-Holstein) und im Kreis Ammerland (Niedersachsen). Das Monitoring wurde ab 2008 in 5 Schleswig-Holsteiner- und 4 Ammerländer Baumschulen sowie im 'Park der Gärten' in Bad Zwischenahn durchgeführt. Dabei kamen für den Käferfang Bodenfallen (Barber-Fallen) zum Einsatz. Der Untersuchungszeitraum von Anfang Mai bis Ende August / Anfang September wurde in 2009 bis Anfang Oktober verlängert, da spätere Schlupfperioden, z.B. von *O. crataegi*, berücksichtigt werden sollten. In Abständen von ca. 3 Wochen wurden die Fallen geleert und der Fang Dr. P. Sprick zur weiteren Auswertung zugesandt.

Beim Aufstellen der Fallen wurden bei der Standortwahl die Parameter Kulturpflanzenspektrum sowie Produktionsweise im offenen Boden und auf Containerkulturflächen berücksichtigt. Die Fallen standen sowohl im Freiland als auch in Folienhäusern. Pro Standort wurden in den Pinneberger Baumschulen in 2009 16 Minifallen anstelle der vier Bodenfallen verwendet (Baumschule 3 abweichend mit 3 Boden- und 4 Minifallen). Im Ammerland wurden weiterhin 4 Bodenfallen je Standort aufgestellt, nach Möglichkeit gezielt in Quartieren, wo laut Betriebsleiter immer wieder Dickmaulrüssler auftraten. Typische Fraßspuren waren in Fallennähe jedoch nur vereinzelt zu sehen. In Tabelle 3.1 und 3.2 sind die untersuchten Standorte mit den Kulturpflanzen der Beprobungsflächen über den Untersuchungszeitraum zusammengefasst.

**Tabelle 3.1: Fallenstandorte und Kulturpflanzen auf den Beprobungsflächen in der Baumschulregion Pinneberg**

Standort	Region Pinneberg		
	2008	2009	2010
1	<i>Taxus baccata</i> <i>Prunus laurocerasus</i>	<i>T. baccata</i> <i>Cornus canadensis</i>	<i>T. baccata</i> <i>C. canadensis</i>
2	<i>Hedera helix</i> Fh <i>P. laurocerasus</i> Fh <i>Euonymus fortunei</i> 'Blondi' Fh <i>T. baccata</i>	<i>E. fortunei</i> Stämmchen <i>E. fortunei</i> 'Blondi' Fh <i>T. baccata</i> <i>Picea</i> 'Laurin'	<i>E. fortunei</i> Stämmchen <i>E. fortunei</i> 'Blondi' Fh <i>H. helix</i> Fh <i>T. baccata</i> <i>P. glauca</i> 'Laurin'
3	<i>Hamamelis</i> - Veredlungen Th <i>Vitis venifera</i> Fh <i>Rhododendron</i> sp. <i>Clematis</i> sp. Fh	<i>E. turkestanica</i> Fh <i>H. helix</i> Fh <i>P. laurocerasus</i> Fh <i>E. fortunei</i> Fh <i>Rhod. sp.</i> , <i>T. baccata</i>	<i>P. laurocerasus</i> Fh <i>E. fortunei</i> Fh <i>T. occidentalis</i> Smaragd' <i>T. baccata</i>
4	<i>E. fortunei</i> in Sorten Fh	<i>E. fortunei</i> in Sorten Fh	<i>E. fortunei</i> in Sorten Fh
5	<i>E. fortunei</i> Fh <i>T. baccata</i>	<i>E. fortunei</i> Fh <i>T. baccata</i> <i>Buxus sempervirens</i>	<i>T. baccata</i>

Fh = Folienhaus, Th = Thermohaus

**Tabelle 3.2: Fallenstandorte und Kulturpflanzen auf den Beprobungsflächen in der Baumschulregion Ammerland**

Standort	Region Ammerland		
	2008	2009	2010
1	<i>Ophiopogon niger</i> Ft; später <i>Lireope muscari</i> <i>Armeria maritima</i> <i>Heuchera</i> Hybride 'Chocolate Ruffles' <i>Symphytum grandiflorum</i> 'Hidcote Blue' später in <i>Bergenia</i> Hybriden	Keine weitere Teilnahme	Keine weitere Teilnahme
2	<i>T. occ.</i> 'Smaragd' <i>T. baccata</i>	<i>T. occ.</i> 'Smaragd' <i>T. baccata</i>	<i>T. occ.</i> 'Smaragd' <i>T. baccata</i> <i>Thuja plicata</i>
3	<i>T. baccata</i>	<i>T. baccata</i>	Keine weitere Beprobung erforderlich
4	<i>T. occ.</i> 'Smaragd' <i>T. baccata</i>	<i>T. occ.</i> 'Smaragd' <i>T. baccata</i>	<i>T. occ.</i> 'Smaragd' <i>T. baccata</i> <i>Chamaecyparis lawsoniana</i>
5	<i>Rhododendron</i> -Hybriden in Sorten	<i>Rhod.-Hybr.</i> in Sorten	<i>Rhod.-Hybr.</i> in Sorten

Ft = Folientunnel

Das Monitoring wurde jeweils von Anfang Mai bis Oktober durchgeführt und in 6 (ab 2009 in 7) Fangperioden aufgeteilt. Die genauen Zeiträume in den beiden Baumschulregionen sind in Tabelle 3.3 aufgeführt.

**Tabelle 3.3: Fangperioden in den Baumschulregionen im Untersuchungszeitraum 2008 bis 2010**

Fangperiode	Region	
	Pinneberg	Ammerland
<b>2008</b>		
1	06./07.05. – 28.05.	08./09.05. – 02.06.
2	28.05. – 18.06.	02.06. – 25.06.
3	18.06. – 09.07.	25.06. – 16.07.
4	09.07. – 22.07.	16.07. – 15.08.
5	22.07. – 07.08.	15.08. – 11.09. <sup>a)</sup>
6	07.08. – 21.08.	-
<b>2009</b>		
1	14.05. – 09.06.	11./12.05. – 02.06.
2	09.06. – 25.06.	02.06. – 22.06.
3	25.06. – 09./10.07.	22.06. – 10.07.
4	09./10.07. – 30.07.	10.07. – 03.08.
5	30.07. – 31.08.	03.08. – 24.08.
6	31.08. – 06.10.	24.08. – 14.09.
7	-	14.09. – 05.10.
<b>2010</b>		
1	10.05. – 08.06.	10.05. – 31.05.
2	08.06. – 14.07.	31.05. – 21.06.
3	14.07. – 10.08.	21.06. – 12.07.
4	10.08. – 09.09.	12.07. – 02.08.
5	09.09. – 29.09.	02.08. – 23.08.
6	29.09. – 21.10.	24.08. – 13.09.
7	-	13.09. – 04.10.

<sup>a)</sup> Proben wurden versehentlich verworfen und konnten entsprechend nicht ausgewertet werden

#### Modifikation von Bodenfallen - Minibecherfallen

Da das ebenerdige Eingraben von Becherfallen auf Baumschul-Containerkulturf lächen nicht möglich ist (Abdeckung mit Bändchengewebe), mussten bereits in 2008 die Bodenfallen für das Monitoring an solchen Standorten modifiziert werden. Die Verwendung von Saatschalen, die mit Erde gefüllt den ebenerdig eingegrabenen Becher mit Fangflüssigkeit enthielten (Abbildung 3.1), führte nicht zu einem zufriedenstellenden Fangerfolg. Infolgedessen wurden in 2009 sehr kleine Becherfallen (= Minibecherfallen) direkt in das Substrat der Töpfe eingegraben. Bei den Bechern handelte es sich um Getränkeeinwegbecher aus Kunststoff mit einem Volumen von 2 cl. Um das Einspülen von Niederschlags- bzw. Bewässerungswasser zu verringern, wurde als Überdachung ein Kunststoffdeckel ( $\varnothing = 5$  cm) an einem Metallspieß befestigt, der sich direkt neben dem Becher befand (Abbildung 3.2 + 3.3).



**Abbildung 3.1: Modifizierte Bodenfalle für Containerkulturflächen (getestet in 2008)**



**Abbildung 3.2: Neue Minibeckerfalle (getestet in 2009)**



**Abbildung 3.3: Minibeckerfalle im Pflanzenbestand einer Baumschule (*Taxus baccata* 7,5 l)**



**Abbildung 3.4: Holzbrett im Pflanzenbestand einer Baumschule**

In 2010 kam eine weitere Fallenvariante zum Einsatz (Abbildung 3.5 + 3.6). Es wurden 9 cm Vierecktopfe mit Substrat befüllt und darin ein 0,2 l Plastikbecher bis zur Höhe der Topfkante eingesetzt. Ein Deckel aus PE dient als Überdachung und verhindert das Eindringen von Regen- oder Gießwasser. In der Kultur stehen die Töpfe in einem sehr engen Verband, so dass Käfer problemlos von Topf zu Topf gelangen.



**Abbildung 3.5: Becherfalle (0,2 l) im 9 cm Vierecktopf**



**Abbildung 3.6: Becherfalle (0,2 l) im 9 cm Vierecktopf im Pflanzenbestand**

### Holzbretter

Das Auslegen von Holzbrettern im Bereich der Kulturpflanzen wird in Literatur und Praxis als Methode zur Befallskontrolle von Dickmaulrüsslern empfohlen. Die nacht- /

dämmerungsaktiven Käfer nutzen die Bretter als Unterschlupf bei Tageslicht. Für Containerkulturflächen wäre dies eine geeignete Methode, um die Bodenfalle zu ersetzen. Zur Überprüfung wurden 2009 in jeder Baumschule, zusätzlich zu den Becherfallen, 2 Bretter (Abbildung 3.4) ausgelegt (= Profilholzbretter, 50 cm x 9 cm). Im Ammerland ausschließlich im 'Park der Gärten'. Die Bretter wurden in bzw. direkt neben den Pflanzenbestand gelegt und parallel zu den Fallen kontrolliert.

Im Untersuchungszeitraum 2009 wurden weder im Ammerland noch in der Region Pinneberg Bodenrüssler unter den Brettern gefunden. Dies war auch an Standorten der Fall, an denen in Becherfallen, in unmittelbarer Nähe zum Fangbrett, Dickmaulrüssler festgestellt wurden. Eine mögliche Ursache dafür ist, dass Nässe und Feuchtigkeit unter den Brettern nach Niederschlägen und Beregnung länger andauern. In dem Fangzeitraum 2010 wurden die Bretter erneut getestet. Die Eignung der Bretter als Versteck ist von großem Interesse, da die Käfer dort evtl. mit Nematoden in einer Spezialformulierung infiziert werden könnten. Dieses wäre eine neue biologische Bekämpfungsstrategie (s. 3.2.3).

### 3.2.2. Überprüfung der verschiedenen Nematodenarten bei simulierten Temperaturverläufen gegen die Larven von *Otiiorhynchus sulcatus*

Die Larven von *O. sulcatus* sind bei Temperaturen über 6°C aktiv und schädigen die Pflanzenwurzeln (Abbildung 3.7 a). Durch die Häufung milder Winter in Mitteleuropa kommt es vermehrt zu Schäden während der Wintermonate. Dieses gilt besonders für Kulturen in Foliengewächshäusern (bzw. Folientunnel), da hier die Temperatur, insbesondere an Tagen mit starker Sonneneinstrahlung, stark ansteigen kann.

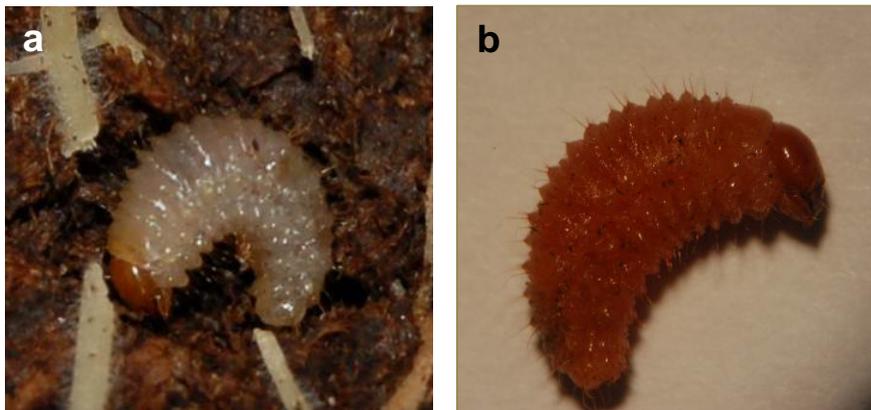


Abbildung 3.7: Larve von *Otiiorhynchus sulcatus* beim Wurzelfraß (a), Larve von *O. sulcatus* durch entomopathogene Nematoden parasitiert (b)

Die für den niedrigen Temperaturbereich angebotenen Nematodenarten *Steinernema feltiae* und *S. kraussei* sind hinsichtlich ihrer Wirkung umstritten. Bei *Heterorhabditis*-Arten besteht die Möglichkeit, dass bei Temperaturen  $\geq 12$  °C ein Bekämpfungserfolg erzielt werden kann (Abbildung 3.7 b). Vor diesem Hintergrund wurde die Effektivität der verfügbaren Nematodenarten bei simulierten milden Winterbedingungen in einem Klimaschrankversuch verglichen. Die Auswahl des Temperaturprofils basierte auf Klimadaten eines frostfrei gehaltenen Folienhauses mit Gehölzkulturen des Gartenbauzentrums im März 2008. Mit der Anwendung eines Tagestemperaturprofils sollte die tatsächliche Situation innerhalb einer Kultur im Folinhaus in der gärtnerischen Praxis möglichst realistisch abgebildet werden.

Getestet wurde die Wirksamkeit von *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. downesi*, *H. megidis*, *Steinernema feltiae*, *S. kraussei* und *H. bacteriophora* + *S. feltiae* (1:1 Mischung) gegenüber einer unbehandelten Kontrolle. Nach der Ausbringung der Nematoden am 22.07.09 standen die Versuchspflanzen 28 Tage im Klimaschrank (RUMED Licht-Thermostat 1301, Abbildung

3.9). Die Temperatureinstellungen im Tagesverlauf betragen 7°C (4 Stunden), 14°C (4 Stunden), 10°C (4 Stunden) und 5°C (12 Stunden, von 19:00 bis 7:00 Uhr). Das Licht war von 7:00 bis 19:00 Uhr 12 Stunden eingeschaltet (Abbildung 3.8). Die relative Luftfeuchte betrug 85%. Jede Variante bestand aus 5 Pflanzen mit vierfacher Wiederholung (insgesamt 20 Pflanzen pro Variante). Bei der Versuchsauswertung am 19.08.09 wurden alle Topfballen sehr sorgfältig auf noch lebende Larven hin untersucht.

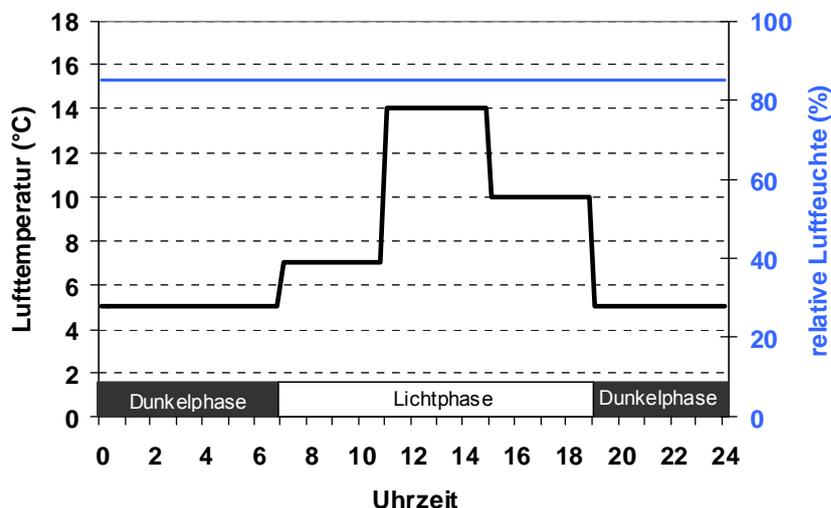


Abbildung 3.8: Tagesgang-Sollwerte der Lufttemperatur, relative Luftfeuchte und Lichtphase im Klimaschrankversuch mit entomopathogenen Nematodenarten gegen *Otiiorhynchus sulcatus*-Larven



Abbildung 3.9: Versuchsaufbau im Klimaschrank

### Versuchspflanzen mit Larven von *Otiiorhynchus sulcatus*

Für Bekämpfungsversuche des Gefurchten Dickmaulrüsslers liegt seit 2005 eine Richtlinie von VAN TOL & GWYNN vor. An dieser Richtlinie haben sich die vorliegenden Untersuchungen orientiert. Als Versuchspflanze diente *Euonymus fortunei* 'Emerald'n Gold' im 9 cm Vierecktopf (ca. 0,5 l Substrat). Die Substratwahl, die Düngung und die grundsätzliche Kulturführung orientierten sich an der baumschulischen Praxis. Pflanzenschutz wurde nur in seltenen Ausnahmefällen und ohne systemische wirkende Mittel durchgeführt. In das Substrat aller Versuchspflanzen wurden jeweils 20 Eier von *O. sulcatus* gelegt, wobei dies an zwei Ablageterminen, mit jeweils 10 Eiern pro Topf, in einem zeitlichen Abstand von ca. einem Monat, stattfand. Der erste Termin datierte am 12.05.09, die zweite Ablage erfolgte am 12.06.09. Die Eier wurden vorsichtig mit einem Pinsel in ein 1 cm tiefes Loch nahe der Pflanzenbasis gelegt und anschließend wieder mit Substrat bedeckt. Keine Verwendung fanden dabei weiße Eier. Die Eier stammten aus Käferzuchten und wurden über einen Zeitraum von ca. 1 Woche, bis zur darauffolgenden Ablage, gesammelt. Während der Larvenentwicklung standen die Versuchspflanzen im Gewächshaus und wurden, bis zur Behandlung mit den entomopathogenen Nematoden, praxisüblich kultiviert.

Die Ausbringung der Nematoden erfolgte kurzfristig nach der Bereitstellung durch Dr. A. Peters, e~nema GmbH, 24223 Schwentinental (kurzzeitige Lagerung bei 8 °C, dunkel). In den jeweils angesetzten Nematoden-Stammsuspensionen wurden die Nematodenkonzentrationen durch Auszählen mit einem Mikroskop genau bestimmt (3 Proben mit je 5 Wiederholungen). Bei allen Vorgängen blieben die Nematoden durch gründliches Rühren und Schütteln in der Schwebe und möglichst gleichmäßig verteilt. Nach dem Auszählen erfolgte die Ausbringung von 2500 Nematoden in 20 ml Wasser pro Topf. Die Nematodensuspensionen wurden gleichmäßig und direkt auf die Substratoberflächen appliziert (med. Einwegspritzen) und dann im Anschluss mit 10 ml Wasser nachgegossen. Die unbehandelte Kontrolle erhielt die gleiche Menge Wasser. Unmittelbar danach erfolgte die Aufstellung der Pflanzen in Klimaschränken. In der Regel zeichneten Temperaturlogger in den Klimaschränken die Lufttemperatur zur Kontrolle auf. Aufgebaut waren die Versuche in randomisierten Wiederholungen. Durch regelmäßiges Gießen war bis zur Endauswertung eine gleichmäßige Feuchte des Substrats sichergestellt. Drei bis vier Wochen nach der Ausbringung der Nematoden wurden die Topfballen und das gesamte Wurzelwerk genau auf Larven hin untersucht.

Zur Überprüfung der Infektivität der verwendeten Nematodenchargen lief parallel zur Nematodenausbringung im Versuch zusätzlich ein vereinfachter Biotest (PETERS 2008, persönliche Mitteilung) mit Mehlwürmern (*Tenebrio molitor*). Hierbei wurde zur Prüfung der unterschiedlichen Nematodenarten 200 g Sand (Wassergehalt 10 %) in eine belüftete Plastikschale gefüllt, in die dann jeweils 40 Mehlwürmer ausgesetzt wurden. Anschließend wurden dann die jeweils zu prüfenden Nematodenarten in die Schale pipettiert. Die so behandelten Schalen wurden für 7 Tage bei konstant 20 °C Lufttemperatur aufgestellt. Nach Ablauf der 7 Tage wurde die Mortalität der Mehlwürmer im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle ermittelt. Obwohl der Test ohne Wiederholungen angelegt wurde, konnte er doch Hinweise darauf geben, ob die jeweils verwendete Charge über eine ausreichende Infektivität verfügt oder nicht.

### **3.2.3. Effekte kurzer Erwärmungsphasen auf 16 °C auf die Wirksamkeit von *Heterorhabditis bacteriophora* gegen *Otiiorhynchus sulcatus***

Die Untersuchungen mit simulierten Tagestemperaturverläufen in kühlen Witterungsphasen mit Tagesgängen bis maximal 14 °C zeigten im Rahmen dieses FuE-Vorhabens niedrige Wirksamkeiten der entomopathogenen Nematoden (3.3.1.2.). Ergebnisse von KÜHNEL et al. (2010) zeigten ausreichende Wirksamkeiten vier verschiedener Nematodenarten ab einer Temperatur von konstant 16 °C. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen sollte im Verlängerungszeitraum des FuE-Vorhabens ein Versuch klären, ob bereits kurze

Erwärmungsphasen auf 16 °C, wie sie z.B. in strahlungsreichen Mittagsphasen in Folienhäusern auftreten können, zu Bekämpfungserfolgen gegen *Otiiorhynchus sulcatus* führen. Getestet wurde der Nematode *Heterorhabditis bacteriophora*, der überwiegend zur Dickmaulrüsslerbekämpfung genutzt wird.

Dazu wurden *Euonymus fortunei* Versuchspflanzen im 9 cm Vierecktopf am 07./12.09.11 nur einmal mit Eiern von *O. sulcatus* belegt und im Gewächshaus praxisüblich kultiviert (s. 3.2.2. Versuchspflanzen mit Larven von *Otiiorhynchus sulcatus*). Zwei Tage vor der Ausbringung der Nematoden (01.11.11) erfolgte die Aufstellung aller Pflanzen im Klimaschrank bei 5 °, 12 Stunden Licht und 85% relativer Luftfeuchte. Am 03.11.11 wurden pro Topf 2500 *H. bacteriophora* ausgebracht und die Pflanzen für 2, 4, 6, 8 und 24 Stunden bei 16°C im Klimaschrank aufgestellt. Eine unbehandelte Kontrolle lief parallel zu der 24 Stunden-Variante. Im Anschluss standen alle Pflanzen dann wieder bei 5 °C im Klimaschrank, bis zur Endauswertung am 01./02.12.11.

### 3.2.4. Wirksamkeit der Nematoden gegen die Käfer von *Otiiorhynchus sulcatus* im Labor

Der Einsatz von Nematoden zu Bekämpfung von Larven des Gefurchten Dickmaulrüsslers ist seit über 10 Jahren auch im Baumschulbereich als wirksame biologische Bekämpfungsmethode etabliert. Eine Bekämpfung der Käfer (Abbildung 3.10), insbesondere vor der Eiablagephase, ist derzeit nur durch das personalintensive (= teure) Absammeln von Hand oder durch chemische Maßnahmen möglich. Eine Parasitierung durch Nematoden ist jedoch prinzipiell auch bei adulten Käfern möglich (SHAPIRO-ILAN et al., 2005). Deshalb sollte im Versuch geklärt werden, ob auch *O. sulcatus* auf diese Weise parasitiert werden kann und welche Anpassungen bei der Nematodenformulierung und Ausbringungsform (evtl. in Fallen) gegebenenfalls vorgenommen werden müssen, um einen wirksamen und praxistauglichen Bekämpfungserfolg zu erzielen.



Abbildung 3.10: Der Gefurchte Dickmaulrüssler – *Otiiorhynchus sulcatus*

Die Wirksamkeit einer speziellen Formulierung mit *Steinernema carpocapsae* (Patent der Firma e~nema GmbH, 24223 Schwentinental) wurde in einem kleinräumigen Käfigversuch gegen adulte *O. sulcatus* getestet (Abbildung 3.11). Bei den Käfigen handelte es sich um Frischhalteboxen (20 x 20 x 5,5 cm) mit Lüftungsöffnungen (Abbildung 3.10). Der Boden war ca. 0,5 cm hoch mit einem 1:1 (v:v) Sand-Torf-Gemisch (Wassergehalt 15%) bedeckt. Außerdem enthielt jeder Käfig ein Sprosstiel von *Taxus baccata* und ca. 4 cm<sup>2</sup> feuchten Zellstoff. Die Käfige enthielten jeweils 5 Käfer, denen nach 24 Stunden ein Brett als Unterschlupf angeboten wurde. Bei dem Fangbrett handelte es sich um eine 10 x 9 cm großes, handelsübliches Profilholzbrett aus unbehandelter Fichte. Auf dessen Unterseite befanden sich drei Längsrillen (ca. 10 x 1,2 x 0,5 cm, trapezförmig), in die jeweils 1 ml der

gelartigen Nematodenformulierung appliziert (Abbildung 3.11) und möglichst fest angedrückt wurde, so dass die Käfer noch den Bereich der Rille als Unterschlupf nutzen konnten. In der Kontrollvariante enthielt das Gel keine Nematoden. Der Versuch wurde in vierfacher Wiederholung in einer Gewächshauskabine bei natürlicher Tageslänge (12:45 Stunden) und einer mittleren Lufttemperatur von 19,2°C (SD = 3,9°C) durchgeführt. Nach 14 Tagen wurde die Anzahl lebender und toter Tiere pro Käfig erfasst.

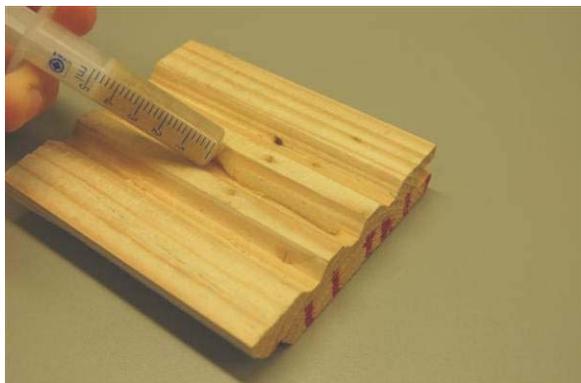


Abbildung 3.11: Applikation einer Spezialformulierung mit *Steiner-nema carpocapsae* in die Rillen eines Holzbrettes



Abbildung 3.12: Käfigversuch zur Bekämpfung adulter *Otiiorhynchus sulcatus* mit *Steiner-nema carpocapsae* unter Holzbrettern

### 3.2.5. Konstruktion einer Falle für den Fang von Dickmaulrüssler-Käfern zur Bekämpfung mit entomopathogenen Nematoden

#### Wirksamkeit von *Steiner-nema carpocapsae* gegen die Käfer von *Otiiorhynchus sulcatus* in einer Baumschulkultur im Gewächshaus

Im Projektjahr 2009 wurde eine sehr gute Wirksamkeit von *S. carpocapsae* gegen adulte *O. sulcatus* in einem Käfigversuch festgestellt (s. 3.3.1.1.). Darauf aufbauend sollte 2010 in einem Gewächshausversuch geklärt werden, ob dieses Bekämpfungsverfahren auch im größeren, praxisnahen Maßstab erfolgreich ist.

Die Bekämpfung der Käfer sollte erneut mit *S. carpocapsae* erfolgen, die in einer Gel-Formulierung auf die Unterseite von kleinen Holzbrettern appliziert wurden. Die Fichtenbretter (L x B x H = 13 x 9,5 x 1,5 cm) wiesen unterseits drei gefräste Längsrillen (13 x 0,7 x 0,8) in „Schwalbenschwanzform“ auf, in die jeweils 4 ml Nematoden-Gel hinein gedrückt wurden, so dass die Käfer noch den Bereich der Rillen als Unterschlupf nutzen konnten (Abbildung 3.13). Der Versuch wurde in einem Cabrio-Gewächshaus in einer Kultur von *Euonymus fortunei* 'Emerald'n Gold' im 9 cm Vierecktopf auf Bändchengewebe durchgeführt. Die Pflanzendichte betrug 30 Pflanzen pro m<sup>2</sup> in 0,8 m<sup>2</sup> großen Versuchspartellen, die in dreifacher Wiederholung als randomisierte Blockanlage aufgebaut waren (Abbildung 3.14). Vier verschiedene Bekämpfungsstrategien wurden geprüft:

1. Kontrolle (4 Bretter pro 0,8 m<sup>2</sup> ohne *S. carpocapsae*)
2. Niedrige Brettdichte (4 Bretter pro 0,8 m<sup>2</sup> mit *S. carpocapsae*)
3. Hohe Brettdichte (12 Bretter pro 0,8 m<sup>2</sup> mit *S. carpocapsae*) (Abbildung 15)
4. Gel zwischen Topfaußenseite und Topfraster (Abbildung 16)

In jede Parzelle wurden 8 Käfer ausgesetzt. Die einzelnen Parzellen waren mit einem Streifen Insektenleim umschlossen, um ein Abwandern der flugunfähigen Käfer zu verhindern. Zusätzlich sicherte ein Vogelschutznetz den Verlust von Käfern durch Vogelfraß. Der Versuchszeitraum betrug drei Wochen (29.07.-19.08.10). Bei der Endauswertung wurde die Anzahl lebender Käfer festgestellt sowie die Anzahl Blätter mit Fraßspuren. Während des

gesamten Untersuchungszeitraums erfolgte eine Aufzeichnung der Lufttemperatur im Gewächshaus, das nur bei Regen geschlossen wurde.



**Abbildung 3.13: *Steinerema carpocapsae* als Gel-Formulierung in Rillen auf der Unterseite eines Holzbretts**



**Abbildung 3.14: Versuchsaufbau im Gewächshaus**



**Abbildung 3.15: Versuchsparzelle mit *Euonymus fortunei* (0,8 m<sup>2</sup>) und 12 Brettern mit *Steinerema carpocapsae*-Gel auf den Brettunterseiten**



**Abbildung 3.16: Applikation von *Steinerema carpocapsae*-Gel in den Zwischenbereich von Topf und Topfraster**

### Wirksamkeit von *Steinerema carpocapsae* gegen die Käfer von *Otiiorhynchus sulcatus* in einer Baumschulkultur im Freiland in Kombination mit Lockstoffen

Während in einem kleinräumigen Käfigversuch sehr gute Wirksamkeiten gegen Käfer von *O. sulcatus* mit *S. carpocapsae* erreicht wurden, konnten mit einem Versuchsaufbau in einer Topfkultur im Gewächshaus keine Bekämpfungserfolge festgestellt werden. Im Rahmen der Verlängerung des FuE-Vorhabens bestand die Möglichkeit diese neue Bekämpfungsstrategie durch die Ergänzung eines Lockstoffs zu optimieren und ein weiteres Mal zu testen. Auf diese Weise sollte die Attraktivität der Bretter für die Käfer erhöht werden, da in dem Gewächshausversuch offensichtlich hinreichende Versteckmöglichkeiten im Bereich der Kulturpflanzen vorhanden waren, weshalb das Aufsuchen der Bretter für die Käfer nicht erforderlich war. Hier sollten nun die Lockstoffe ansetzen und die im Bestand verteilten Käfer zu einer zentralen Pflanze locken, an deren Basis Bretter mit *S. carpocapsae* in hoher Dichte lagen.

Für den Versuch wurden zwei verschiedene Fraßlockstoffe für *O. sulcatus* von R. van Tol, Wageningen, NL, bereitgestellt. Da die Mindestentfernung zwischen zwei Versuchspartellen

aufgrund der Duftwolke des Lockstoffs mindestens 10 m betragen sollte, mussten die Untersuchungen im Freiland auf Containerkulturflächen des Gartenbauzentrums Schleswig-Holstein durchgeführt werden. Dies hatte gleichzeitig den Vorteil einer größeren Praxisnähe des Versuchs.

Eine Versuchspartelle (2 m x 1 m) bestand aus 108 Jungpflanzen *Euonymus fortunei* 'Emerald'n Gaiety' im 9 cm Vierecktopf, die in Topfpaletten aufgestellt waren, wobei nur jede zweite Topfstelle des Rasters bestückt wurde (Abbildung 3.17). In der Mitte der Partelle stand eine *E. fortunei* 'Emerald'n Gold' im 5 l Container (Abbildung 3.18). Auf der Substratoberfläche direkt an der Pflanzenbasis und diese vollständig umgebend lagen vier Bretter (5 cm x 9,5 cm) mit *S. carpocapsae* in Gel-Formulierung in 3 Rillen auf der Brettunterseite (Abbildung 3.19). Pro Brett wurden ca. 9 ml Gel in die 3 Rillen gegeben und gründlich angedrückt, so dass die Käfer in diesen Bereich gelangen konnten. Weitere 7 große Bretter wurden zusätzlich in einem geschlossenen Kreis um den 5 l Container herum auf das Bändchengewebe der Containerkulturfläche gelegt. Die Bretter (L x B x H = 13 x 9,5 x 1,5 cm) waren identisch mit denen aus dem oben dargestellten Gewächshausversuch. Sie enthielten in den Rillen ca. 20 ml Gel pro Brett. Die gesamte Versuchspartelle war in einem Abstand von ca. 15 cm von einem Streifen mit Insektenleim umgeben, um so ein Abwandern der Käfer zu verhindern. Wochentags erfolgte täglich eine Kontrolle des Rings, wobei ggf. gefangene Käfer ersetzt (Käferzucht) und Leim bei Bedarf ausgebessert wurden. Außerdem musste über jede Partelle ein Vogelschutznetz gespannt werden, um die Käfer gegen Vogelfraß zu schützen. Die Lockstoffe (Lagerung bei 8 °C, dunkel) befanden sich in Kunststoffbehältern, die direkt vor der Verwendung am Flaschenhals aufgeschnitten wurden. Der Öffnungsdurchmesser betrug ca. 2 mm. Die Behälter wurden in spezielle, offene Gitterkörbchen aus Kunststoff gestellt, dessen Oberseite mit einem Deckel gegen Regen geschützt war. Die Körbchen mit den Lockstoffen wurden an einem Holzstab befestigt und mittig in das Substrat des 5 l Containers der zentralen Pflanze gesteckt. Die Lockstoffe befanden sich ca. 25 cm über der Substratoberfläche bzw. ca. 42 cm über dem Boden. Im Versuchszeitraum mussten die Lockstoffe wöchentlich ausgetauscht werden. Da es sich bei den verwendeten Lockstoffen um Fraßlockstoffe handelte, war ein direktes Anlocken unter die Bretter nicht möglich, weil die Käfer entweder das Bedürfnis haben sich zu verstecken oder aber das Bedürfnis zu fressen.



Abbildung 3.17: Versuchspartelle in einer *Euonymus fortunei* Kultur auf der Containerkulturfläche



Abbildung 3.18: Zentrale Pflanze mit Lockstoffbehälter umgeben von Brettern mit *Steinernema carpocapsae* auf den Brettunterseiten

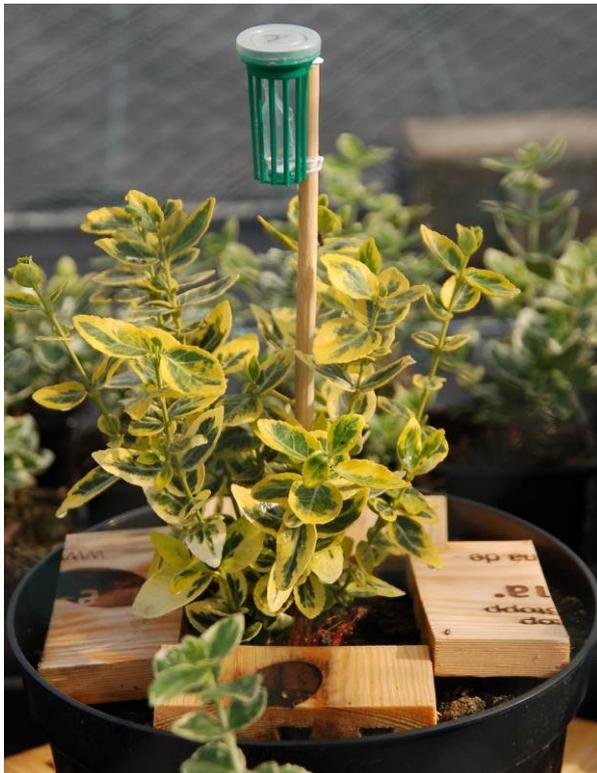


Abbildung 3.19: *Euonymus fortunei* mit Lockstoffbehälter und Bretter mit *Steinernema carpocapsae* in Rillen auf den Brettunterseiten

Der Versuch war in Form einer randomisierten Blockanlage in vierfacher Wiederholung aufgebaut, wobei sich die Blöcke auf 4 räumlich getrennten Containerkulturflächen befanden, die mindestens 40 m voneinander getrennt lagen. Innerhalb der Blöcke betrug die Entfernung zwischen den Versuchspartellen mindestens 10 m. Die geprüften Varianten waren:

1. Kontrolle (ohne Lockstoff, Bretter ohne *S. carpocapsae*-Gel)
2. Lockstoff A (Bretter mit *S. carpocapsae*-Gel)
3. Lockstoff B (Bretter mit *S. carpocapsae*-Gel)

Gestartet wurde der Versuch am 12.07.11 mit der Belegung aller 12 Partellen mit je 12 *O. sulcatus*. Die Platzierung der Tiere innerhalb der Partelle erfolgte in gleichmäßigen Abständen in den Topfreihen 2 und 4 der beiden längsseitigen Außenbereiche. Alle Käfer stammten von Dr. P. Sprick, der die Käfer zuvor im Freiland gesammelt hatte. Am 13.07.11 wurden die Bretter und die Lockstoffe in den Versuchspartellen aufgebaut. In dem Untersuchungszeitraum von 6 Wochen war die Bewässerung der Versuchspflanzen nach Bedarf praxisüblich durch Gießwagen und Regner sichergestellt. Bei der Endauswertung vom 25.08.11 bis 01.09.11 wurde die Anzahl Dickmaulrüsslerfraßspuren pro Pflanze erfasst. Weiterhin wurde versucht, möglichst viele der 12 ausgesetzten Käfer an den Pflanzen und allen anderen Materialien wiederzufinden.

### **3.2.6. Überprüfung der Wirksamkeit von Nematoden gegen die Larven von anderen Arten der Gattung *Otiiorhynchus***

Die methodische Vorgehensweise bei den durchgeführten Wirksamkeitsversuchen glich grundsätzlich dem Schema der Versuche zum Nematodeneinsatz gegen *Otiiorhynchus sulcatus*. Da die Methode unter 3.2.2. „Versuchspflanzen mit Larven von *Otiiorhynchus sulcatus*“ ausführlich dargestellt wurde, sind im Folgenden bei den verschiedenen *Otiiorhynchus*-Arten nur die jeweils erforderlichen Anpassungen aufgeführt. Bei den geprüften Nematodenarten handelte es sich um *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. downesi*, *H. megidis*, *Steinernema carpocapsae*, *S. feltiae* und *S. kraussei* im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrolle. Alle Tests wurden über 3 Wochen im Klimaschrank (RUMED Lichtthermostat 1301) bei konstant 20 °C Lufttemperatur, 16 Stunden Licht zu 8 Stunden Dunkelheit und einer relativen Luftfeuchte von 85% durchgeführt.

#### *Otiiorhynchus dieckmanni*

Als Wirtspflanzen dienten *Euonymus fortunei* 'Emerald'n Gold'. Die Behandlung mit den Nematoden erfolgte am 28.08.09 an insgesamt 9 Pflanzen je Variante.

#### *Otiiorhynchus salicicola*

*Hedera helix* wurden als Wirtspflanzen verwendet. Insgesamt standen 28 Pflanzen je Variante zur Verfügung. Die Endauswertung datierte am 05.11.09, vier Wochen nach der Nematodenapplikation, die am 08.10.09 stattfand.

#### *Otiiorhynchus armadillo*

Die Wirtspflanzen für *O. armadillo* waren *Euonymus fortunei* 'Emerald'n Gold'. Jede Variante wurde an insgesamt 16 Versuchspflanzen geprüft. Die Ausbringung fand am 11.10.10 statt.

#### *Otiiorhynchus porcatus*

In dem Versuch wurden *Tellima grandiflora* zu 2/3 getopft und anschließend 5 Larven von *O. porcatus* auf die Substratoberfläche gelegt. Am Folgetag hatten sich die Larven überwiegend eingegraben und die Versuchspflanzen wurden fertig getopft. Bei Tieren, die sich nicht eingegraben hatten, erfolgte ein Austausch gegen neue Larven, so dass dort dann am nächsten Tag das fehlende Substrat in den Töpfen ergänzt werden konnte. Diese Vorgehensweise sollte verhindern, dass die Nematodensuspension direkt in die Grabgänge

der Larven fließt und so die Wirkung der Nematoden überschätzt wird. Alle *O. porcatus* stammten aus einer Zucht von Dr. P. Sprick und wurden kurz vor Versuchsbeginn aus den Topfballen der Pflanzen, in denen die Zucht durchgeführt wurde, entnommen. Insgesamt 7 Pflanzen pro Variante konnten am 09.10.10 mit den verschiedenen Nematodenarten behandelt werden.

### 3.2.7. Prüfung verschiedener Bewässerungssysteme zur Ausbringung von Nematoden

#### Gießwagen System I (2009)

Bei vielen im Produktionsgartenbau eingesetzten Gießwagen können, neben dem Gießwasser, auch Flüssigdünger oder Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden. Um das Ausbringen von Nematoden zu rationalisieren, kann ein Gießwagen grundsätzlich auch für deren Applikation genutzt werden. Im Rahmen der Untersuchungen wurde das im Gartenbauzentrum zur Verfügung stehende System hierfür entsprechend modifiziert und dessen Funktion überprüft. Weiterhin wurde ein Bekämpfungsversuch mit *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* gegen *Otiiorhynchus sulcatus*-Larven mit Hilfe des Gießwagens durchgeführt.

Bei dem in Ellerhoop verwendeten Gießwagen handelte es sich um den im Gartenbau verbreiteten T-FGW der Firma Rathmakers. Für die Versuche wurde an einem der beiden seitlichen Ausleger ein Dosiergerät (MSR H305G int., Dosierate = 0,3 bis 1% stufenlos einstellbar) in das Leitungssystem integriert (Abbildung 3.20). Danach konnte das Auslitern des Gießwagens bei definiertem Druck (1,8 bar) und Fahrgeschwindigkeit (2,2 m/min) vorgenommen werden. Die genaue Wassermenge auf der Zielfläche betrug 2,1 l/m<sup>2</sup>. Für den Versuch wurde eine Gesamtfläche von 30 m<sup>2</sup> behandelt. Bei einer Beetbreite von 10 m betrug der Fahrtweg 3 m. Auf dieser Fläche wurden 313 ml Wasser mit dem Dosiergerät zudosiert (= 0,5%).



Abbildung 3.20: Proportionaldosiergerät am Gießwagen montiert

Die Ausbringung der Nematoden wurde in zwei Stufen überprüft. Zunächst unmittelbar bei der Applikation der Nematoden, durch Auffangen des ausgebrachten Wasser-Nematoden-Gemisches. Darin wurden anschließend die Anzahl der Nematoden pro Volumeneinheit (0,1 ml), nach gründlichem Umrühren, ermittelt. Außerdem wurde ein Bekämpfungsversuch gegen Dickmaulrüsslerlarven im 2 l Container (*E. fortunei* 'Emerald'n Gold') auf der Gießwagenfläche vorgenommen. Getestet wurden *Heterorhabditis bacteriophora* und *H.*

*downesi* gegenüber einer unbehandelten Kontrolle. Jede Variante bestand aus 15 Pflanzen mit vierfacher Wiederholung (60 Pflanzen je Variante). Pro Topf wurden insgesamt 40 Eier von *O. sulcatus* ausgebracht (2 x 20 Eier im Abstand von ca. 4 Wochen). Der Versuchszeitraum erstreckte sich von der Nematoden-Ausbringung am 24.09.09 bis zur Auswertung am 22.10.09 über insgesamt 28 Tage. Die Aufwandmenge betrug 500000 Nematoden/m<sup>2</sup>. In einem zweiten Bewässerungsgang wurde mit 2,1 l/m<sup>2</sup> Wasser nachgespült. Die Versuchspflanzen befanden sich auf einer rechteckigen Fläche von 216 x 98 cm (= 2,1 m<sup>2</sup>). An den Ecken der Versuchsfläche befanden sich die Gefäße (346 cm<sup>2</sup>), mit denen die ausgebrachten Nematoden aufgefangen wurden. Bei der Ausbringung sollte durch kräftiges Rühren das Absinken der Nematoden verhindert werden.

#### Gießwagen System II (2009)

Der in Bad Zwischenahn verwendete Gießwagen verfügte auf jeder Seite über 5 höhenverstellbare Gießrechen, die sich einzeln über Kugelhähne öffnen und schließen ließen. Die Gießrechen bestehen aus PVC-Rohren (3/4 Zoll), die auf der Unterseite mit 2 mm großen Löchern versehen sind, die im Abstand von 20 mm angeordnet sind und als Auslassöffnung für die Beregnung dienen. Für die Applikation der Nematoden wurde der linke Ausleger komplett von der Wasserzufuhr abgekoppelt und nur der rechte mit einem offenen Gießrechen betrieben. Die ausgebrachte Wassermenge wurde über die Öffnungsweite des Kugelhahns reguliert. In Vorversuchen wurde eine mittlere ausgebrachte Wassermenge von 18 l/m<sup>2</sup> bei einer Laufgeschwindigkeit des Gießwagens von 1,3 m/min ermittelt. Das Zudosieren der Nematodensuspension erfolgte direkt am Gießwagen mit einem mobilen Proportionaldosierer (Dosierpumpe Typ DI 16, Fa. Dosatron), um die Verluste in den Rohrleitungen möglichst gering zu halten. Der Proportionaldosierer wurde auf eine maximale Zudosierung von 1,6 % eingestellt. Die mit 7 g Carboxymethylcellulose (= Kleister, Methylan Spezial, Henkel) verdickte Nematodensuspension wurde während der Ausbringung durch ständiges Rühren in Bewegung gehalten.

Für die Applikation der Nematoden über die Gießwagenbewässerung (27.08.09) wurden jeweils 1,5 Millionen *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* in 700 ml lauwarmen Wasser angesetzt, die für eine Fläche von 3 m<sup>2</sup> ausreichend war. Die Aufwandmenge ergab sich aus der Aufstellfläche einer Variante mit 15 Töpfen à 4 Wiederholungen, wobei die gesamte zu behandelnde Topfoberfläche 0,8 m<sup>2</sup> (133 cm<sup>2</sup>/Topf) betrug. Die Töpfe wurden dicht an dicht auf einer Fläche von ca. 1 m<sup>2</sup> mittig auf der Containerfläche aufgestellt, um die Randbereiche bei der Behandlung auszusparen. Zwischen den Töpfen wurden Regenmesser aufgestellt, um nach der Behandlung die Vitalität und Quantität der ausgebrachten Nematoden zu überprüfen. Die während der Behandlung aufgefangenen Wasserproben wurden zur Auszählung der Nematoden auf ein kleineres Volumen (100 ml) verdichtet. Dazu wurden die Flaschen für eine Stunde in einen Kühlraum bei 5°C gestellt, um die Nematoden in der Flüssigkeit absinken zu lassen. Aus der Probe wurden jeweils 2 Tropfen à 0,1 ml unter dem Mikroskop ausgezählt.

Entgegen der ursprünglichen Planung konnte, bedingt durch Druckschwankungen, nicht die gesamte Nematodensuspension in einem Bewässerungsgang ausgebracht werden. Daher war ein Umschalten der Laufrichtung erforderlich, um die Reste auf der Fläche auszubringen. Dadurch erhielten die Pflanzen der letzten Reihe besonders viel Wasser und entsprechend Nematoden. Nach der Behandlung wurde die gesamte Containerfläche mit Wasser beregnet, um das Bewässerungssystem zu spülen und die Nematoden in die Töpfe einzuregnen.

Aufgrund eines Berechnungsfehlers wurde davon ausgegangen, dass max. 10000 Nematoden pro m<sup>2</sup> ausgebracht wurden, was ein viel zu geringer Ausbringungserfolg gewesen wäre. Gründe dafür wurden vor allem in der kleinen Behandlungsfläche und in den Verlusten von Nematoden in den Rohrleitungen gesehen. Am 09.09.2009 wurde deshalb die Behandlung mit *H. bacteriophora* wiederholt. Dazu wurde eine 50 Millioneneinheit in 5 l Wasser angesetzt und mit einem Teil der Suspension (1,5 l = 15 Mio. Nematoden) eine

Fläche von 30 m<sup>2</sup> behandelt. Die Zudosierung erfolgte, wie oben beschrieben, über einen Proportionaldosierer, der auf eine Beimengung von 0,5 % eingestellt war.

Als Versuchspflanze diente in der LVG Bad Zwischenahn *Taxus media* 'Hicksii' im 2 l Container. Bei dem verwendeten Substrat handelte es sich um Weißtorf mit 3 kg/m<sup>3</sup> Kalk, 100 g/m<sup>3</sup> Radigen und 3 kg/m<sup>3</sup> Plantacote Depot 6M. Sobald ausreichend Eier des gefurchten Dickmaulrüsslers aus der Zucht verfügbar waren, wurden die Versuchspflanzen beimpft. Entsprechend des Protokolls nach VAN TOL und GWYNN (2005) wurde jeder Topf zweimal im Abstand von 4 Wochen mit jeweils 20 Eiern inokuliert. Dazu wurden pro Topf zwei gegenüberliegende Löcher nahe der Wurzeln gemacht und jeweils mit 10 Eiern belegt. Die Eier wurden mit einem Pinsel aufgenommen und mit einer Spritzflasche in das Substrat eingespült. Die 1. Inokulation erfolgte vom 08.-09.07.2009. Die 2. Inokulation wurde vom 03.-07.08.2009 vorgenommen. Ungefähr 7 Wochen nach dem 1. Inokulationstermin wurde am 26.08.2009 die Behandlung mit den Nematoden vorgenommen.

#### Gießwagen System I (2010)

Zusätzlich zur Überprüfung der Nematodenausbringung auf einer kleinräumigen Versuchsparzelle sollte die praxisrelevante, großflächige Ausbringung auf einer kompletten Containerkulturfläche getestet werden. Ziel war eine gleichmäßige Verteilung der Nematoden auf der gesamten Fläche. Die grundsätzliche Vorgehensweise war wie oben beschrieben. Das Auslitern bei definierter Fahrgeschwindigkeit ergab eine durchschnittliche Gießwassermenge von 3342 ml pro m<sup>2</sup>. Zudosiert wurde aus einer Nematoden-Stammsuspension mit 53250000 Nematoden/l. Bei 0,4 prozentiger Verdünnung im Gießwasserstrom ergab sich eine Zielkonzentration von 213 Nematoden/ml auf der Containerkulturfläche. Um das Absinken der Nematoden in der Stammsuspension zu minimieren, wurde Luft mittels zweier Belüftungssteine (Aquaristik-Bedarf) in die Suspension geblasen. Die Ausbringung wurde durch das Auffangen des Gießwassers (5 l-Eimer, r = 105 mm) nach einer Fahrstrecke von 1, 5, 10, 15 und 20 Metern überprüft, wobei die Bereiche Innen, Mitte und Außen unterhalb des Gießbalkens bei 1, 10 und 20 Meter und deren Zwischenbereiche bei 5 und 15 Metern überprüft wurden. In jeder Probe (Position) wurde die mittlere Anzahl Nematoden an 15 Tropfen (0,1 ml) ermittelt.

#### Tropfbewässerung System I (2009)

Bei der Gehölzproduktion in großvolumigen Containern kommt in Baumschulen häufig ein Tropfbewässerungssystem zum Einsatz. Die Eignung dieses Systems zur Ausbringung von Nematoden wurde analog zur Gießwagenausbringung überprüft. Auch hier fand eine Modifikation des Bewässerungssystems statt. Direkt hinter dem Versorgungsanschluß wurden Kupplungsstücke eingebaut, an denen ein praxisübliches mobiles Proportionaldosiergerät angeschlossen werden konnte (Abbildung 3.21). Parallel zur Überprüfung der Nematodenausbringung wurde auch hier ein Bekämpfungsversuch mit *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* gegen *O. sulcatus*-Larven durchgeführt.



**Abbildung 3.21: Mobiles Proportionaldosiergerät zur Einspeisung entomopathogener Nematoden in ein Tropfbewässerungssystem für eine Containerkulturfläche**

Das Tropfbewässerungssystem war auf einer Containerkulturfläche von 200 m<sup>2</sup> installiert. Es bestand aus einer 18 m langen Hauptversorgungsleitung (PE-Rohr,  $\varnothing = 26,2$  mm) mit einseitig, im Abstand von 2 m abgehenden 10 m langen Tropfschläuchen (PE,  $\varnothing = 16$  mm). Der Abstand der Tropfer am Tropfschlauch betrug 0,5 m. Die 180 druckkompensierenden Tropfer (8 l/h, Netafim) besaßen einen 4-fach Verteiler mit jeweils 0,8 m langen Mikroschläuchen. Die Tropfer verfügen zur Druckkompensierung über eine Membran und einen mäanderförmigen Mikrokanal, durch den der Wasserstrom geleitet wird. Insgesamt konnten 720 Pflanzen auf der Fläche mit Wasser versorgt werden. Die jeweiligen Fließstrecken zwischen Dosiergerät und Pflanze maßen zwischen 3,9 m und 30,6 m. Das Auslitern ergab ein Volumen von 32,5 ml pro Topf und Minute bei gleichzeitiger Zudosierung von 291 ml Nematodensuspension pro Minute (= 1,2%).

Analog zum Gießwagenversuch wurde bei der Applikation der Nematoden das Bewässerungswasser direkt aufgefangen und anschließend die Nematodenanzahl in 0,1 ml bestimmt. Außerdem wurde ein Bekämpfungsversuch gegen Dickmaulrüsslerlarven im 2 l Container (*E. fortunei* 'Emerald'n Gold') vorgenommen. Getestet wurden *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* gegenüber einer unbehandelten Kontrolle. Jede Variante bestand aus 15 Pflanzen mit vierfacher Wiederholung (60 Pflanzen je Variante). Pro Topf wurden insgesamt 40 Eier von *O. sulcatus* ausgebracht (jeweils 20 Eier in Abstand von vier Wochen). Der Versuchszeitraum erstreckte sich von der Nematodenausbringung am 28.09.09 bis zur Auswertung am 28.10.09 über insgesamt 30 Tage. Die Aufwandmenge betrug 5000 Nematoden pro Topf. Die Nematodenstammlösung enthielt 3,6 Mio. Tiere in 1,5 l Wasser. Diese Stammlösung wurde unter ständigem Rühren mit 1% Kleister angedickt und innerhalb eines Bewässerungsgangs ausgebracht. In einem weiteren Bewässerungsgang wurden 325 ml Wasser pro Topf nachgespült. Die Versuchspflanzen standen in Form einer Blockanlage am 1., 4., 7. und 9. Tropfschlauch jeweils zwischen dem 5., 10., 15. und 20. Tropfer. Bei den zwei Applikationen wurden die Nematoden an den Tropfern vor und hinter der behandelten Variante aufgefangen und deren Anzahl bestimmt.

#### Tropfbewässerung System II (2009)

In der LVG Bad Zwischenahn bestand das System aus einer PE-Rohrleitung (3/4 Zoll, Innendurchmesser: 21 mm) mit 180 Mikroschläuchen ( $\varnothing = 5$  mm) und daran angeschlossenen Einzeltropfern (8 l / h, druckkompensierend, Netafim) die direkt an den Topfballen geführt und mit Mikroschlauchhaltern fixiert wurden. Der Ausgangswasserdruck wurde auf 2,5 bar über einen Druckminderer reguliert.

Die LVG Bad Zwischenahn verwendete als Versuchspflanzen *Thuja occidentalis* 'Smaragd' (30-40) im 7,5 l Container. Das Substrat bestand aus Weißtorf, dem 2,5 kg Kalk/m<sup>3</sup>, 100 g/m<sup>3</sup> Radigen und 4 kg/m<sup>3</sup> Plantacote Depot 8M zugemischt war. Die Pflanzen wurden auf einer Containerkulturfläche in insgesamt 36 Reihen mit 5 Pflanzen pro Reihe als randomisierte Blockanlage aufgestellt. Das Ablegen der Dickmaulrüsslereier lief wie im Gießwagenversuch ab.

Für die Ausbringung der Nematoden über Tropfbewässerung (26.08.09) wurde jeweils eine Suspension mit 5 Millionen *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* in 0,5 l lauwarmen Wasser für je eine Fläche von 10 m<sup>2</sup> angesetzt. Die Aufwandmenge ergab sich aus der zu behandelnden Oberfläche der 7,5-Liter-Container, die pro Topf 490 cm<sup>2</sup>, über alle 180 Töpfe 8,82 m<sup>2</sup> betrug. Da es technisch nicht möglich war, jeweils nur die 60 Töpfe einer Variante einzeln zu behandeln, wurden alle 180 Tropfer mit Nematoden beschickt. Dabei wurden die Tropfer der Kontrollpflanzen auf die Containerfläche gelegt, wo die austretende Flüssigkeit versickern konnte. Verteilt auf der gesamten Beetfläche wurde an 8 dieser Tropfer das Wasser aufgefangen, um anschließend die Vitalität und die Quantität der ausgebrachten Nematoden zu überprüfen. Die angesetzte Nematodensuspension wurde durch eine 1 %ige (5 g/0,5 l) Zugabe von Kleister verdickt, um ein Absinken der Nematoden in der Rohrleitung der Tropfbewässerungsanlage zu verhindern. Die Zudosierung der Nematodensuspension in das Bewässerungssystem erfolgte über einen mobilen Proportionaldosierer (Dosierpumpe Typ DI 16, Fa. Dosatron), der auf eine maximale Zudosierung von 1,6 % eingestellt wurde. Der Arbeitsdruck betrug 2,5 bar. Während der Ausbringung wurde die Nematodensuspension durch ständiges Rühren in Bewegung gehalten. Anschließend wurde nochmals 0,5 l klares Wasser über das Dosatron in die Bewässerungsanlage eingespeist, um das Tropfbewässerungssystem zu reinigen und gleichzeitig die Nematoden in das Topfsubstrat zu spülen.

#### Tropfbewässerung System I (2010)

Analog zum Gießwagenversuch wurde bei der Applikation der Nematoden das Bewässerungswasser direkt aufgefangen und anschließend die Nematodenanzahl in 0,1 ml (10 Wiederholungen) bestimmt. Parallel erfolgte der Bekämpfungsversuch gegen *Otiiorhynchus sulcatus*-Larven im 2 l Container (*Prunus laurocerasus*). Getestet wurden *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* gegenüber einer unbehandelten Kontrolle. Jede Variante bestand aus 15 Pflanzen mit vierfacher Wiederholung (60 Pflanzen je Variante). Pro Topf wurden an zwei Terminen 20 Eier von *O. sulcatus* ausgebracht (= 40 Eier/Topf). Die Aufwandmenge der eingesetzten Nematoden betrug 10000 Nematoden pro Topf. Die Nematodenstammlösung wurde mit 1% Kleister angedickt und innerhalb eines Bewässerungsgangs über ein Dosiergerät (1%) ausgebracht. In einem weiteren Bewässerungsgang wurden 325 ml Wasser pro Topf nachgespült. Bei den zwei Applikationen wurden die Nematoden an den Tropfern vor und hinter den jeweils behandelten Pflanzen aufgefangen und deren Anzahl bestimmt.

### **3.3. Ergebnisse**

#### **3.3.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse**

##### **3.3.1.1. Quantifizierung verschiedener *Otiiorhynchus*-Arten an Kulturpflanzen sowie deren zeitliches Auftreten in Hinblick auf die Larven**

Im Rahmen dieses Vorhabens waren die Abteilung Gartenbau der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein und der Kooperationspartner LVG Bad Zwischenahn für die technische Durchführung des Monitorings vor Ort (Regionen Pinneberg und Ammerland) verantwortlich. Die abschließende Auswertung und die Darstellung sowie Bewertung der Ergebnisse erfolgte durch Dr. P. Sprick „Bodenrüssler als Schädlinge im Garten- und Hopfenbau –

Erfassung des Artenspektrums und Untersuchungen zu Bekämpfungsmöglichkeiten als Grundlage zur Entwicklung gezielter Bekämpfungsstrategien“.

### 3.3.1.2. Überprüfung der verschiedenen Nematodenarten bei simulierten Temperaturverläufen gegen die Larven von *Otiiorhynchus sulcatus*

In den Versuchspflanzen haben sich in der Kontrolle aus den 20 Eiern im Durchschnitt 7 Larven entwickelt (Tabelle 3.4). Die Varianten mit den Behandlungen *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema feltiae* sowie deren 1:1 Mischung unterschieden sich nicht von der Kontrollvariante. Die Anzahl lebender *O. sulcatus* lag dort im Mittel zwischen 6,7 (*H. bacteriophora* + *S. feltiae*) und 8,1 (*H. bacteriophora*). Bei *H. megidis* und *H. downesi* waren mit 5,4 und 5,0 Larven zwischen 23% und 29% weniger Larven in den Töpfen. Die beste Wirkung zeigte in diesem Versuch *S. kraussei*. Mit 4,6 *O. sulcatus*-Larven war deren Anzahl um 34% geringer als in der unbehandelten Kontrolle. Es wurden vereinzelt auch tote Larven gefunden, die nicht charakteristisch verfärbt waren. Mögliche Ursachen sind ein frühes Parasitierungsstadium, mechanische Verletzung beim Heraussuchen oder natürliche Mortalität.

Von jeder Variante wurden parallel drei zusätzliche Pflanzen wie im Hauptversuch behandelt, jedoch anschließend bei Raumtemperatur (ca. 20 °C) aufgestellt. Nach 28 Tagen konnten in der Kontrolle ebenfalls im Durchschnitt 7 lebende Larven gefunden werden. Bei den *Steinernema*-Arten waren noch 1,7 bzw. 2,7 Larven bei *S. feltiae* und *S. kraussei* vorhanden. In den *Heterorhabditis*-Varianten konnten keine *O. sulcatus*-Larven mehr festgestellt werden. Somit war eine gute Infektivität und folglich die grundsätzliche Wirksamkeit der Nematoden gegeben.

**Tabelle 3.4: Mittlere Anzahl lebender Larven von *Otiiorhynchus sulcatus* im 9er Topfballen von *Euonymus fortunei* 28 Tage nach der Applikation von 2500 Nematoden pro Topf bei einem Tagestemperaturprofil von 7-14-10-5°C für 4-4-4-12 Stunden im Klimaschrankversuch**

Nematodenart	Lebende <i>O. sulcatus</i> pro Topf ( $\bar{x} \pm SD$ )
Kontrolle	7,0 $\pm$ 3,6
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	8,2 $\pm$ 3,2
<i>Heterorhabditis downesi</i>	5,0 $\pm$ 3,5
<i>Heterorhabditis megidis</i>	5,4 $\pm$ 3,1
<i>Steinernema feltiae</i>	7,0 $\pm$ 2,5
<i>Steinernema kraussei</i>	4,3 $\pm$ 1,7
<i>S. feltiae</i> + <i>H. bacteriophora</i> (1:1)	6,7 $\pm$ 2,9

### 3.3.1.3. Effekte kurzer Erwärmungsphasen auf 16 °C auf die Wirksamkeit von *Heterorhabditis bacteriophora* gegen *Otiiorhynchus sulcatus*

In dem Versuch bot die Variante mit 24 Stunden bei 16°C die potenziell günstigsten Bedingungen für eine erfolgreiche Parasitierung. Die unbehandelte Kontrolle enthielt 7,2 lebende Larven (Tabelle 3.5). Unbedeutend geringer war die Anzahl Larven mit 6,6 Tieren bei den mit *Heterorhabditis bacteriophora* behandelten Pflanzen. Auch die Varianten 2

Stunden (6,7), 4 Stunden (6,4), 6 Stunden (7,2) und 8 Stunden zeigten keinen Unterschied zur unbehandelten Kontrolle.

**Tabelle 3.5: Anzahl lebender Larven von *Otiiorhynchus sulcatus* im 0,5 l Topfballen von *Euonymus fortunei* 28 Tage nach Behandlung mit 2500 *Heterorhabditis bacteriophora* und unterschiedlich langen, einmaligen 16 °C Erwärmungsphasen zum Beginn (danach 5 °C)**

Dauer der Erwärmungsphase auf 16 °C (Stunden)	Lebende <i>O. sulcatus</i> pro Topf ( $\bar{x} \pm SD$ )
24, unbehandelt	7,2 ± 1,5
24	6,6 ± 1,6
8	7,3 ± 1,8
6	7,2 ± 1,6
4	6,4 ± 2,1
2	6,7 ± 1,9

In den vorliegenden Untersuchungen reichten kurzfristige, einmalige Erwärmungsphasen von bis zu 24 Stunden auf 16 °C nicht aus, um Effekte bei der Bekämpfung von *O. sulcatus* durch *H. bacteriophora* zu erzielen. Bei dem gewählten Versuchsdesign konnte nicht ausgeschlossen werden, dass Nematoden anfangs möglicherweise in die Larven eindringen, sich jedoch aufgrund der niedrigen Temperaturen von 5 °C nicht weiter entwickelten und so noch kein Absterben der Käferlarven bewirkten. Dieser potenzielle Mortalitätsfaktor konnte in dem Versuchsansatz nicht überprüft werden. Der Mehlwurm-Biotest zeigte keine zufriedenstellende Infektivität der geprüften Nematoden.

#### 3.3.1.4. Wirksamkeit der Nematoden gegen die Käfer von *Otiiorhynchus sulcatus* im Labor

Bei der Auswertung war eine Mortalität von 100% in der Variante mit *Steinernema carpocapsae* festzustellen (Tabelle 3.6). Im Gegensatz dazu befanden sich in der Kontrollvariante ausschließlich lebende Käfer (Abbildung 3.22). Die mittlere Lufttemperatur in der Gewächshauskabine betrug im Untersuchungszeitraum 19,2 °C mit einer Standardabweichung von 3,9. In diesem Versuch wurde wahrscheinlich erstmals die Wirksamkeit von entomopathogenen Nematoden bei adulten *O. sulcatus* beschrieben und der Grundstein für deren biologische Bekämpfung mit einem „Fallensystem“ gelegt.

**Tabelle 3.6: Mortalität adulter *Otiiorhynchus sulcatus* im kleinräumigen Käfigversuch mit Holzbrettern mit und ohne *Steinernema carpocapsae* in einer gelartigen Formulierung an der Brettunterseite**

Variante	Anzahl lebender <i>O. sulcatus</i> (n)	Mortalität von <i>O. sulcatus</i> (%)
Gel ohne <i>S. carpocapsae</i>	20	0
Gel mit <i>S. carpocapsae</i>	0	100



**Abbildung 3.22: Lebende *Otiorhynchus sulcatus* (Kontrolle) unter einem Holzbrett mit Resten einer gelartigen Formulierung ohne *Steinernema carpocapsae***

Das Ergebnis zeigt, dass die Formulierung als 'Gel' grundsätzlich geeignet ist. Besonders positiv war der hohe Wirkungsgrad im Versuch. Er ist Voraussetzung für eine ausreichende Wirksamkeit bei dem potenziellen Einsatz unter Freiland bzw. Praxisbedingungen. Die Versuchsbedingungen in den Käfigen waren für den Einsatz von entomopathogenen Nematoden als äußerst günstig zu bewerten. Die Temperaturen waren mit durchschnittlich 19,2 °C für die Aktivität von *S. carpocapsae* ausreichend hoch und die Luftfeuchte lag bei 100% (Kondenswasserbildung). In dem Versuch fiel das Gel sehr häufig aus den Rillen des Brettes heraus, diesbezüglich besteht Optimierungsbedarf. Auch ist die Wirkungsdauer der Formulierung zu überprüfen, da ein schnelles Austrocknen der Formulierung bei hohen Temperaturen und gleichzeitig geringeren Luftfeuchten nicht auszuschließen ist.

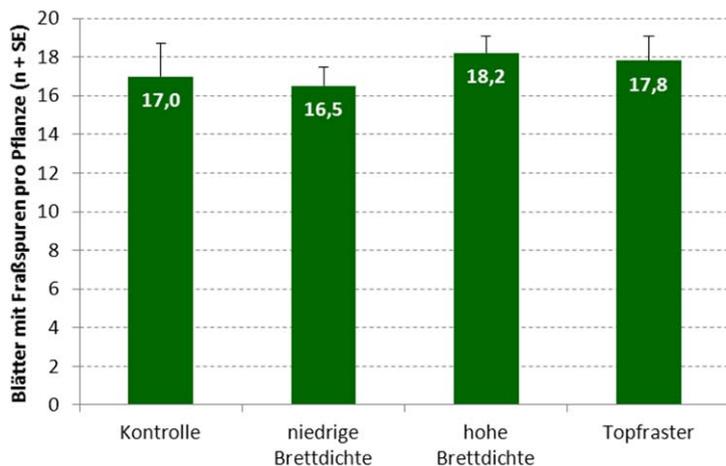
#### **3.3.1.5. Konstruktion einer Falle für den Fang von Dickmaulrüssler-Käfern zur Bekämpfung mit Nematoden**

##### Wirksamkeit von *Steinernema carpocapsae* gegen die Käfer von *Otiorhynchus sulcatus* in einer Baumschulkultur im Gewächshaus

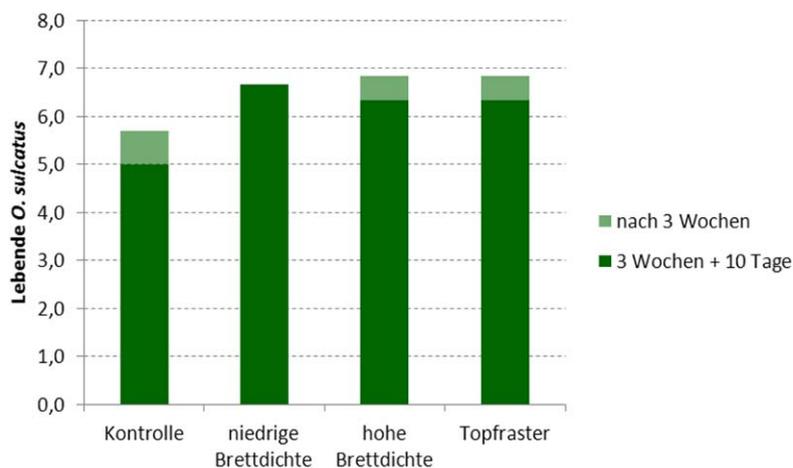
Die Untersuchung der Versuchspflanzen hinsichtlich der Schädigung durch Blattfraß der Käfer (Abbildung 3.23) ergab keine Unterschiede zwischen der Kontrolle und den Varianten in denen *S. carpocapsae* eingesetzt wurde. Die mittlere Anzahl angefressener Blätter pro Pflanze lag in der Kontrolle bei 17,0. Mit niedriger Fangbrettdichte waren 16,5 Blätter geschädigt und 18,2 Blätter bei der hohen Fangbrettdichte.

Ein ähnliches Bild zeigte sich bei der Anzahl wiedergefundener, lebender *O. sulcatus* (Abbildung 3.24). Nach drei Wochen (plus 10 weiteren Untersuchungstagen) war in der Kontrolle sogar die höchste Mortalität mit nur noch 5 Käfern festzustellen. Die Varianten mit *S. carpocapsae* enthielten zwischen 6,3 und 6,7 lebende Käfer.

Die mittlere Lufttemperatur von 18,3 °C war in dem dreiwöchigen Zeitraum für die grundsätzliche Aktivität der Nematoden ausreichend hoch.



**Abbildung 3.23: Mittlere Anzahl Blätter pro Pflanze mit Fraßschäden durch 8 adulte *Otiorhynchus sulcatus* pro Versuchsparzelle nach 3 Wochen in Abhängigkeit von der Bekämpfungsstrategie mit *Steinernema carpocapsae*-Gel**



**Abbildung 3.24: Mittlere Anzahl wiedergefundener, lebender *Otiorhynchus sulcatus* von insgesamt 8 Käfern pro Versuchsparzelle nach 3 Wochen in Abhängigkeit von der Bekämpfungsstrategie mit *Steinernema carpocapsae*-Gel**

Trotz der sehr guten Wirksamkeit von *S. carpocapsae* gegen adulte *O. sulcatus* im Käfigversuch, konnte in dem ersten praxisnahen Versuch kein Bekämpfungserfolg beobachtet werden. Auch wenn die Bretter über einen längeren Zeitraum als drei Wochen in den Pflanzenbeständen gelegen hätten, wären vermutlich keine für die Gartenbaupraxis ausreichenden Wirkungsgrade erzielt worden. Eine Ursache war der offensichtlich geringe Aktionsradius der Käfer in einem geeigneten Wirtspflanzenbestand. Die Tiere waren scheinbar auf oder sehr nah an der Pflanze hinreichend gut versteckt, so dass ein Aufsuchen der Bretter mit *S. carpocapsae* nicht erforderlich war. Das Ziel weiterer Versuche sollte daher sein, die Bretter mit den Nematoden näher an die Pflanze zu bringen und die Käfer mit einem Lockstoff zu den Brettern zu locken.

#### Wirksamkeit von *Steinernema carpocapsae* gegen die Käfer von *Otiorhynchus sulcatus* in einer Baumschulkultur im Freiland in Kombination mit Lockstoffen

Eine Aussage über die Wirksamkeit der getesteten Bekämpfungsstrategien sollte über die Blattschäden durch den Dickmaulrüsslerfraß getroffen werden, da das Wiederfinden von lebenden und toten Käfern aufgrund ihrer sehr guten Tarnung äußerst schwierig war. Das Erfassen der Fraßspuren erfolgte einzelpflanzenweise. Danach wurde eine Gruppierung der

Pflanzen hinsichtlich der Fraßschäden pro Pflanze in 5 Gruppen vorgenommen. Aus der Abbildung 3.25 ist ersichtlich, dass alle drei Varianten fast die gleiche Anzahl Pflanzen in allen Schädigungsklassen aufwiesen. Bei 0 bis 10 Fraßstellen fanden sich in der Kontrolle 69 Pflanzen wieder. Die Lockstoffe A und B lagen beide mit 57 Pflanzen etwas darunter. In allen höheren Schädigungsklassen waren in der Kontrolle jeweils geringfügig weniger Pflanzen zu finden als in den beiden Lockstoffvarianten, die in jeder Klasse fast identische Werte aufwiesen. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass durch den Einsatz der Bretter mit *S. carpocapsae* keine Verringerung der Schädigung an den Versuchspflanzen gegenüber der unbehandelten Kontrolle erzielt werden konnte.

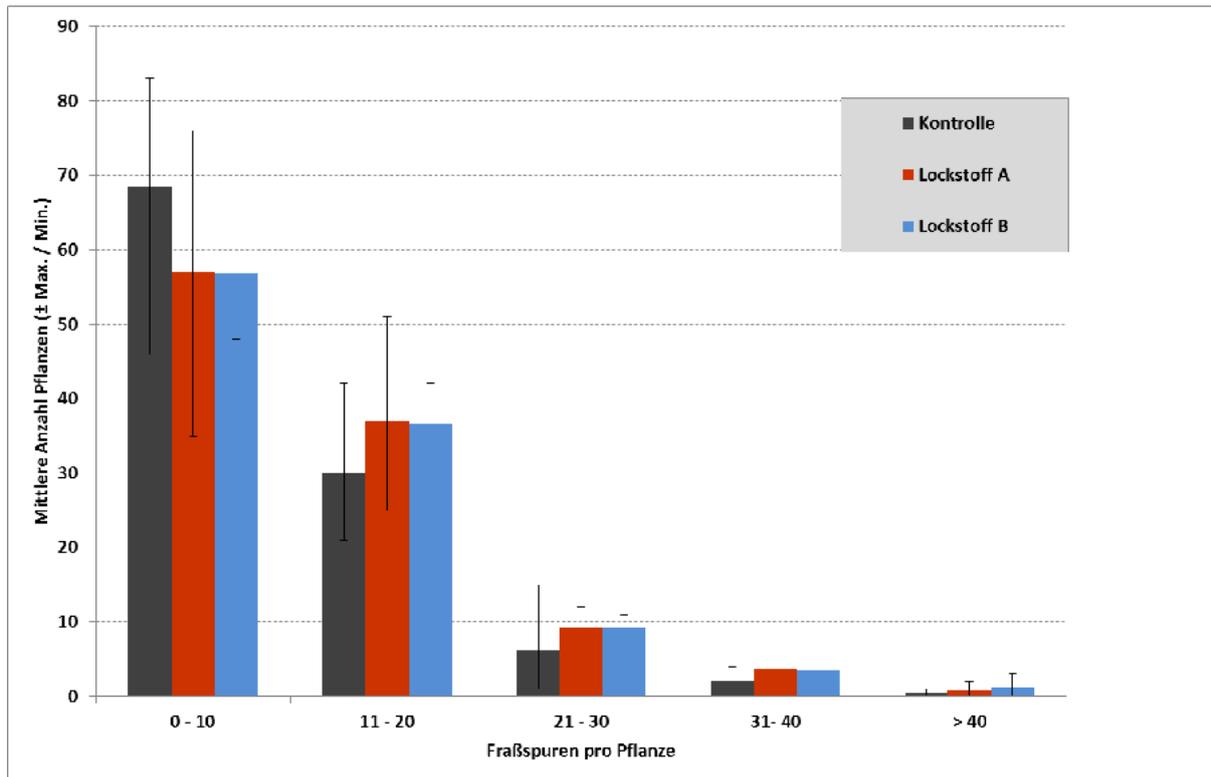


Abbildung 3.25: Fraßschäden durch *Otiorhynchus sulcatus* (Mittelwert  $\pm$  Max./Min.) an *Euonymus fortunei* 'Emerald'n Gaiety' (9 cm Vierecktopf) im Versuchsbestand mit *Steinernema carpocapsae*-Gel unter Holzbrettern in Kombination mit zwei Lockstoffen im Bereich der Bretter

Die Wiederfindungsrate bei den 12 eingesetzten Käfern war mit 30% unterdurchschnittlich (Tabelle 3.7). Sie betrug in der Kontrolle 3 lebende Käfer und wich damit kaum von den Lockstoffvarianten A und B mit 3,8 bzw. 4,0 Käfern ab. Dieses Ergebnis stimmte mit dem der Fraßspuren an den Pflanzen überein. Es zeigte sich kein Bekämpfungserfolg durch den Einsatz der *Steinernema*-Bretter zusammen mit den Lockstoffen.

**Tabelle 3.7: Wiederfindung lebender *Otiiorhynchus sulcatus* (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) im *Euonymus fortunei* 'Emerald'n Gaiety' (9 cm Vierecktopf) Versuchsbestand (n = 4) bei Einsatz von *Steinernema carpocapsae*-Gel unter Holzbrettern in Kombination mit zwei Lockstoffen**

Variante	Anzahl lebende <i>O. sulcatus</i> ( $\bar{x} \pm SD$ )
Kontrolle	3,0 $\pm$ 1,4
Lockstoff A	3,8 $\pm$ 2,5
Lockstoff B	4,0 $\pm$ 2,9

Die Gründe für die ausgebliebene Wirkung sind unklar. Vermutlich war der anlockende Effekt durch die Lockstoffe zu gering. Dies müsste in einem weiteren Versuch überprüft werden.

### 3.3.1.6. Überprüfung der Wirksamkeit von Nematoden gegen die Larven von anderen Arten der Gattung *Otiiorhynchus*

Alle getesteten entomopathogenen *Heterorhabditis*- und *Steinernema*-Arten führten bei *O. dieckmanni*, *O. salicicola*, *O. armadillo* und *O. porcatus* zu einer Verringerung der durchschnittlichen Anzahl an Larven gegenüber der unbehandelten Kontrolle. Die Wirksamkeiten der einzelnen Arten unterschieden sich z.T. jedoch deutlich. In der Tendenz war festzustellen, dass die *Heterorhabditis*-Arten gute bis sehr gute Wirkungsgrade aufwiesen. Die *Steinernema*-Arten verringerten dagegen die *Otiiorhynchus*-Larven nur leicht bis durchschnittlich. Bei *O. porcatus* zeigte sich ein etwas abweichendes Bild. Hier war bei allen Nematodenarten ein guter Effekt auf die Käferlarven zu erkennen, was möglicherweise von der abgeänderten Methodik herrührte.

Die guten Wirksamkeiten von *H. bacteriophora*, *H. downesi* und *H. megidis* in den Klimaschrankversuchen deuten auf die prinzipielle Eignung dieser entomopathogenen Nematoden unter Praxisbedingungen hin.

#### *Otiiorhynchus dieckmanni*

Die Larven von *O. dieckmanni* ließen sich gut und in ausreichender Anzahl in den Versuchspflanzen etablieren. Durchschnittlich 8,9 Tiere lagen dort in der Kontrolle vor (Tabelle 3.8). Die Anwendung von *H. downesi* und *H. bacteriophora* verringerte sie deutlich auf 0,6 bzw. 0,8 bis hin zu 2,1 bei *H. megidis*. Dagegen wirkten die *Steinernema*-Arten auffallend schwächer. Während *S. carpocapsae* die Larven noch um 51% reduzierte, konnten *S. feltiae* und *S. krausei* nur noch leichte Effekte mit rund 25% Verringerung gegenüber der Kontrolle bewirken.

**Tabelle 3.8: Wirksamkeit von *Heterorhabditis*- und *Steinernema*-Arten gegen Larven von *Otiiorhynchus dieckmanni* (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) im 0,5 l Topfballen von *Euonymus fortunei* (n = 9) 3 Wochen nach Gießbehandlung von 2500 Nematoden pro 9 cm Vierecktopf im Klimaschrank bei 20 °C**

Nematodenart	Lebende <i>O. dieckmanni</i> pro Topf ( $\bar{x} \pm SD$ )
Kontrolle	8,9 $\pm$ 1,3
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	0,8 $\pm$ 1,1
<i>Heterorhabditis downesi</i>	0,6 $\pm$ 0,7
<i>Heterorhabditis megidis</i>	2,1 $\pm$ 1,8
<i>Steinernema carpocapsae</i>	4,4 $\pm$ 4,3
<i>Steinernema feltiae</i>	6,8 $\pm$ 4,0
<i>Steinernema krausei</i>	6,7 $\pm$ 3,9

Der Mehlwurm-Biotest bestätigte zufriedenstellende Infektivitäten der eingesetzten Nematoden.

#### *Otiiorhynchus salicicola*

Bei *O. salicicola* entwickelten sich pro Topf im Durchschnitt 10,7 Larven in der Kontrolle (Tabelle 3.9). Durch die *Heterorhabditis downesi* und *H. megidis* wurden sie fast vollständig bis auf 0,1 bzw. 0,3 Individuen pro Topf dezimiert. Deutlich war ebenfalls der Effekt von *H. bacteriophora* auf nur noch 2,2 Larven pro Topf. Wie bei *O. dieckmanni* waren die Wirksamkeiten der *Steinernema*-Arten auffallend niedrig. Während durch *S. carpocapsae*

noch 53% des Larvenbefalls verringert wurde, zeigten *S. kraussei* und *S. feltiae* noch deutliche 7,0 bzw. 7,6 Larven pro Topf. Aufgrund der vierwöchigen Versuchsdauer wurden bei der Auswertung teilweise Puppen und frisch geschlüpfte Käfer festgestellt.

**Tabelle 3.9: Wirksamkeit von *Heterorhabditis*- und *Steinernema*-Arten gegen Larven von *Otiiorhynchus salicicola* (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) im 0,5 l Topfballen von *Hedera helix* (n = 28) 4 Wochen nach Gießbehandlung von 2500 Nematoden pro 9 cm Vierecktopf im Klimaschrank bei 20 °C**

Nematodenart	Lebende <i>O. salicicola</i> pro Topf ( $\bar{x} \pm SD$ )
Kontrolle	10,7 $\pm$ 2,8
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	2,2 $\pm$ 2,5
<i>Heterorhabditis downesi</i>	0,1 $\pm$ 0,4
<i>Heterorhabditis megidis</i>	0,3 $\pm$ 0,5
<i>Steinernema carpocapsae</i>	5,0 $\pm$ 2,9
<i>Steinernema feltiae</i>	7,6 $\pm$ 3,2
<i>Steinernema kraussei</i>	7,0 $\pm$ 3,6

Der Mehlwurm-Biotest bestätigte zufriedenstellende Infektivitäten der eingesetzten Nematoden. Unzureichende Mortalitäten von 23% bzw. 20% wurden nur bei *S. kraussei* und *S. carpocapsae* erreicht. Aufgrund einer außergewöhnlich hohen Mortalität in der unbehandelten Kontrolle von 28%, konnten dort keine korrigierten Mortalitäten berechnet werden. Die Mortalität von 45% bei *H. bacteriophora* wurde zu stark nach unten korrigiert (auf 24%).

### Otiiorhynchus armadillo

Die Larvenentwicklung in den Versuchspflanzen war mit durchschnittlich 9,5 Larven pro Topf in der Kontrolle als gut zu bezeichnen (Tabelle 3.10). Durch den Einsatz von *Heterorhabditis downesi* fand eine vollständige Eliminierung des Befalls statt. Eine ebenfalls gute Wirkung wurde mit *H. megidis* erreicht. Dort waren nur noch 1,9 lebende Tiere auffindbar. Dagegen konnte *O. armadillo* durch *H. bacteriophora* nur um 52% verringert werden. Bei den *Steinernema*-Arten waren die Wirksamkeiten noch niedriger. Es lagen dort noch zwischen 6,8 (*S. carpocapsae*) und 8,4 (*S. kraussei*) Larven in den Töpfen vor. Bei der Endauswertung wurden teilweise Puppen und frisch geschlüpfte Käfer festgestellt.

**Tabelle 3.10: Wirksamkeit von *Heterorhabditis*- und *Steinernema*-Arten gegen Larven von *Otiiorhynchus armadillo* (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) im 0,5 l Topfballen von *Euonymus fortunei* (n = 16) 3 Wochen nach Gießbehandlung von 2500 Nematoden pro 9 cm Vierecktopf im Klimaschrank bei 20 °C**

Nematodenart	Lebende <i>O. armadillo</i> pro Topf ( $\bar{x} \pm SD$ )
Kontrolle	9,5 $\pm$ 3,0
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	4,6 $\pm$ 2,8
<i>Heterorhabditis downesi</i>	0,0 $\pm$ 0,0
<i>Heterorhabditis megidis</i>	1,9 $\pm$ 2,9
<i>Steinernema carpocapsae</i>	6,8 $\pm$ 2,3
<i>Steinernema feltiae</i>	7,8 $\pm$ 2,1
<i>Steinernema kraussei</i>	8,4 $\pm$ 2,4

Der Mehlwurm-Biotest bestätigte zufriedenstellende Infektivitäten der eingesetzten Nematoden. Lediglich bei *H. bacteriophora* wurde eine korrigierte Mortalität von nur 19% ermittelt. Zusammen mit der nur durchschnittlichen Wirksamkeit gegen *O. armadillo* könnte möglicherweise eine minderwirksame Nematodencharge als Ursache in Frage kommen.

### Otiiorhynchus porcatus

Von den 5 Larven, mit denen die Versuchspflanzen belegt wurden, konnten sich im Mittel 3,4 pro Topf etablieren (Tabelle 3.11). Dies entspricht einer „natürlichen“ Mortalität von 32%. Der Einsatz von *H. downesi* und *H. megidis* reduzierte die Anzahl Larven auch bei dieser *Otiiorhynchus*-Art sehr effektiv auf noch 0,3 Tiere pro Topf. Zu einer vollständigen Bekämpfung der Larven kam es in diesem Versuch in der *Steinernema feltiae* Variante. Gute Wirksamkeiten zeigten *H. bacteriophora* und *S. carpocapsae* mit noch 0,9 Larven pro Topf. Bei *S. kraussei* fanden sich nur noch 0,6 *O. porcatus*.

**Tabelle 3.11: Wirksamkeit von *Heterorhabditis*- und *Steinernema*-Arten gegen Larven von *Otiiorhynchus porcatus* (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) im 0,5 l Topfballen von *Tellima grandiflora* (n = 7) 3 Wochen nach Gießbehandlung von 2500 Nematoden pro 9 cm Vierecktopf im Klimaschrank bei 20 °C**

Nematodenart	Lebende <i>O. porcatus</i> pro Topf ( $\bar{x} \pm SD$ )
Kontrolle	3,4 $\pm$ 1,0
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	0,9 $\pm$ 0,9
<i>Heterorhabditis downesi</i>	0,3 $\pm$ 0,8
<i>Heterorhabditis megidis</i>	0,3 $\pm$ 0,5
<i>Steinernema carpocapsae</i>	0,9 $\pm$ 1,2
<i>Steinernema feltiae</i>	0,0 $\pm$ 0,0
<i>Steinernema kraussei</i>	0,6 $\pm$ 0,8

Im Rahmen der Endauswertung wurden teilweise größere Larven gefunden, bei denen sich nach PCR-Untersuchung herausstellte, dass es sich nicht um *O. porcatus* handelte. Der Anteil betrug durchschnittlich 0,3 Larven in der Kontrolle, bei *H. bacteriophora*, *H. megidis* und *S. feltiae* sowie 0,4 Larven bei *S. feltiae*. Diese Anteile sind aus Tabelle 3.11 herausgerechnet worden. Sowohl aufgrund dieses Fremdanteils mit *Otiiorhynchus* sp. als auch durch die Verwendung von Larven anstelle von Eiern bei gleichzeitig relativ geringer Versuchspflanzenanzahl, waren die Untersuchungsbedingungen im Vergleich zu den oben beschriebenen Versuchen als suboptimal einzustufen. Trotz dieser schwierigen Rahmenbedingungen sind die gewonnenen Ergebnisse als wertvolle erste Erkenntnisse zur Wirksamkeit von entomopathogenen Nematoden gegen diese Dickmaulrüsslerart zu bewerten.

Der Mehlwurm-Biotest bestätigte zufriedenstellende Infektivitäten der eingesetzten Nematoden. Lediglich bei *H. bacteriophora* wurde eine korrigierte Mortalität von nur 24% ermittelt. Unabhängig von diesem Ergebnis war eine deutliche Wirksamkeit von *H. bacteriophora* gegen *O. porcatus* gegeben.

### 3.3.1.7. Prüfung verschiedener Bewässerungssysteme zur Ausbringung von entomopathogenen Nematoden

#### Gießwagen System I (2009)

Die Überprüfung der Nematodenausbringung ergab, dass die konzentrierten Nematodensuspensionen korrekt über das Dosiergerät eingespeist wurden (Abbildung 3.26 + 3.27).



Abbildung 3.26: Überprüfung der Ausbringung von Nematoden mit dem Gießwagen

Auf der Containerkulturfläche sollte die Konzentration 0,5 Mio. Nematoden/m<sup>2</sup> erreicht werden. Bei der Variante *Heterorhabditis bacteriophora* kam es mit 556000 Nematoden/m<sup>2</sup> nur zu einer geringfügigen Überschreitung. Die Auszählung von *H. downesi* lieferte Einzelwerte zwischen 330000 und 502000 Nematoden/m<sup>2</sup>. Trotz dieser Streuung stellte die mittlere Konzentration von 423000 Nematoden/m<sup>2</sup> für Praxisbedingungen einen guten Wert dar.

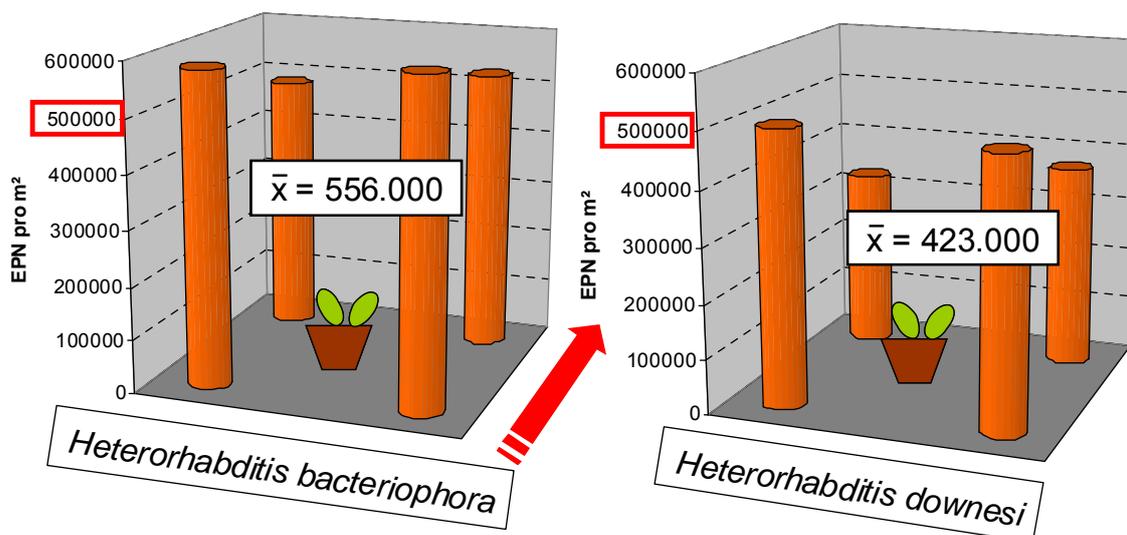
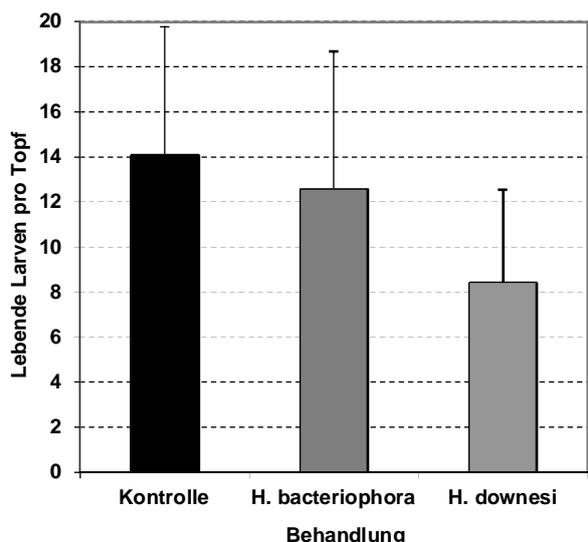


Abbildung 3.27: Mittlere Anzahl *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* pro m<sup>2</sup> Containerkulturfläche nach Ausbringung mit einem Gießwagen. Zielgröße: 500000 Nematoden/m<sup>2</sup>

Die Auswertung des Bekämpfungsversuchs gegen *O. sulcatus*-Larven im 2 l-Container ergab durchschnittlich 14,1 Tiere in der unbehandelten Kontrolle (Abbildung 3.28). In der Variante mit *Heterorhabditis bacteriophora* konnte mit 12,6 Larven pro Topf keine bedeutsame Reduktion der Käferlarven festgestellt werden. Bei *H. downesi* war der Effekt mit noch 8,5 *O. sulcatus*-Larven besser als bei *H. bacteriophora*. Trotzdem waren die Wirkungsgrade in diesem Versuch aus Sicht der Baumschulpraxis bei beiden Nematodenarten als nicht ausreichend zu bezeichnen.

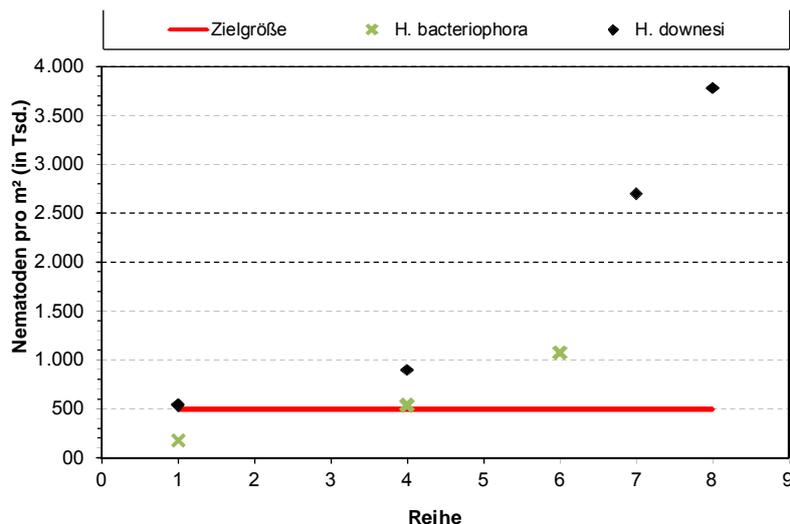


**Abbildung 3.28: Mittlere Anzahl lebender *Otiorhynchus sulcatus*-Larven im 2 l-Container *Euonymus. fortunei*, 28 Tage nach der Ausbringung von *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* (0,5 Mio./m<sup>2</sup>) mit einem Gießwagen (Fehlerbalken = Standardabweichung)**

Als Ursache für die niedrige Mortalität ist der ungünstige Witterungsverlauf während des Versuchszeitraums zu sehen. Die mittlere Lufttemperatur betrug in diesem Zeitraum 8,8°C und lag an mehreren Tagen sogar im Bereich des Gefrierpunktes. Die Wirksamkeit von *Heterorhabditis*-Arten ist unter solchen kalten Temperaturbedingungen herabgesetzt. Ferner wurde bei *H. downesi* die angestrebte Aufwandmenge von 0,5 Millionen pro m<sup>2</sup> mit durchschnittlich 423000 pro m<sup>2</sup> nicht erreicht. Auch kann eine Auswaschung der Nematoden durch die insgesamt 83 mm Niederschlag in diesem Zeitraum nicht ausgeschlossen werden. Im Hinblick auf diese ungünstigen Bedingungen, ist die Wirksamkeit von *H. downesi* sogar positiv zu bewerten.

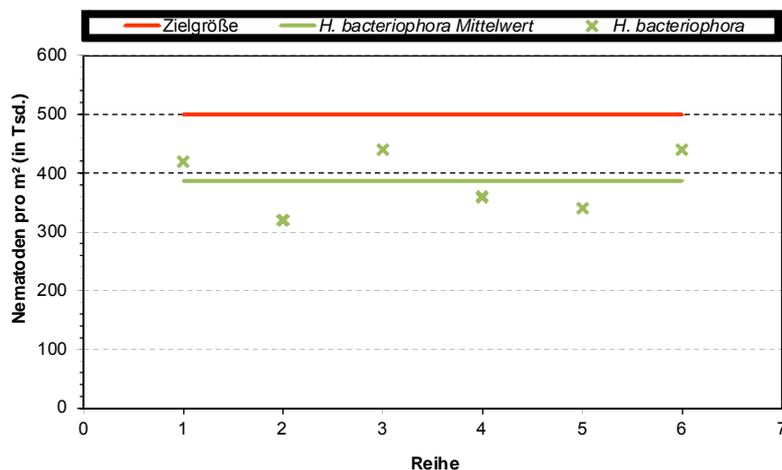
#### Gießwagen System II (2009)

Das Ergebnis des Versuchs zur Nematodenausbringung mit Gießwagen System II ist in Abbildung 3.29 dargestellt und zeigt, dass die Anzahl ausgebrachter Nematoden zum Ende der Fläche ansteigt. Besonders deutlich war das in der *H. downesi*-Variante. Dabei wurde die Zielgröße von 500000 Nematoden pro m<sup>2</sup> in der zweiten Hälfte der Versuchsparzelle eindeutig überschritten. Dieses kann zum einen darauf zurückgeführt werden, dass zunächst eine Verteilung der Nematoden in der Gießwagenverrohrung erfolgen muss, bevor eine gleichmäßige Ausbringungsmenge gewährleistet werden kann. Zum anderen wurde im vorliegenden Versuch nur eine sehr kleine Fläche von ca. 1 m<sup>2</sup> behandelt, so dass die Ergebnisse sehr ungenau und nicht auf größere Flächen übertragbar sind. Ferner waren die zwei Wiederholungen bei der Nematodenzählung verhältnismäßig gering und damit anfällig gegenüber Ausreißern.



**Abbildung 3.29: Mittlere Anzahl *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* pro m<sup>2</sup> bei der Ausbringung mit einem Gießwagen. Zielgröße: 500000 Nematoden/m<sup>2</sup>**

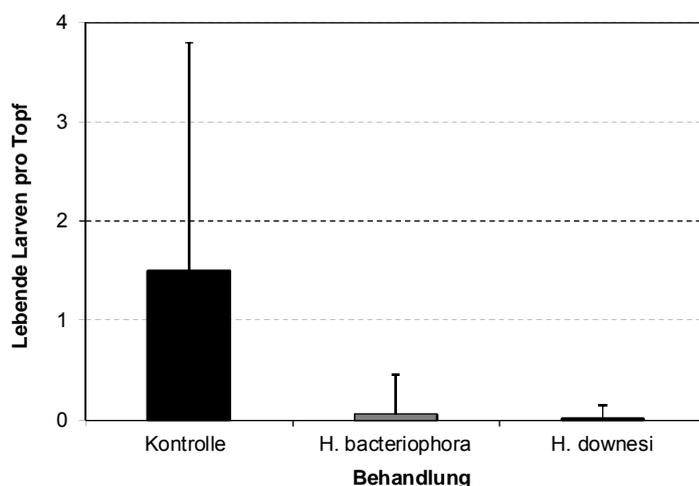
Bei der zusätzlich durchgeführten Nematodenapplikation mit *H. bacteriophora* wurde eine Fläche von 30 m<sup>2</sup> mittels Gießwagen behandelt und dort ebenfalls die Anzahl der lebend ausgebrachten Nematoden bestimmt. Wie Abbildung 3.30 zeigt, konnte auf der größeren Fläche eine wesentlich gleichmäßigere Verteilung der Nematoden erzielt werden, was die oben getroffene Annahme, dass eine gleichmäßige Verteilung nur auf einer größeren Fläche erreicht werden kann, bestätigt. Allerdings blieb die Anzahl der ausgebrachten Nematoden deutlich unter der angestrebten Zielgröße von 500000 Nematoden pro m<sup>2</sup>, obwohl die entsprechende Menge Nematodensuspension ausgebracht wurde. Dies lässt sich möglicherweise auf eine fehlerhafte Auszählung und Verluste bei dem Verdichten der Proben zurückführen.



**Abbildung 30: Mittlere Anzahl *Heterorhabditis bacteriophora* pro m<sup>2</sup> bei der Ausbringung mit einem Gießwagen auf 30 m<sup>2</sup> Containerkulturfläche. Zielgröße: 500000 Nematoden/m<sup>2</sup>**

Die Auswertung der Versuchspflanzen zur Überprüfung der Wirksamkeit der Nematodenbehandlungen erfolgte vom 01.10. bis zum 27.10.2009. Auffällig war, dass in diesem Versuch, im Gegensatz zu den oben beschriebenen Ergebnissen, insgesamt nur wenige Larven pro Topf gefunden wurden. In der Kontrolle wurden in allen 60 Töpfen zusammen nur 90 Larven gezählt, die sich alle im mittleren und großen Larvenstadium befanden. Wie Abbildung 31 zeigt, wurden in den mit *H. bacteriophora* (0,06) und *H. downesi* (0,02) behandelten Töpfen nur vereinzelt wenige Larven gefunden, so dass der

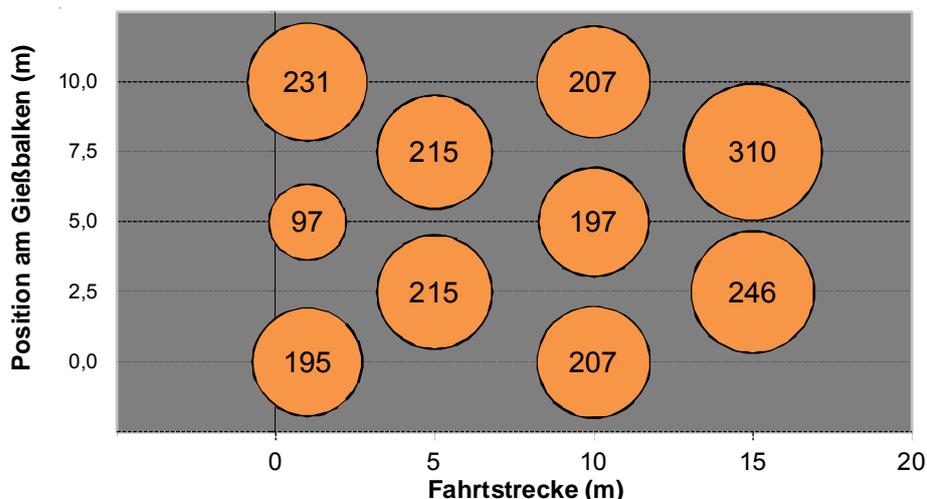
Wirkungsgrad, bezogen auf die Kontrolle, in beiden Behandlungen bei über 95 % lag. Der hohe Wirkungsgrad, insbesondere bei *H. bacteriophora*, ist zum einen darauf zurückzuführen, dass diese Variante zweimal behandelt wurde. Zum anderen wird vermutet, dass bereits in den Vorversuchen versehentlich Nematoden in allen Varianten appliziert wurden, obwohl diese nicht direkt mit Nematoden behandelt wurde. Allerdings wurde es nach den Vorversuchen versäumt, den Gießwagen und die Rohre zu spülen, so dass am nächsten Tag, bei der routinemäßigen Bewässerung über den Gießwagen, Reste der Nematodensuspension, die sich noch im Steigrohr befanden, auf die Fläche ausgebracht wurden. Dieses würde auch die geringe Anzahl an lebenden Larven in der Kontrolle erklären. Ein weiterer Grund könnte auch die möglicherweise mangelnde Qualität der applizierten Dickmaulrüsslereier zu Versuchsbeginn gewesen sein. Diese Vermutung lässt sich jedoch nur schwer bestätigen, da keine Vergleichswerte vorliegen. Trotz dieser Einschränkungen zeigte das Ergebnis, dass mit Hilfe der Applikation von Nematoden über Gießwagen Larven im Substrat von Containerpflanzen erfolgreich bekämpft werden konnten.



**Abbildung 3.31: Mittlere Anzahl lebender *Otiorynchus sulcatus*-Larven im 2 l Container *Taxus media* nach Ausbringung von *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* mit einem Gießwagen in der LVG Bad Zwischenahn (Fehlerbalken = Standardabweichung)**

#### Gießwagen System I (2010)

Die Überprüfung der Nematodenausbringung unter Praxisbedingungen ergab eine weitgehend gleichmäßige räumliche Verteilung der Nematoden auf der Containerkulturfläche (Abbildung 3.32). Lediglich nach einer Fahrtstrecke von 15 m musste an einer Stelle ein Anstieg der Nematodenkonzentration, von ursprünglich 213 auf 310, festgestellt werden. Diese Beobachtung lässt sich dadurch erklären, dass an dieser Position der Rest der Stammsuspension ausgebracht wurde, die durch Sedimentationsvorgänge etwas höher konzentriert gewesen ist. Die auffallend niedrige Konzentration von 97 Nematoden pro ml Gießwasser nach 1 m Fahrtstrecke in der Mitte des Gießbalken (siehe Abbildung 3.32), hatte ihre Ursache in einem kurzzeitigen "Herausspringen" des Ansaugschlauches des Dosiergerätes aus der Stammsuspension.



**Abbildung 3.32: Räumliche Verteilung der Konzentration von *Heterorhabditis bacteriophora* im Gießwasser (Nematoden/ml) auf einer Containerkulturfläche bei der Ausbringung mit einem Gießwagen. Zielkonzentration: 213 Nematoden/ml**

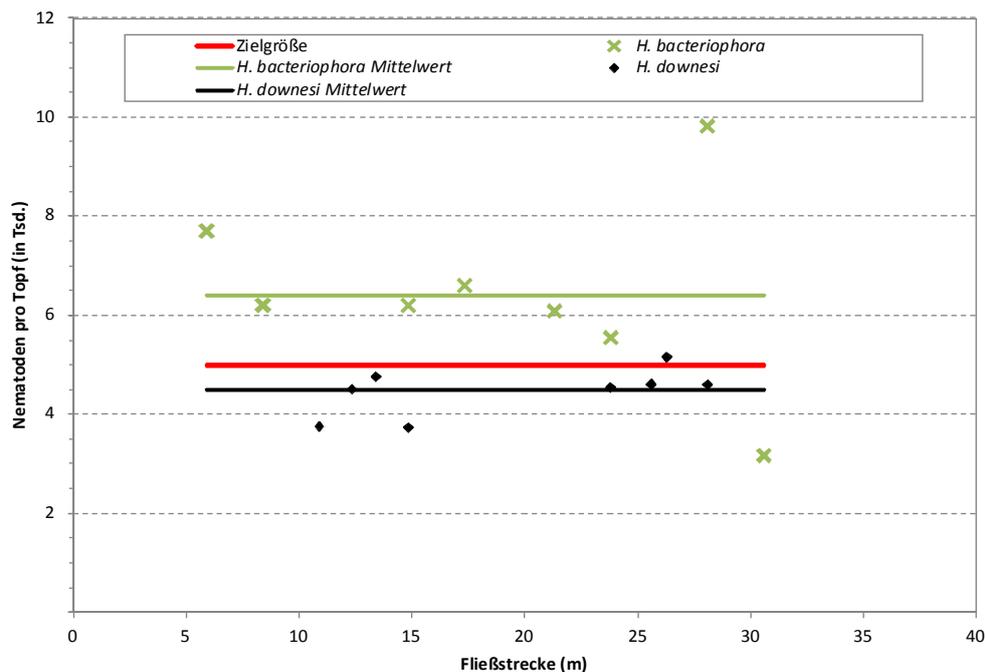
Eine Fehlprogrammierung in der Gießwagensteuerung führte außerdem dazu, dass die Nematodensuspension nicht mehr für die ursprünglich geplante Applikation über 20 m Fahrtstrecke ausreichte. Daher konnte lediglich die Fahrtstrecke zwischen 0 und 15 m ausgewertet werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass das getestete Ausbringungsverfahren eine praxistaugliche Methode für Gartenbaubetriebe darstellt. Gleichmäßige Nematodenkonzentrationen sind auch bei großflächiger Gießwagenausbringung gegeben. Im Versuch wurde eine Containerfläche von 150 m<sup>2</sup> erfolgreich behandelt.

#### Tropfbewässerung System I (2009)

Die Überprüfung der Nematodenausbringung ergab, dass die konzentrierte und mit Kleister stark andickten Nematodensuspension über das Dosiergerät eingespeist und im gesamten Bewässerungssystem relativ gleichmäßig verteilt werden konnten (Abbildung 3.33). Auch gelangten die Tiere lebend durch die druckkompensierenden Tropfer. Die eingestellte Zielkonzentration von 5000 Nematoden pro Topf wurde von *Heterorhabditis bacteriophora* mit durchschnittlich 6400 Nematoden überschritten. Die *H. downesi*-Variante erreichte sie fast mit 4500 Nematoden/Topf. Bei den geringen Fließgeschwindigkeiten einer Tropfbewässerung bestand die Gefahr der Sedimentation, sowohl im Leitungssystem als auch in der Stammsuspension vor dem Zudosieren. Insbesondere bei der Stammsuspension wurde dieses durch das Andicken mit Kleister erfolgreich verhindert. So waren am ersten Tropfer, 10,9 m vom Dosiergerät entfernt, 3800 Nematoden in der *H. downesi*-Variante festzustellen. Selbst am entferntesten Tropfer, der sich in 28,1 m Entfernung zum Dosiergerät befunden hat, betrug die Anzahl Nematoden im Probengefäß 4600 Individuen. Trotz stärkerer Streuung war dieser Trend auch bei *H. bacteriophora* zu erkennen. Die hintereinander liegenden, stark voneinander abweichenden Einzelwerte von 9800 und 3200 Nematoden/Topf wurden hier vermutlich durch eine Verstopfung im Tropfer verursacht.

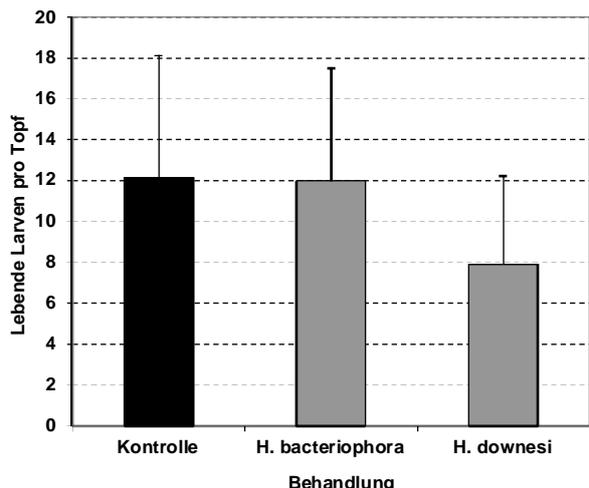
Ob der Kleister negative Auswirkungen auf das Bewässerungssystem oder die Kulturpflanzen hat, sollte langfristig beobachtet werden. Im Jahr 2009 trat noch keine Verstopfung nach der Applikation auf und es konnten keine negativen Effekte bei den Pflanzen beobachtet werden.



**Abbildung 3.33: Mittlere Anzahl *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* pro Topf in Abhängigkeit von der Entfernung zur Einspeisung bei der Ausbringung mit einer Tropfbewässerung. Zielgröße: 5000 Nematoden/Topf**

Bei der Ausbringung der Nematoden mit Hilfe der Tropfbewässerung konnte im Versuch mit *E. fortunei* nur bei *H. downesi* eine Wirksamkeit gegen die Larven von *O. sulcatus* im Wurzelballen festgestellt werden (Abbildung 3.34). Im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle, bei der durchschnittlich 12,2 lebenden Larven pro Topf gefunden wurden, waren in der *H. downesi*-Variante im Mittel noch 7,9 Larven am Leben. Diese Verringerung um 35% ist für die Gartenbaupraxis jedoch nicht ausreichend. Mit durchschnittlich 12,0 lebenden Larven war für *H. bacteriophora* keine Wirkung feststellbar. Der insgesamt unzureichende bzw. fehlende Bekämpfungserfolg lag wahrscheinlich in einer zu niedrigen Dosierung der Nematoden und der im Versuchszeitraum ungewöhnlich kalten Witterungsphase begründet. Unter diesen ungünstigen Bedingungen ist die Wirkung von *H. downesi* durchaus noch positiv zu werten.

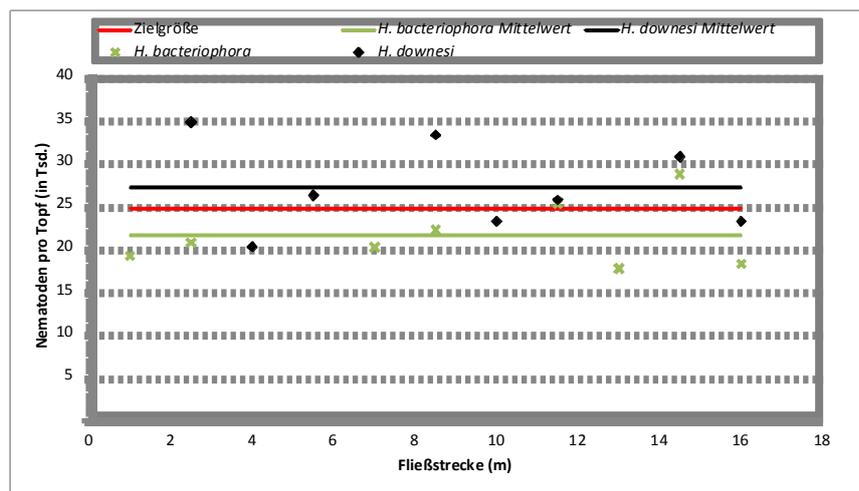
Bei der Auswertung wurden in mehreren Randtöpfen ungewöhnlich kleine Larven festgestellt, die bezüglich ihrer Entwicklung deutlich hinter der der übrigen Larven zurück lagen. Da es sich hierbei mit großer Wahrscheinlichkeit um einen sekundären Befall durch Käfer aus befallenen Randbeeten handelte, wurden diese Larven nicht in die Auswertung einbezogen.



**Abbildung 3.34: Mittlere Anzahl lebender *Otiorhynchus sulcatus*-Larven im 2 l Container *Euonymus fortunei*, 30 Tage nach der Ausbringung von *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* (5000 Nematoden/Topf) mit einer Tropfbewässerung (Fehlerbalken = Standardabweichung)**

#### Tropfbewässerung System II (2009)

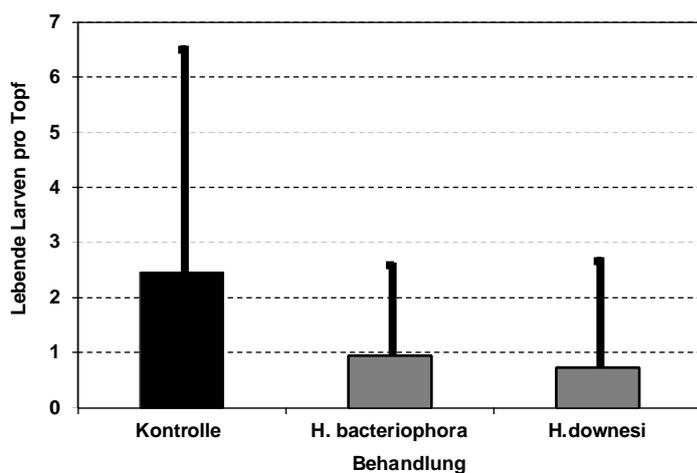
In den Untersuchungen der LVG Bad Zwischenahn traten bei der Überprüfung der Nematodenausbringung in Abhängigkeit von der Entfernung vom Einspeisepunkt ebenfalls Schwankungen auf. Im Mittel wurden bei der Behandlung mit *H. bacteriophora* ca. 21.000 Nematoden pro Tropfer ausgebracht und bei *H. downesi* etwa 27.000. Die Zielgröße lag bei 24.500 Nematoden pro Topf (rote Linie in Abbildung 3.35). Diese wurde bei der Behandlung mit *H. downesi* überschritten und mit *H. bacteriophora* annähernd erreicht. Insgesamt wurde auch hier eine befriedigende Applikation der Nematoden über die Tropfbewässerung in einem Bereich von < 2 bis 16 m erreicht. Auftretende Schwankungen könnten auch durch eine fehlerhafte Auszählung oder einen Verlust an Nematoden beim Verdichten der Proben verursacht worden sein.



**Abbildung 3.35: Mittlere Anzahl *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* pro Topf in Abhängigkeit von der Entfernung zur Einspeisung bei der Ausbringung mit einer Tropfbewässerung. Zielgröße: 24500 Nematoden/Topf**

Die Auswertung der Versuchspflanzen *Thuja occidentalis* 'Smaragd' zur Überprüfung der Wirksamkeit der Nematodenbehandlung erfolgte vom 30.10.09 bis zum 23.12.09. Sie stellte

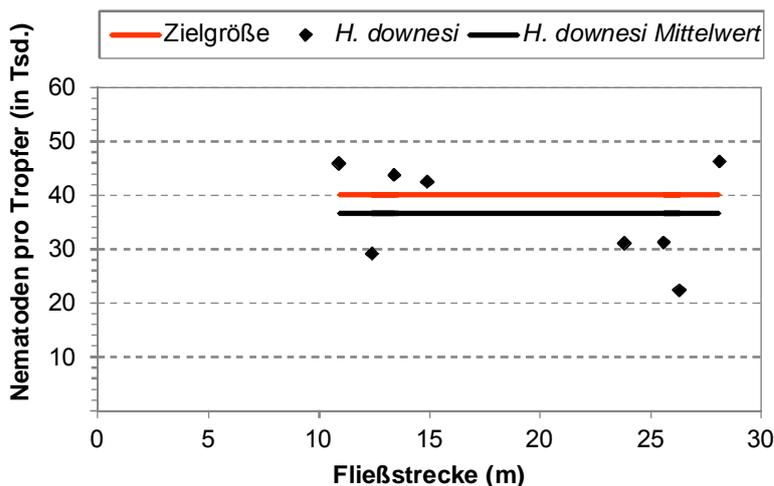
sich, aufgrund der starken Durchwurzelung des Topfballens und des großen Topfvolumens, als sehr zeitaufwändig heraus. Bei der Auswertung wurde in vielen Töpfen ein starker Besatz mit deutlich kleineren Käferlarven festgestellt. Mittels PCR-Analyse konnte dieser Sekundärbefall durch eine andere Art bestätigt werden. Daher wurden diese Larven in der Auswertung nicht weiter berücksichtigt. Betrachtet man die Anzahl Dickmaulrüsslerlarven in der unbehandelten Kontrolle (siehe Abbildung 3.36), so fällt mit durchschnittlich 2,5 Larven pro Topf und einer hohen Streuung eine unterdurchschnittliche Etablierung aus den insgesamt 40 ausgelegten Eier auf. In den Nematoden-Varianten waren die Larvenpopulationen deutlich dezimiert. Bei *Heterorhabditis bacteriophora* fanden sich pro Topf 1,0 Tiere wieder. Nur 0,7 Larven lagen in der *H. downesi*-Variante vor. Mit der Ausbringung der Nematoden über das Tropfbewässerungssystem II konnte ein, wenn auch nicht vollständiger, Bekämpfungserfolg erzielt werden.



**Abbildung 3.36: Mittlere Anzahl lebender *Otiorynchus sulcatus*-Larven im 7,5 l Container *Thuja occidentalis* 'Smaragd', nach der Ausbringung von *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* (24.500 Nematoden/Topf) mit einer Tropfbewässerung (Fehlerbalken = Standardabweichung)**

#### Tropfbewässerung System I (2010)

Die Überprüfung der Nematodenausbringung (Abbildung 3.37) ergab, dass die gewünschte Nematodenzahl bei der Ausbringung von *Heterorhabditis downesi* innerhalb der untersuchten Fließstrecke an allen Tropfstellen annähernd erreicht wurde (*H. bacteriophora* konnte aufgrund eines technischen Defekts nicht ausgebracht werden). Die mittleren Nematodenzahlen lagen in einem Bereich zwischen 22000 und 46000 Nematoden pro Tropfer. Die Abweichungen von der Zielgröße 40000 Nematoden pro Tropfer liegen in einem für Praxisbedingungen tolerierbaren Rahmen. Das Ergebnis bestätigt die erfolgreichen Ausbringungsversuche aus 2009.



**Abbildung 3.37: Mittlere Anzahl *Heterorhabditis downesi* pro Tropfer in Abhängigkeit von der Entfernung zur Einspeisung bei der Ausbringung mit einer Tropfbewässerung. Zielgröße: 40000 Nematoden/Tropfer**

Bei der Auswertung des Bekämpfungsversuchs von *O. sulcatus*-Larven mit *H. downesi* musste festgestellt werden, dass keine ausreichende Etablierung von Dickmaulrüssler-Larven in den Pflanzen stattgefunden hat. In der unbehandelten Kontrollvariante fanden sich in nur 7 der 60 Töpfe (= 11,5 %) Käferlarven gegenüber 2 Töpfen (= 3,3 %) in der *H. downesi*-Variante. Es waren insgesamt 23 Larven in der Kontrolle und 4 Larven in der mit *H. downesi* behandelten Variante. Obwohl diese Zahlen einen positiven Effekt durch den Nematodeneinsatz andeuten, war die Anzahl Larven deutlich zu gering, um damit belastbare Aussagen zur Nematodenwirksamkeit bei Applikation mit einem Tropfbewässerungssystem, zu treffen.

### 3.3.2. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

#### 3.3.2.1. Quantifizierung verschiedener *Otiorhynchus*-Arten an Kulturpflanzen sowie deren zeitliches Auftreten in Hinblick auf die Larven

Die Kenntnis des zeitlichen Auftretens der verschiedenen *Otiorhynchus*-Arten ist Voraussetzung für deren erfolgreiche biologische Bekämpfung mit entomopathogenen Nematoden. Eine detaillierte Darstellung des Nutzens bzw. der Verwertbarkeit findet sich in dem Teilvorhaben „Bodenrüssler als Schädlinge im Garten- und Hopfenbau – Erfassung des Artenspektrums und Untersuchungen zu Bekämpfungsmöglichkeiten als Grundlage zur Entwicklung gezielter Bekämpfungsstrategien“, Kapitel 1, Seite 7.

#### 3.3.2.2. Überprüfung der verschiedenen Nematodenarten bei simulierten Temperaturverläufen gegen die Larven von *Otiorhynchus sulcatus*

Untersuchungen zur temperaturabhängigen Wirksamkeit von Nematoden werden zumeist bei konstanten Temperaturen durchgeführt. In der Realität liegen Tagesgänge unterschiedlicher Ausprägung vor. Insbesondere an strahlungsreichen Tagen im zeitigen Frühjahr wechseln sich geeignete und ungeeignete Temperaturphasen ab. In dem Versuch betrug die Temperaturen 5 °C (12 Stunden), 7 °C (4 Stunden), 14 °C (4 Stunden) und 10°C (4 Stunden) für vier Wochen. Gegenüber der unbehandelten Kontrolle waren bei *S. kraussei* (- 34%), *H. downesi* (- 29%) und *H. megidis* (- 23%) leichte Wirksamkeiten festzustellen. Keine Wirkung zeigten sich in dem Versuch *H. bacteriophora*, *S. feltiae* und deren 1:1 Mischung. Zwar hatte *S. kraussei* bei den simulierten milden Wintertemperaturen die beste Wirksamkeit, doch für die gärtnerische Praxis wäre dieser Wirkungsgrad zu gering.

Der Nematode wird der Gartenbaupraxis jedoch für den Einsatz bei niedrigen Temperaturen ab 5°C empfohlen. Demnach hätten die Versuchsbedingungen für eine deutlichere Wirksamkeit reichen können, da entweder 5 °C vorlagen oder Temperaturen darüber. KÜHNEL fand sogar bei konstanten Temperaturen von 8 und 12 °C keine ausreichenden Wirksamkeiten. Unter vergleichbaren Bedingungen scheint die Eignung dieser Nematodenart nicht hinreichend gegeben zu sein. Anhand dieser Informationen sollte die Empfehlung für die Praxis kritisch überprüft werden und evtl. ein weiterer Versuch zur Absicherung der Ergebnisse durchgeführt werden.

Die Mortalität der Dickmaulrüsslerlarven in den Varianten *H. downesi* und *H. megidis* war für eine Nutzung in der Praxis ebenfalls zu gering. Interessant war aber, dass diese eher wärmeliebenden Arten trotzdem einen Effekt zeigten. Da die *Heterorhabditis*-Arten bei günstigen Temperaturbedingungen den *Steinernema*-Arten tendenziell überlegen sind, sollte geprüft werden, ob sich dort leichte Erhöhungen des Temperaturprofils möglicherweise proportional stärker bemerkbar machen. Bei KÜHNEL zeigte die Temperaturstufe 16 °C bei *H. bacteriophora* und *H. megidis*, gute Wirkungsgrade von ca. 90%; *S. feltiae* und *S. kraussei* lagen selbst bei 20 °C nur bei rund 70%. Deshalb sollte für die *Heterorhabditis*-Arten überprüft werden, ob Tageszyklen bis 16 °C und gleichzeitig geringere Nachtabenkungen von z.B. 8 °C bereits zu akzeptablen Wirkungsgraden führen. Die große Bedeutung des Faktors Temperatur beim Nematodeneinsatz schränkt die geeigneten Ausbringungstermine in der Praxis ein. Da die Bekämpfung der Dickmaulrüsslerlarven mit Nematoden auch vergleichsweise kostenintensiv ist, sollten hinsichtlich der erforderlichen Temperaturbedingungen die Anwendungsempfehlungen möglichst verlässlich sein. Dafür wären Temperaturmodelle der einzelnen Nematodenarten sehr hilfreich. Es könnten mittels Prognosen sinnvolle Bekämpfungszeitpunkte berechnet werden. Auch die Wirksamkeit bei Tagestemperaturzyklen ließe sich überprüfen. Da diese Informationen jedoch nicht vorliegen, wäre die Ermittlung von temperaturspezifischen Mindestzeiträumen für die Nematodenwirksamkeit ein hilfreicher Zwischenschritt. Dies wurde in dem Versuch zum „Effekt kurzer Erwärmungsphasen auf 16 °C“ untersucht.

Zur Steigerung der Wirksamkeit von Nematoden bei kühlen Tagestemperaturzyklen wäre auch eine Prüfung gesteigerter Aufwandmengen denkbar. Gleichzeitig sollte auch die Applikationsform berücksichtigt werden. So ist das Tauchen der Pflanzen eine sehr wirksame Ausbringungsform, bei der evtl. positive Kombinationseffekte erreicht werden könnten.

### **3.3.2.3. Effekte kurzer Erwärmungsphasen auf 16 °C auf die Wirksamkeit von *Heterorhabditis bacteriophora* gegen *Otiiorhynchus sulcatus***

Die Zeitspannen der Erwärmungsphasen von 2, 4, 6, 8, und 24 Stunden auf 16 °C reichten für *H. bacteriophora* nicht aus, um einen Bekämpfungseffekt gegen *O. sulcatus* zu erzielen. Die Hypothese, dass Nematoden möglicherweise eine relativ kurze Phase bei hinreichenden Temperaturen zur Parasitierung des Wirtes benötigen, konnte in diesem Versuch nicht belegt werden. Die Untersuchung sollte den Versuch zur Nematodenwirksamkeit bei simulierten Tagestemperaturverläufen ergänzen. Angestrebt wurden Aussagen über die Bedeutung der Höchsttemperaturen im Tagesgang bei der Parasitierung von *O. sulcatus*-Larven. Für den Fall, dass kurze Erwärmungsphasen einen sehr starken Einfluss auf den Bekämpfungserfolg haben, würde sich die Auswahl geeigneter Bekämpfungstermine zum Teil unterscheiden. So haben Wintertage mit einer hohen Temperaturamplitude häufig geringere Tagesmitteltemperaturen als solche mit niedrigen Schwankungen, deren mittlere Temperatur dann nicht selten höher liegt. Das vorliegende Ergebnis deutet jedoch darauf hin, dass bei der Wahl des Bekämpfungstermins eine Orientierung an den Tagesmittelwerten sinnvoll ist, bzw. an einer Temperatur, die an der überwiegenden Zeit des Tages überschritten wird. Grundsätzlich können Nematoden aber bei relativ kurzen Einwirkphasen deutliche Effekte haben. KÜHNEL (2010) stellte nach vier Tagen (erster Boniturtermin) bei

konstant 20 °C einen Wirkungsgrad von über 80% bei *H. bacteriophora* gegen *O. sulcatus* fest.

Mit dem gewählten Versuchsaufbau konnte nicht ausgeschlossen werden, dass es in der 16°C Phase zu Parasitierungen kam, aber aufgrund der nachfolgend sehr niedrigen Temperatur von 5 °C der Wirt noch nicht abgetötet wurde. Möglicherweise blieb ein solcher Effekt unerkant. Mit einer Stichprobe aus dem Versuchspflanzenbestand und deren Aufstellung bei höheren Temperaturen, nach den vier Wochen bei 5 °C, hätte dies überprüft werden können. Auch wegen der geringen Infektivität der Nematoden, die im Mehlwurm-Biotest festgestellt wurde, wären weitergehende Untersuchungen zu dieser praxisrelevanten Fragestellung von Interesse. Könnten für die entomopathogenen Nematoden „letale Zeitspannen“ bestimmt werden, lägen für die Gartenbauberatung und Praxis wertvolle Kenntnisse vor, hinsichtlich der Bekämpfbarkeit von *O. sulcatus*-Larven bei niedrigen Temperaturen im Tagesverlauf. Das Versuchsergebnis führt zu der Aussage, dass es durch kurze Erwärmungsphasen auf 16 °C zu keinen Bekämpfungseffekten mit *H. bacteriophora* kommt.

#### **3.3.2.4. Wirksamkeit der Nematoden gegen die Käfer von *Otiiorhynchus sulcatus* im Labor**

In dem Versuch konnte gezeigt werden, dass entomopathogene Nematoden unter geeigneten Bedingungen auch gegen Käfer des Gefurchten Dickmaulrüsslers wirksam sein können. *Steinernema carpocapsae* in Gelformulierung in Rillen einer Holzbrettunterseite als einziges Tagesversteck in einem Kunststoffkäfig mit Lüftungsschlitzen erwies sich mit 100% Mortalität als wirksam. Die eingesetzten Nematoden hatten in dem Käfig gezielt sehr günstige Versuchsbedingungen. Die umgebende Raumlufthtemperatur betrug im Mittel ca. 20°C und Kondenswasser in dem Käfig zeigte eine sehr hohe Luftfeuchte an. Für die geplante „Konstruktion einer Falle, zum Fang von Dickmaulrüssler-Käfern zur Bekämpfung mit Nematoden“ war der Nachweis einer grundsätzlichen Wirksamkeit notwendige Voraussetzung. Ob diese Bekämpfungsstrategie auch unter weniger günstigen Bedingungen funktioniert, konnte und sollte dieses Versuchsdesign noch nicht beantworten. Solche Fragen müssen in weiterführenden Tests geprüft werden. Ein weiterer wichtiger Aspekt wird dabei das Zusammenspiel mit der Ökologie und dem Verhalten des Käfers sein. So muss geklärt werden, wie lange die Käfer im Bereich des Gels verweilen müssen, also wie lange ein Parasitierungsvorgang, unter verschiedenen praxisnahen Bedingungen, dauert. Auch die Lebensdauer und die Infektivität der Nematoden im Gel sind zu klären. Ferner sollte überprüft werden, in welchem Umfang die Nematoden in das Substrat bzw. Boden abwandern und wie schnell dann Nematodendichten auftreten, die nicht mehr für eine Infektion der Käfer ausreichen.

Das Ergebnis liefert eine erforderliche Basisinformation für Versuchsansätze zu einer nicht-chemischen Käferbekämpfung mit Nematoden. Es gibt z.B. wissenschaftliche Überlegungen so genannte „lure and kill Strategien“ gegen Pflanzenschädlinge anzuwenden. Dabei findet die Bekämpfung nicht großräumig statt, sondern nur in dem Bereich, in den die Schädlinge zuvor gelockt wurden. Die Erweiterung der Bekämpfungsstrategien gegen den weltweit, wirtschaftlich bedeutenden Schädling *O. sulcatus*, ist für die gartenbauliche Praxis von großem Interesse.

Unabhängig von einer potenziellen, späteren Nutzung als Pflanzenschutzstrategie, ist das Untersuchungsergebnis als nennenswerte Grundlageninformation für die phytomedizinische Wissenschaft einzustufen, da es diesbezüglich bisher offensichtlich keine Erkenntnisse gab.

### 3.3.2.5. Konstruktion einer Falle für den Fang von Dickmaulrüssler-Käfern zur Bekämpfung mit Nematoden

Aufbauend auf den guten Bekämpfungserfolg von *Otiiorhynchus sulcatus* mit *Steinernema carpocapsae* unter Holzbrettern im Käfigversuch, wurden die Bretter als Fallensystem zuerst in einer gartenbaulichen Topfkultur im Gewächshaus getestet. Selbst bei hoher Brettdichte neben den Kulturpflanzen war im Versuchszeitraum von drei Wochen in keiner der drei Varianten ein Bekämpfungserfolg feststellbar. Das Ergebnis überrascht insofern, als das in den Fallenvarianten auch kein geringfügiger Effekt zu erkennen war. Da das Auslegen von Brettern als Monitoringmethode für Dickmaulrüssler grundsätzlich funktionieren kann, wäre mindestens eine schwache Wirkung zu erwarten gewesen. Auch zeigten die für Containerkulturen modifizierten Becherfallen (s. 3.2.1) in identischen 9 cm Viereckttöpfen, dass die Käfer sich mindestens im Nahbereich der genutzten Wirtspflanze bewegen. In dem Versuch hatten die Tiere offensichtlich hinreichend gute Verstecke an den Pflanzen, den Töpfen und den Topfpaletten. Auch wurden in den Leimbarrieren am Rand der einzelnen Versuchspartellen nur selten Tiere gefunden. Somit war der Aktionsradius der Käfer in dem Versuchszeitraum sehr gering und damit auch die Wahrscheinlichkeit des Aufsuchens der präparierten Bretter. Nach Informationen von VAN TOL (2012, mündliche Mitteilung) schwankt die Fängigkeit von Fallen stark, da sie vermutlich von vielen, teils unbekannt, Faktoren abhängt (z.B. Feuchte). Auch aus diesem Grund werden aktuell neue Fallensysteme für das Dickmaulrüsslermonitoring entwickelt und getestet. Das Versuchsergebnis zeigt deutlich, dass die getestete Strategie noch nicht geeignet ist, um Bekämpfungseffekte gegen Käfer von *O. sulcatus* in einem produktionsgartenbaulichen Pflanzenbestand zu erzielen. Hierfür müsste die Attraktivität der Bretter bedeutend gesteigert werden.

Ob eine Steigerung der Attraktivität der Bretter möglich ist, um die erwünschte Bekämpfungsstrategie weiter verfolgen zu können, sollte in einem möglichst praxisnahen Versuchsaufbau überprüft werden. Dieses geschah mit der Kombination von Lockstoffen und *S. carpocapsae*-Brettern. Ein Pflanzenbestand von 108 *Euonymus fortunei* auf einer Containerkulturfläche im Freiland umgab eine zentrale Pflanze im 5 l Container, die den (Fraß)Lockstoff enthielt und von Brettern auf der Topfoberfläche und an der Topfbasis umgeben war. Die ausgesetzten Käfer sollten in den Bereich der zentralen Pflanze gelockt und dort mit Hilfe der Bretter unter denen das Nematodengel war, bekämpft werden. Die Auswertung nach sechs Wochen ergab keine Unterschiede, weder im Grad der Pflanzenschädigung durch Blattfraß noch durch die Anzahl wiedergefundener, lebender Käfer. Somit konnten die Lockstoffe nicht die Attraktivität der Bretter erhöhen. Die Ursache ist nicht eindeutig erklärbar. Möglicherweise hat der Blattfraß der Käfer an den Versuchspflanzen eine Duftstoffwolke in der Parzelle erzeugt, die nicht von dem Fraßlockstoff unterschieden werden konnte bzw. in der Lockwirkung nicht von den Lockstoffen übertroffen werden konnte. Zusätzlich befanden sich die Lockstoffbehälter mit ihren sehr kleinen Öffnungsoberflächen mindestens 40 cm vom Boden entfernt. Gleichzeitig war der Versuchsstandort sehr windexponiert, was eine weitere negative Auswirkung auf den Aufbau einer Lockstoffwolke bzw. eines Gradienten zur zentralen Pflanze hätte. Auch der entgegengesetzte Fall kann nicht ausgeschlossen werden. Vielleicht waren die Lockstoffe für die Fläche der Versuchspartelle zu hoch dosiert und es konnte auf diese Weise von den Käfern kein Gradient innerhalb der Parzelle erkannt werden. Laut VAN TOL (2012, mündliche Mitteilung) sind genaue Distanzwirkungen oder unterschiedliche Dosierungen noch nicht hinreichend untersucht.

Anhand der zwei durchgeführten Bekämpfungsversuche gegen Käfer von *O. sulcatus* mit *S. carpocapsae* in Gartenbaukulturen ist festzustellen, dass trotz der prinzipiellen Wirksamkeit der Nematoden gegen die Käfer, der Schritt zur Entwicklung eines praxistauglichen Verfahrens im Rahmen des FuE-Vorhabens noch nicht möglich war. Hier ist zunächst noch weitere Versuchs- und Optimierungsarbeit zu leisten. Die erarbeiteten Ergebnisse stellen dafür aber eine wichtige, erste Grundlage dar, auf der dann aufgebaut werden kann. Sowohl der Nematoden- als auch der Lockstoffproduzent haben Interesse an weiterführenden Untersuchungen signalisiert.

### 3.3.2.6. Überprüfung der Wirksamkeit von Nematoden gegen die Larven von anderen Arten der Gattung *Otiiorhynchus*

In diesem Teil des FuE-Vorhabens wurde erstmals unter standardisierten, reproduzierbaren Bedingungen die Wirksamkeit verschiedener Nematodenarten gegen die Dickmaulrüsslerarten *O. armadillo*, *O. dieckmanni*, *O. porcatus* und *O. salicicola* überprüft. Hervorzuheben ist die parallele Testung von 6 Nematodenarten in einem Versuch. Außerdem wurde neben den kommerziell verfügbaren *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. megidis*, *Steinernema carpocapsae*, *S. feltiae* und *S. kraussei* auch *H. downesi* untersucht, zu dem bisher kaum Erfahrungen vorliegen. Bei gleichzeitiger Betrachtung der vier Untersuchungsergebnisse ergibt sich ein recht einheitliches Bild. Mit den *Heterorhabditis*-Arten wurden bei allen Käferlarven gute bis sehr gute Bekämpfungserfolge erzielt. Die Reduktion der Larven im Vergleich zur Kontrolle lag in 7 von 12 Fällen über 90%. Bemerkenswert ist *H. downesi*, der in keinem Versuch durch eine andere *Heterorhabditis*-Art übertroffen wurde. In zwei Versuchen verringerte *H. bacteriophora* die Larven um 52 bzw. 74%. Hier wäre eine weitere Überprüfung interessant, da ein Mehlwurm-Biotest auf eine schlechte Nematodencharge hindeutete, also möglicherweise keine Minderwirkung bei den entsprechenden *Otiiorhynchus*-Arten vorliegt.

Die *Steinernema*-Arten zeigten in der Tendenz unterdurchschnittliche Wirksamkeiten. In den Untersuchungen mit *O. armadillo*, *O. dieckmanni* und *O. salicicola* lag die Verringerung der Larven in einem Bereich zwischen 12% (*S. kraussei* bei *O. armadillo*) und 53% (*S. carpocapsae* bei *O. salicicola*). Davon Abweichend war die Situation bei *O. porcatus*, wo die Larven nicht nach natürlicher Entwicklung aus Eiern etabliert wurden, sondern durch das Ablegen von Larven. Bei einer insgesamt niedrigen Anzahl von 3,4 Larven in der Kontrolle, zeigten alle Nematoden eine gute Wirkung. Die Reduktion der Larven lag zwischen 74% (*S. carpocapsae* und *H. bacteriophora*) und 100% (*S. feltiae*).

Für die Bewertung des Versuchsaufbaus hinsichtlich der Parasitierungsbedingungen der eingesetzten Nematoden ist festzuhalten, dass dieser grundsätzlich als gut geeignet zu beurteilen ist. So waren insbesondere die konstante Temperatur um ca. 20 °C, das kleine Topfvolumen, eine relativ gleichmäßige Substratfeuchte und die direkte Ausbringung der Nematoden auf die Substratoberfläche positiv zu werten. Zwar wurde die in der Praxis empfohlene Konzentration von 0,5 Mio. Nematoden pro m<sup>2</sup> etwas unterschritten, doch durch die zuvor erwähnte direkte Applikation auf das Substrat, entfielen Verluste durch das Anhaften von Nematoden auf der Pflanzenoberfläche. Somit war hier nicht von einem wirkungsmindernden Effekt auszugehen. Möglicherweise hätte eine längere Einwirkphase der Nematoden als die gewählten drei Wochen, noch zu einer größeren Anzahl Parasitierungen geführt (sekundäre Freisetzung von Nematoden). Zusätzlich hätten bei der Auswertung tote, nicht deutlich verfärbte Larven mit Parasitierung vielleicht besser zugeordnet werden können. Da die *Heterorhabditis*-Arten jedoch in dem gewählten Zeitraum z.T. sehr deutliche Wirkungen zeigten, erscheint es denkbar, dass es auch durch eine Verlängerung der Einwirkphase der Nematoden nicht zu wesentlich besseren Wirkungsgraden gekommen wäre. Insgesamt war der Versuchsaufbau gut zur Beantwortung der vorliegenden Fragestellung geeignet.

Grundsätzlich waren die Rahmenbedingungen für die Versuchsdurchführung als schwierig zu bezeichnen, da wenige oder keine Informationen zur Quantität und Zeitpunkt der Eiablage der *Otiiorhynchus*-Arten vorlagen. Auch war unbekannt, ob und wie lange sich die Larven im Substrat entwickeln. Trotz aufwendiger Insektenzuchten mussten die Versuche kurzfristig und mit dem jeweils vorhandenen Material durchgeführt werden. Vor diesem Hintergrund sind die umfangreichen neuen Informationen sehr beachtenswert. Sie können prinzipiell als eine neue Entscheidungshilfe dienen.

Es schließt sich die Frage an, wie erfolgreich sich die Bekämpfung unter Praxisbedingungen im Freiland darstellen würde. Dort haben dann u.a. die lokalen Klima-, Boden- und Substratverhältnisse einen Einfluss auf den Bekämpfungserfolg. Von größter Bedeutung ist aber der korrekte Bekämpfungszeitpunkt für die verschiedenen *Otiiorhynchus*-Arten. Diese Informationen wurden in dem Teilvorhaben „Bodenrüssler als Schädlinge im Garten- und Hopfenbau – Erfassung des Artenspektrums und Untersuchungen zu Bekämpfungsmöglichkeiten als Grundlage zur Entwicklung gezielter Bekämpfungsstrategien“, Kapitel 1 erarbeitet. Für allgemeinere Aussagen zum Praxiseinsatz und Wirksamkeit wären entsprechende, weiterführende Untersuchungen, z.B. an natürlichen Befallsstandorten interessant und notwendig. Eine ordnungsgemäße Ausbringung vorausgesetzt, ist aber eine gute Wirkung im Praxiseinsatz, besonders durch die *Heterorhabditis*-Arten, als wahrscheinlich zu bezeichnen.

Letztlich kann mit diesen neuen Ergebnissen die wirksame, nicht-chemische Bekämpfungsmethode von *O. sulcatus* mit Hilfe von Nematoden auf vier weitere *Otiiorhynchus*-Arten erweitert werden. Die ökonomische Bedeutung und das Schadpotenzial dieser Arten wurden in diesem Teilvorhaben nicht untersucht und bewertet.

### **3.3.2.7. Prüfung verschiedener Bewässerungssysteme zur Ausbringung von Nematoden**

#### Gießwagen

Die Ausbringung von Nematoden wurde an zwei verschiedenen Gießwagensystemen überprüft und gleichzeitig ein Bekämpfungsversuch gegen die Larven von *O. sulcatus* durchgeführt. Bei dem System I handelt es um ein Gießwagen, der häufig in der Praxis anzutreffen ist und den aktuellen Stand der Technik darstellt. Da in einigen Gartenbaubetrieben auch weniger moderne Bewässerungstechnik zum Einsatz kommt, war die parallele Testung eines älteren Modells vorgesehen. System II stellt ein solches Gerät dar. Beide Gießwagen ließen sich mit geringem technischen und finanziellen Aufwand für eine Einspeisung der Nematoden modifizieren. In beiden Fällen wurde ein fachhandelsübliches Proportionaldosiergerät eingebaut. Die bei neueren Bewässerungssystemen häufig vorhandenen Flüssigdüngereinspeisungen könnten grundsätzlich auch geeignet sein. Zu hohe Arbeitsdrücke und sehr weite Fließstrecken über zentrale Pumpenhäuser könnten evtl. deren Nutzung einschränken. Mit beiden überprüften Gießwagen konnten die Nematoden lebend und weitestgehend gleichmäßig auf die Zielfläche gebracht werden. Mit System I war dieses sowohl auf einer kleinen Versuchsparzelle (2,1 m<sup>2</sup>) als auch großflächig, über die gesamte Containerkulturfläche (150 m<sup>2</sup>), möglich. Bei System II ergab sich auf der kleinen Versuchsparzelle z.T. eine deutliche Überschreitung der geplanten Zielgröße. Möglicherweise waren die Nematoden zu diesem Zeitpunkt noch nicht gleichmäßig im Rohrsystem des Wagens verteilt. Dieses wird vermutet, da die großflächige Ausbringung auch hier eine recht gleichmäßige Verteilung über die geprüften 30 m<sup>2</sup> zeigte. Unabhängig vom genutzten System ist für eine gleichmäßige Ausbringung grundsätzlich die Verhinderung des Absinkens der Nematoden in der Stammsuspension wichtig. Dieses kann durch kräftiges manuelles Rühren gewährleistet werden oder, falls vorhanden, mit Rührwerken. Das Einblasen von Luft durch Belüftungssteine (Aquaristik) funktionierte bei System I nur mit geringen Sedimentationseffekten. Das Andicken der Stammsuspension mit Kleister stellt prinzipiell auch eine Möglichkeit dar. Bevor diese Methode der Praxis empfohlen werden kann, wäre zuvor aber eine Prüfung von Auswirkungen auf Bewässerungssystem und Pflanzen notwendig. In System II wurden im Versuch keine negativen Effekte beobachtet.

Die Überprüfung der Bekämpfung von Dickmaulrüsslerlarven bei Ausbringung von *Heterorhabditis bacteriophora* und *H. downesi* über einen Gießwagen, war unterschiedlich erfolgreich. Bei System I führte *H. bacteriophora* zu keiner bedeutenden Verringerung der Larven gegenüber der Kontrolle. Mit fast 40% weniger Larven zeigte *H. downesi* aber einen deutlichen Effekt. Der Grund für die geringe Wirkung liegt wahrscheinlich in den niedrigen

Temperaturen sowie hohen Niederschlägen (Auswaschung) im Versuchszeitraum. Unter diesem Aspekt, ist die Reduzierung der Larven durch *H. downesi* noch positiv zu werten. Der Bekämpfungsversuch mit dem Gießwagensystem II führte zu einer fast vollständigen Eliminierung der Dickmaulrüsslerlarven durch die beiden *Heterorhabditis*-Arten (0,06 bzw. 0,02 Larven pro Topf). Dieser erfolgreichen Bekämpfung ist aber hinzuzufügen, dass auch in der Kontrolle relativ wenige Tiere zu finden waren. Ferner wurden zwei Applikationen mit Nematoden vorgenommen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass Gartenbaubetrieben, die mit Gießwagen bewässern, ein effizientes Verfahren zur Nematodenausbringung zur Verfügung steht. Sowohl das neue als auch ein älteres Gießwagensystem brachten die Nematoden, bei einer großflächigen Applikation, gleichmäßig auf die zu behandelnde Fläche aus. Wichtig war in beiden Systemen die Verhinderung der Sedimentation der Nematoden in der konzentrierten Stammsuspension. Tritt bei einem Gießwagen generell eine stark ungleichmäßige Wasserverteilung auf, ist auch von einer entsprechenden Ungenauigkeit der Nematodendosierung auf der Zielfläche auszugehen. Problematisch ist dabei jedoch nur die Unterdosierung, da eine Überschreitung der Nematodenkonzentration für Pflanze und Umwelt unbedenklich sind. Unterdosierungen können dagegen Minderwirkungen zur Folge haben.

#### Tropfbewässerung

An zwei verschiedenen Tropfbewässerungssystemen wurde die Ausbringung von Nematoden überprüft und gleichzeitig ein Bekämpfungsversuch gegen die Larven von *O. sulcatus* durchgeführt. System I hatte mit 30,6 m eine fast doppelt so lange maximale Fließstrecke wie System II. Beide Systeme arbeiteten mit identischen, druckkompensierenden 8 l Tropfern. Ähnlich wie bei den getesteten Gießwagen, ließen sich auch die Tropfbewässerungssysteme mit geringem technischen und finanziellen Aufwand für eine Einspeisung der Nematoden modifizieren. In beiden Fällen wurde ein fachhandelsübliches mobiles Proportionaldosiergerät integriert. Die Eignung einer Tropfbewässerung mit druckkompensierenden Tropfen, zur Ausbringung von Nematoden, konnte sowohl mit System I als System II bestätigt werden. Zum einen gelangten die Tiere lebend durch die Tropfer, zum anderen war die gleichmäßige Verteilung in entsprechender Konzentration auf den untersuchten Containerkulturflächen gegeben. Die unabhängig von der Fließstrecke gleichbleibende Nematodenkonzentration überraschte positiv, da aufgrund der relativ niedrigen Fließgeschwindigkeiten ein Sedimentationseffekt nicht auszuschließen war. In Praxisbetrieben finden sich häufig Tropfbewässerungssysteme mit noch längeren Fließstrecken. Ob dort die gleichmäßige Verteilung ebenfalls gewährleistet ist, müsste in einem entsprechenden Versuch überprüft werden.

Wie bei den Gießwagensystemen ist auch bei der Tropfbewässerung eine gleichbleibende Nematodenkonzentration in der Stammsuspension sehr wichtig. Hier konnte ebenfalls ein Absinken der Nematoden durch das Andicken mit Kleister verhindert werden. Hinsichtlich einer Praxisempfehlung dieses Verfahrens ist, genau wie bei der Gießwagenausbringung, eine Überprüfung von potenziellen negativen Auswirkungen auf Bewässerungssystem und Pflanzen anzuraten. Im Rahmen der Projektversuche wurden bisher keine negativen Effekte beobachtet. Seitens der Versuchsansteller wird vermutet, dass die Nutzung von Kleister unproblematisch ist, zumal sie jährlich nur an wenigen Terminen erfolgt.

Die Bekämpfung der Dickmaulrüsslerlarven mit Nematoden bei einer Ausbringung mit der Tropfbewässerung ergab ein ähnliches Resultat, wie die fast zeitgleich durchgeführten Gießwagenversuche. In System I zeigte *H. bacteriophora* keinen Effekt, während die *H. downesi*-Variante 33% weniger Larven enthielt, als die Kontrolle. Als Ursache für die unzureichende Wirkung ist auch hier die ungünstige Witterungssituation anzunehmen. Der Bekämpfungsversuch mit Tropfbewässerung II erzielte eine Verringerung auf durchschnittlich 0,95 bzw. 0,73 Larven pro Topf bei der Nematodenbehandlung. Hier ist eine deutliche Wirkung des Nematodeneinsatzes erkennbar. Zu berücksichtigen ist dabei der generell

niedrige Besatz mit Larven in der Kontrolle und die starke Streuung. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse kann insgesamt von einer guten Eignung von Tropfbewässerungssystemen zur Ausbringung von Nematoden ausgegangen werden. Verglichen mit einer flächigen Applikation ist dieses Verfahren auch kostengünstiger, da sich der Nematodenbedarf nach den Topfoberflächen berechnet und keine Nematoden in den Bereich zwischen die Töpfe gelangen. Die Untersuchungen warfen die Frage auf, wie gleichmäßig die Verteilung der Nematoden innerhalb des Topfes ist, da sie zunächst in die „Feuchte-Zwiebel“ des Tropfers gelangen (und in Trockenphasen evtl. dort bleiben). Insbesondere bei großen Töpfen ist fraglich, ob Parasit und Wirt sich in gleichen Bereichen aufhalten, was für eine erfolgreiche Parasitierung zwingend erforderlich ist. Möglicherweise sind Niederschlagsphasen, die zu einer gleichmäßigen Feuchte innerhalb des Topfes führen, für die homogene räumliche Verteilung der Nematoden notwendig. Dieser Aspekt sollte in Versuchen geklärt werden, da er einen wesentlichen Einfluss auf die Wirkungsgrade unter Praxisbedingungen haben könnte.

Abschließend ist festzuhalten, dass für Tropfbewässerungssysteme der getesteten Größenordnung von einer Eignung dieser Ausbringungsform unter Praxisbedingungen ausgegangen werden kann.

### 3.4. Zusammenfassung

Im Rahmen eines vierjährigen Forschungs- und Entwicklungsvorhabens wurde zwischen 2008 und 2012 an der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abteilung Gartenbau in Ellerhoop an der „Optimierung und Erweiterung des Nematodeneinsatzes gegen Dickmaulrüssler (Otiiorhynchinae) und andere Bodenschädlinge“ gearbeitet. Das breite Spektrum der durchgeführten Versuche reichte von Ausbringungsverfahren bis zur Entwicklung völlig neuer Bekämpfungsstrategien. Dabei lag der Fokus auf angewandten, praxisnahen Fragestellungen für die Gartenbauproduktion im Allgemeinen und dem Baumschulbereich im Speziellen. Die hohe Relevanz der Untersuchungen liegt in dem weltweit großen, Schadpotenzial des Gefurchten Dickmaulrüsslers, *Otiiorhynchus sulcatus*, an vielen Kulturpflanzen begründet. Wirtschaftlich beträchtliche Schäden können durch die im Substrat lebenden Käferlarven und deren Fraß an Wurzeln und Wurzelhals entstehen. Die biologische Bekämpfung mit insektenpathogenen Nematoden stellt grundsätzlich ein wirksames Verfahren gegen diesen Schädling dar.

Ein umfangreiches Monitoring zum zeitlichen und mengenmäßigen Auftreten von Dickmaulrüssler-Arten in Baumschulen erfolgte über einen Zeitraum von drei Jahren unter Federführung von Dr. P. Sprick, Curculio-Institut, Hannover. Dazu wurde in den Anbauregionen Holstein und Ammerland (Kooperationspartner LVG Bad Zwischenahn) in jeweils 5 Gartenbaubetrieben bzw. Parks Fallen aufgestellt und regelmäßig beprobt.

Niedrige Temperaturen beeinflussen die Wirksamkeit von Nematoden negativ. Trotzdem fallen einige Bekämpfungstermine in der Gartenbaupraxis in Jahreszeiten mit potenziell ungünstigen Temperaturbedingungen. Da jedoch Untersuchungsergebnisse, die unter Bedingungen mit konstanten Temperaturen ermittelt worden sind, nicht direkt auf die realen Bedingungen im Gewächs- oder Folienhaus, in denen unterschiedliche Temperaturzyklen die Regel sind, übertragbar sind, wurde bei einem Versuch im Klimaschrank ein typisches Temperaturprofil aus einem Folienhaus im März nachgestellt (5 – 7 – 14 – 10 °C für 12 – 4 – 4 – 4 Stunden). Im Rahmen dieses Versuchs wurden die Nematoden *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. downesi*, *H. megidis*, *Steinernema feltiae*, *S. kraussei* und *H. bacteriophora* + *S. feltiae* (1:1 Mischung) geprüft, die jeweils mit einer Aufwandmenge von 2500 Nematoden pro 9 cm Vierecktopf ausgebracht wurden. 28 Tage nach der Applikation der Nematoden war die Anzahl der Larven von *O. sulcatus* lediglich bei *S. kraussei* (34%), *H. downesi* (29%) und *H. megidis* (23%) gegenüber der unbehandelten Kontrolle leicht reduziert.

In einem ergänzenden Versuch hatte *H. bacteriophora* bei kurzen Erwärmungsphasen von 2, 4, 6, 8, und 24 Stunden auf 16 °C keinen Effekt gegen *O. sulcatus*, wenn vor- und nachher 5 °C vorherrschen (2500 Nematoden pro 9er Topf).

Im Rahmen eines Käfigversuchs konnte die Wirksamkeit von *Steinernema carpocapsae* gegen adulte Käfer von *O. sulcatus* nachgewiesen werden. Die Nematoden wurden in einer gelartigen Formulierung in Rillen auf die Unterseite von Holzbrettern angedrückt. Diese Bretter standen zwei Wochen in einer Kunststoffbox als Unterschlupf zur Verfügung, bei mittleren Temperaturen von ca. 20 °C und sehr hoher Luftfeuchte. Während in der Kontrolle keine Käfer starben, waren es bei *S. carpocapsae* 100%.

Diese neue Bekämpfungsstrategie wurde zunächst im Gewächshaus in einer Kultur *Euonymus fortunei* auf Praxistauglichkeit getestet. Es konnte jedoch kein Unterschied zur Kontrolle bezüglich der Anzahl Fraßspuren bzw. wiedergefundener Käfer beobachtet werden. Der Pflanzenbestand bot den Käfern offenbar ausreichende Versteckmöglichkeiten, so dass in einem zweiten Versuch die Kombination der Bretter mit zwei verschiedenen Lockstoffen aussichtsreich erschien. Innerhalb einer 2 m<sup>2</sup> großen Parzelle mit *E. fortunei* befand sich eine zentrale Pflanze mit dem Lockstoffbehälter, die vollständig von Brettern mit *S. carpocapsae* umgeben war. Auch in diesem Freilandversuch konnte nach 6 Wochen kein Bekämpfungserfolg festgestellt werden. Von daher ist weitere Entwicklungsarbeit dringend notwendig, bis die Käferbekämpfung mit Hilfe von Nematoden Praxisreife erzielt.

Da über die Wirksamkeit von Nematoden gegen die Larven von *Otiiorhynchus armadillo*, *O. dieckmanni*, *O. porcatus* und *O. salicicola* kaum Informationen vorliegen, wurden *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. downesi*, *H. megidis*, *Steinernema carpocapsae*, *S. feltiae* und *S. kraussei* im Klimaschrankversuch getestet. Nach der Ausbringung von 2500 Nematoden pro 9 cm Vierecktopf standen die Pflanzen für 3 bis 4 Wochen bei 20 °C, 16 Stunden Licht, 85% relativer Luftfeuchte und möglichst gleichmäßiger Substratfeuchte. Die *Heterorhabditis*-Arten zeigten überall gute bis sehr gute (> 90%) Wirksamkeiten, insbesondere *H. downesi*. Bei den *Steinernema*-Arten war die Verringerung der Larvenzahlen gegenüber der Kontrolle maximal 53%, zumeist aber deutlich darunter. Eine Ausnahme lag bei *O. porcatus* vor. Dort zeigten alle Nematoden deutliche Effekte (abweichendes Versuchsdesign).

Wirtschaftlichkeit wird auch bei der Ausbringung von Nematoden angestrebt. Überprüft wurde die Einspeisung in die Bewässerungssysteme Gießwagen und Tropfbewässerung. Die unterschiedlichen Systeme in Ellerhoop und der LVG Bad Zwischen konnten mit geringem Aufwand durch den Einbau von Proportionaldosiergeräten entsprechend erweitert werden. Über Zudosierung aus konzentrierten Nematodenstammssuspensionen konnten auf den gesamten Kulturflächen überwiegend gleichmäßige Konzentrationen erzielt werden. In den parallel durchgeführten Bekämpfungsversuchen von *O. sulcatus*-Larven mit *H. bacteriophora* und *H. downesi*, die mit Hilfe der Bewässerung ausgebracht wurden, war die Anzahl Larven unterschiedlich stark reduziert. Im direkten Vergleich wirkte *H. downesi* besser als *H. bacteriophora*.

Die durchgeführten Arbeiten wurden von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) und dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) gefördert.

### 3.5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Die Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen ist in Tabelle 3.12 dargestellt.

**Tabelle 3.12: Geplante und erreichte Ziele des FuE-Vorhabens „Optimierung und Erweiterung des Nematodeneinsatzes gegen Dickmaulrüssler (Otiiorhynchinae) und andere Bodenschädlinge“**

Geplantes Ziel	Erreichtes Ziel
Monitoring von <i>Otiiorhynchus</i> -Arten - Fallen aufstellen, kontrollieren, Fänge einsenden (Curculio-Institut)	Laut Plan Weiterer Optimierungsbedarf für Fallen auf Containerkulturflächen
Überprüfung der Wirksamkeit entomopathogener Nematoden unter simulierten milden Winterbedingungen gegen <i>O. sulcatus</i>	Laut Plan. Wirksamkeiten nicht ausreichend, auch bei kurzen 16 °C Warmphasen. Weiterer Forschungsbedarf
Bekämpfung der Käfer von <i>O. sulcatus</i> - Nematodenwirksamkeit im Labor - Konstruktion einer Falle - ggf. Einführung in die Praxis	Laut Plan Nematodenwirksamkeit und Fallenkonstruktion. Praxisreife in 2 Versuchen noch nicht erreicht. Weitere Tests mit Lockstoffkombination erforderlich
Überprüfung der Wirksamkeit entomopathogener Nematoden gegen Larven des Mai- und Junikäfers im Labor, ggf. Freiland	2008 und 2009 keine Larvenstandorte über Pflanzenschutzdienst / Beratung erhalten. In Absprache mit der Projektkoordination keine Weiterführung zu Gunsten der Rüsselkäfer-Versuche
Überprüfung der Wirksamkeit entomopathogener Nematoden gegen Larven anderer <i>Otiiorhynchus</i> -Arten	Laut Plan
Prüfung von Tropf- und Gießwagenbewässerung zur Ausbringung von Nematoden, Bekämpfung der Larven von <i>O. sulcatus</i>	Laut Plan. Erfolgreiche Ausbringung. Wirkungsgrade bei der Bekämpfung teilweise nicht befriedigend
Weiterentwicklung gängiger Bekämpfungsstrategien, Überprüfung beim Anwender	Transfer der Ergebnisse an die Baumschulberatung und Praktiker in Informationsveranstaltungen. Überprüfung beim Anwender bisher nicht erforderlich
Anfertigung Zwischen- und Abschlussbericht, 6 Projekttreffen	Laut Plan

### 3.6. Literaturverzeichnis

BELTZ, H. (1994a): Mit Exhibit G 25 dem Dickmaulrüssler an den Kragen. Deutsche Baumschule 46, S. 312 - 314.

BELTZ, H. (1994b): Bio 1020 im Freiland erfolgreich gegen Dickmaulrüssler-Larven. Versuche im deutschen Gartenbau 1994, Band Baumschule, Obstbau S. 62-63

BELTZ, H. (2001): Bio 1020 Neu wirkte gegen Dickmaulrüsslerlarven nicht immer ausreichend. Versuche im deutschen Gartenbau 2001, Band Baumschule, Obstbau S. 35-36

BRAUN, J. (2002): Abschlussbericht I zum Projekt: Umweltschonende Baumschulproduktion. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Gartenbau, pp. 98

BRAUN, J. (2004): Abschlussbericht II zum Projekt: Umweltschonende Baumschulproduktion. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Gartenbau, pp. 97

BRAUN, J. (2005) Wirkung von *Heterorhabditis bacteriophora*, *Steinernema feltiae* und *kraussei* auf Dickmaulrüssler-Larven. In: Versuchs- und Beratungsring Baumschulen e.V. (2005) Jahresbericht

COWLES, R.S., POLAVARUPU, S., WILLIAMS, R.N., THIES, A. & R.-U. EHLERS (2005): Soft fruit applications. In: Grewal, P., Shapiro-Ilan, D., Ehlers, R.-U. (Eds.) Nematodes as Biocontrol Agents. CABI Publishing Wallingford, UK 231-254.

E-Nema (ohne Jahr): Mit welchen Nematoden gegen Dickmaulrüssler? Information zur Wirkung entomopathogener Nematoden auf Dickmaulrüssler bei niedrigen Bodentemperaturen.

HACHMANN (2007): Pflgetipps – Dickmaulrüssler. <http://www.hachmann.de/bh-pflgetipp/image-dickmaul/bh-dickmaulressler> (Stand 27.11.2007)

HANULA, J.L. (1993): Vertical distribution of black vine weevil (Coleoptera: Curculionidae) immatures and infection by entomogenous nematodes in soil columns and field soil. J. Econ. Entomol. 86(2). 340-347

KÜHNEL, A., NEUBAUER, C., JORDAN, B. & HEITMANN, B. (2010): Wirkung verschiedener entomopathogener Nematoden gegenüber *Otiiorhynchus sulcatus* in Abhängigkeit von der Temperatur. Julius-Kühn-Archiv. 57 Deutsche Pflanzenschutztagung. Heft 428, 443

SHAPIRO-ILAN, D.I., DUNCAN, L.W., LACEY, L.A. & HAN, R. (2005): Orchard Applications. In: Grewal, P., Shapiro-Ilan, D., Ehlers, R.-U. (Eds.) Nematodes as Biocontrol Agents. CABI Publishing Wallingford, UK 215-229.

VAN TOL, R.W.H.M. & GWYNN, R. (2005) Field Efficacy Testing. In: Grunder, J.M. (ed.) Quality control of entomopathogenic nematodes, COST Action 819. AGROSCOPE FAW, Wädenswil, Switzerland

VAN TOL, R.W.H.M. & M.J. RAUPP (2005): Nursery and tree applications. In: Grewal, P., Shapiro-Ilan, D., Ehlers, R.-U. (Eds.) Nematodes as Biocontrol Agents. CABI Publishing Wallingford, UK 167-190.

### 3.7. Bisherige Publikation der Ergebnisse

#### VERÖFFENTLICHUNGEN

UFER, T, A. PETERS und A. WREDE (2010): Use of the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* against the adult stage of *Otiiorhynchus sulcatus*. Journal for Plant Disease and Protection 117(2), 89

UFER, T, A. PETERS und A. WREDE (2010): Wirksamkeit von *Steinernema carpocapsae* gegen Käfer des Gefurchten Dickmaulrüsslers. Versuche im deutschen Gartenbau / Baumschule, Obstbau 22, Rheinischer Landwirtschafts-Verlag, Bonn

#### POSTER

UFER, T. und A. WREDE (2010): Optimierung und Erweiterung des Nematodeneinsatzes gegen Dickmaulrüssler (Otiiorhynchinae) und andere Bodenschädlinge. IPM, 26.-29.01.2010, Essen

UFER, T, P. SPRICK und A. WREDE (2011): Wirksamkeit verschiedener entomopathogener Nematodenarten der Gattungen *Heterorhabditis* und *Steinernema* spp. gegen die Larvenstadien von *Otiiorhynchus armadillo*, *O. salicicola* und *O. dieckmanni*. DGG-BHGL-Jahrestagung, 23.- 26.03.2011, Hannover

#### VORTRÄGE

UFER, T, A. PETERS und A. WREDE (2009): Einsatz von *Steinernema carpocapsae* gegen adulte *Otiiorhynchus sulcatus*. Tagung des Arbeitskreises Nutzarthropoden und entomopathogene Nematoden, 24.-25.11.2009, Ellerhoop-Thiensen

UFER, T. (2010): Neue Möglichkeiten bei der Dickmaulrüsslerbekämpfung. 1. Holsteiner Versuchsnachmittag, 19.08.2010, Ellerhoop-Thiensen

WREDE, A. (2011): Bekämpfung Dickmaulrüssler – aktuelle Trends. Wintertagung BdB Landesverband Hannover, 19.01.2011, Hannover-Ahlem

WREDE, A. (2011): Bekämpfung Dickmaulrüssler – aktuelle Trends. Jahreshauptversammlung Versuchs- und Beratungsring Baumschulen e.V. Schleswig-Holstein, 08.02.2011, Ellerhoop-Thiensen

UFER, T. (2011): Bekämpfung der Käfer des Gefurchten Dickmaulrüsslers mit insektenpathogenen Nematoden. 2. Holsteiner Versuchsnachmittag, 11.08.2011, Ellerhoop-Thiensen

UFER, T. (2012): Wirksamkeit verschiedener *Heterorhabditis*- und *Steinernema*-Arten gegen die Larvenstadien von *Otiiorhynchus*-Arten. Versuchsbeirat Baumschule der Landwirtschaftskammern Schleswig-Holstein und Niedersachsen, 13.02.2012, Ellerhoop-Thiensen

## 4. Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

Förderkennzeichen: 2808HS002  
Institut: Forschungsanstalt Geisenheim, Fachgebiet Phytomedizin  
Projektleitung: Prof. Dr. Annette Reineke  
Bearbeitung: Jacqueline Hirsch, Dr. Gerhard Kubach

### 4.1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

Ziel des vorliegenden Projektes war es, unterschiedliche Strategien zur biologischen Bekämpfung des Gefurchten Dickmaulrüsslers *Otiorhynchus sulcatus* in Staudenkulturen zu erarbeiten. Hierbei sollte eine Kombination von mechanischen Verfahren sowie biologischen Präparaten (entomopathogene Pilze und Nematoden) eingesetzt werden. Voruntersuchungen in dem ausgewählten Gartenbaubetrieb zeigten, dass neben *O. sulcatus* noch weitere, als Schädlinge in Betracht kommende *Otiorhynchus*-Arten im Freiland vorkamen, deren Biologie im Rahmen des Projektes näher untersucht werden sollte. Ein Schwerpunkt der zu erarbeitenden Pflanzenschutzstrategien sollte auf dem Einsatz entomopathogener Pilze liegen, wobei zusätzlich Daten zur Persistenz entomopathogener Pilze im Substrat gewonnen werden sollten.

#### 4.1.1. Planung und Ablauf des Vorhabens

Für das vorliegende Projekt wurden zu Beginn verschiedene Meilensteine definiert, welche im Verlauf der vier Projektjahre erreicht werden sollten.

Um ganzjährig genügend Rüsselkäfer für Infektionsversuche mit entomopathogenen Pilzen zur Verfügung zu haben, war im ersten Versuchsjahr (2008) als **Meilenstein 1** der Aufbau einer Dickmaulrüssler-Laborzucht vorgesehen. Im selben Jahr sollte ebenfalls damit begonnen werden, das *Otiorhynchus*- sowie Antagonisten Artenspektrum in dem ausgewählten Gartenbaubetrieb zu erfassen (**Meilenstein 2**). Dieses Monitoring sollte in den folgenden Projektjahren fortgesetzt werden und außerdem dazu dienen, Erkenntnisse über die Phänologie, die Populationsstärke und das Ausbreitungsverhalten der einzelnen, im untersuchten Betrieb vorkommenden *Otiorhynchus*-Arten zu gewinnen. Parallel dazu sollten verschiedene Fallentypen zum Käferfang eingesetzt und auf ihre Fängigkeit hin überprüft werden (**Meilenstein 3**). Als weitere Bekämpfungsstrategie sollten künstlich geschaffene Barrieren getestet werden (**Meilenstein 3**).

Um die Empfindlichkeit unterschiedlicher Entwicklungsstadien von *O. sulcatus* und anderen *Otiorhynchus*-Arten gegenüber den unterschiedlichen entomopathogenen Pilzen (*Beauveria bassiana* Stamm ATCC 74040 (Naturalis®), *Paecilomyces fumosoroseus* (aktuelle Systematik: *Isaria fumosorosea* Stamm Apopka 97 (PreFeRaI® WG) und *Metarhizium anisopliae* Stamm Ma43 (Synonym: *M. anisopliae* var. *anisopliae* BIPESCO 5/F52 welcher z. B. in den Produkten GranMet-P® und BIO 1020 enthalten ist) zu testen, sollten zunächst in den Versuchsjahren 2008 und 2009 Infektionsversuche im Labor durchgeführt werden (**Meilenstein 4**). Aufgrund von Schwierigkeiten bei der Zucht von bestimmten *Otiorhynchus*-Arten sowie der begrenzten Anzahl an gefangenen Tieren aus dem Freiland, wurden diese Versuche in den Versuchsjahren 2010 und 2011 fortgesetzt. Da sich die Wirksamkeit von entomopathogenen Pilzen im Labor und im Freiland unterscheiden

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

kann, waren für die Versuchsjahre 2009 und 2010 Feldversuche zur Ermittlung des Wirkungsgrades entomopathogener Pilze gegenüber *O. sulcatus* geplant (**Meilenstein 5**). In dem ausgewählten Gartenbaubetrieb verursachten jedoch hauptsächlich die Arten *O. dieckmanni*, *O. raucus* und *O. rugosostriatus* Schäden. Auf Grund dessen wurden im Jahr 2010 Freilandversuche mit diesen Arten durchgeführt und im Versuchsjahr 2011 fortgesetzt. Im Versuchsjahr 2009 bis 2011 sollte zudem der Wirkungsgrad einer gemeinsamen Applikation von entomopathogenen Pilzen und Nematoden gegenüber *O. sulcatus* an getopften Erdbeerpflanzen (**Meilenstein 6**) und unter Freilandbedingungen in Bankbeeten (**Meilenstein 7**) durchgeführt werden.

Zusätzlich zu den genannten Versuchen waren Experimente zur Ökologie von entomopathogenen Pilzen geplant. Dazu sollte als **Meilenstein 8** die Persistenz entomopathogener Pilze nach Applikation im Freiland sowie deren Wirkung auf Bodenbegleitpilze (**Meilenstein 9**) untersucht werden.

#### 4.1.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Rüsselkäfer der Gattung *Otiorhynchus* Germar (Coleoptera: Curculionidae) können als adulte Käfer durch ihren Blattfraß an Blüten und Blättern ihrer Wirtspflanze sowie als Larven durch Wurzelfraß erhebliche Schäden in Gärtnereien, Baumschulen, öffentlichen Parkanlagen, Privatgärten etc. verursachen. Unter den *Otiorhynchus*-Arten gilt der Gefurchte Dickmaulrüssler *Otiorhynchus sulcatus* weltweit als bekanntester Vertreter dieser Gattung mit einem hohen Schadpotential an zahlreichen gartenbaulichen Kulturpflanzen (Smith 1932, Warner & Negley 1976).

Ab Mai bzw. Juni beginnen die flugunfähigen, nachtaktiven Jungkäfer aus ihren im Boden befindlichen Puppen zu schlüpfen (Abbildung 4.1, A). Sie vollführen zunächst einen Reifungsfraß, der die typischen halbmondförmigen, gebuchteten Blattränder zur Folge hat (Abbildung 4.1, B). Von Juli bis in den Spätsommer legen die nachtaktiven Käfer ihre Eier (ca. 800) in feuchtes, humoses Erdreich nahe ihrer Wirtspflanzen bzw. gezielt in der Nähe des Wurzelhalses ab (Klingler 1959) (Abbildung 4.1, C). Dabei erfolgt die Fortpflanzung von *O. sulcatus* parthenogenetisch, also ohne Befruchtung der Eier durch männliche Käfer. Anfang August schlüpfen die fußlosen, relativ immobilen Larven, die nur eine Distanz von wenigen Zentimetern zurückzulegen können. Sie folgen einem CO<sub>2</sub>-Gradienten als Reizquelle zu den Pflanzenwurzeln (Klingler 1958) und verursachen dort durch Fraßaktivität im September und Oktober den Herbstschaden (Abbildung 4.1, D und E). Über Winter fressen die Larven nicht mehr (Klingler 1959) und ziehen sich in tiefere Bodenschichten zurück (Abbildung 4.1, F). Mit steigenden Temperaturen werden sie im Frühjahr wieder aktiv und fressen weiter, um sich gegen April bzw. Mai zu verpuppen (Abbildung 4.1, G).

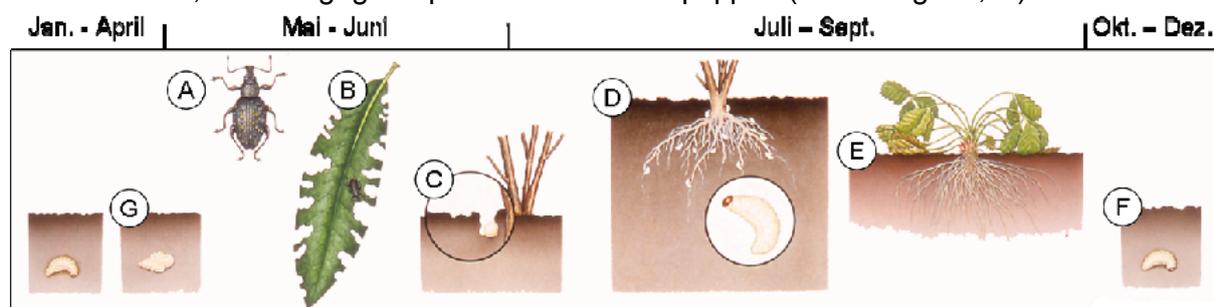


Abbildung 4.1: Schematischer Lebenslauf des Gefurchten Dickmaulrüsslers *O. sulcatus* (Griegel 2009, verändert nach Hirsch, 2012). (A) Adulter Käfer. (B) Typischer buchtenförmiger Fraßschaden, der durch adulte Tiere an Blättern verursacht wird. (C) In den Boden abgelegte Eier. (D) An den Wurzeln fressende Larven. (E) Der Wurzelfraß der Larven kann zum Absterben der Wirtspflanzen führen. (F) Überwinternde Larve. (G) Puppe des Gefurchten Dickmaulrüsslers.

In Gewächshäusern kann sich dieser Jahreszyklus entsprechend der Temperaturverhältnisse stark verschieben. Zudem können an geschützten, warmen Standorten auch die Käfer überwintern, die ihre Eier dann entsprechend früh (Mai) ablegen, wobei die Larven dann

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

bereits im Juni schlüpfen. Die Lebensdauer adulter Tiere liegt sowohl im Freiland als auch unter Gewächshausbedingungen bei etwa 7-12 Monaten (Bogs & Braasch 1988). In den letzten Jahren verdichteten sich die Hinweise, dass neben dem Gefurchten Dickmaulrüssler auch mehrere andere *Otiorhynchus*-Arten wie zum Beispiel der Erdbeerwurzelrüsselkäfer *Otiorhynchus ovatus* oder der Rauhe Lappenrüssler *Otiorhynchus raucus* in gartenbaulichen Betrieben vorkommen und dort z. T. erheblichen Schaden verursachen können. Hierbei sind die im Boden lebenden *Otiorhynchus* Larven bzw. die nachtaktiven Käfer, die sich tagsüber in Verstecken aufhalten, mit Insektiziden grundsätzlich nur schwer zu bekämpfen. Als praktikabel erwies sich das morgendliche Absammeln der Käfer aus zusätzlich angebotenen Schlupfwinkeln, wie z. B. alten Holzbrettern oder mit Heu ausgekleideten Tontöpfen. Bei welkenden Pflanzen besteht insbesondere bei Topfpflanzen die Möglichkeit, die Larven aus dem Wurzelwerk herauszusuchen. Diese Maßnahmen eignen sich allerdings hauptsächlich für den Haus- und Kleingartenbereich und sind für den Erwerbsgartenbau als zu zeitaufwendig und zu wenig effektiv einzuschätzen.

Rüsselkäfer der Gattung *Otiorhynchus* weisen eine Vielzahl an natürlichen Feinden wie z. B. Vögel, Laufkäfer, parasitische Dipteren und Hymenopteren sowie entomopathogene Nematoden und Pilze auf (Zimmermann 1981, Moorhouse et al. 1992). In gartenbaulichen Systemen reicht die Anzahl an natürlichen Feinden häufig nicht aus, um die *Otiorhynchus* Population unter der ökonomischen Schadschwelle zu halten. Gut untersucht und in der Praxis mittlerweile etabliert ist die biologische Bekämpfung der Larven des Gefurchten Dickmaulrüsslers mittels entomopathogener Nematoden der Gattung *Heterorhabditis* (*H. bacteriophaga*, *H. megidis*) und *Steinernema kraussei* (Fitters et al. 2001, Haukeland 2006, Lola-Luz & Downes 2007). Die Nematoden werden hierbei in wässriger Lösung direkt auf das Bodensubstrat der befallenen Pflanzen ausgebracht, suchen die Larven der Dickmaulrüssler aktiv im Boden auf und dringen in sie ein. Dabei übertragen sie ein Bakterium, das sich in der Dickmaulrüsslerlarve vermehrt und sie so zum Absterben bringt. Gleichzeitig vermehren sich auch die Nematoden in der Larve und verlassen diese, um neue Larven zu suchen oder im Boden zu überdauern. Der günstigste Einsatzzeitpunkt für Nematoden im Freiland liegt zwischen Mitte April und Mitte Oktober, bei Bodentemperaturen über 12°C. Nach der Ausbringung der Nematoden muss das behandelte Substrat für ca. 2 Wochen lang feucht gehalten werden. Für eine effektive Regulierung benötigt man mindestens 5.000 Nematoden pro Liter Topfinhalt, bei einer flächigen Ausbringung 500.000 Nematoden pro Quadratmeter (Schmutterer & Huber 2005). Damit belaufen sich die Kosten für eine Nematodenapplikation auf ca. 22 €/100 m<sup>2</sup>, wobei mit einer ein bis zweimaligen Ausbringung in einem Zeitraum von mindestens 2 Jahren zu rechnen ist.

Neben den Nematoden können zur biologischen Bekämpfung des Gefurchten Dickmaulrüsslers auch entomopathogene Pilze eingesetzt werden. Marchal (1977) isolierte aus natürlichen *O. sulcatus* Populationen sechs verschiedene Pilzarten: *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., *B. brongniartii* (Sacc.) Petch, *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok., *M. flavoviride* Gams et Rozsypal, *Paecilomyces farinosus* (Dickson ex Fries) Brown et Smith und *P. fumosoroseus* (Wize) Brown et Smith (wobei *P. farinosus* und *P. fumosoroseus* nach aktueller Systematik zur Gattung *Isaria* gezählt werden und daher als *I. farinosa* und *I. fumosorosea* bezeichnet werden). Zahlreiche Infektionsversuche belegten später die hohe Virulenz verschiedener Pilzisolates der genannten Arten gegenüber sämtlichen Entwicklungsstadien von *O. sulcatus* (Zimmermann 1981, einen Überblick gibt Beck 1996). Beck (1996) untersuchte die Möglichkeit der biologischen Bekämpfung von *O. sulcatus* mit dem entomopathogenen Pilz *M. anisopliae* in Rosenkulturen unter Glas und konnte zeigen, dass unter Laborbedingungen insbesondere Larven eine hohe Mortalität aufwiesen, während bei Eiern und adulten Tieren beträchtliche Wirkungsunterschiede bestanden. Puppen zeigten eine vergleichsweise hohe Resistenz. Für den Einsatz von *M. anisopliae* unter Gewächshausbedingungen in Schnittrosenbeständen empfiehlt Beck (1996) Sporendosierungen ab 10<sup>11</sup> Sporen/m<sup>2</sup>, die einen Wirkungsgrad von >80% ergaben. Außerdem liegen erste Untersuchungen über den kombinierten Einsatz von *M. anisopliae* und Insektiziden (Shah et al. 2007) bzw. die Eignung von *M. anisopliae* in erdelosen Kulturen (Bruck 2005) vor. Diese Ansätze haben bisher jedoch noch nicht Praxisreife erlangt. Bislang gibt es außerdem kaum Angaben darüber, ob die gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler wirksamen und in der

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

Praxis größtenteils etablierten Bekämpfungsstrategien, wie z.B. der Einsatz von entomopathogenen Nematoden, auch gegenüber anderen Rüsselkäferarten greifen. Selbiges gilt auch hinsichtlich der Wirksamkeit von Präparaten auf Basis von entomopathogenen Pilzen gegenüber den verschiedenen *Otiorhynchus* Arten.

*Otiorhynchus*-Arten sind als adulte Tiere morphologisch zumeist gut voneinander zu unterscheiden. Im Larvalzustand ist eine Artbestimmung anhand äußerlicher Merkmale dagegen nahezu unmöglich. Zu Beginn des Projektes stand keine Methode zur Verfügung, *Otiorhynchus* Larven bzw. juvenile Entwicklungsstadien von *Otiorhynchus* spp. bis zur Art zu bestimmen. Allerdings ist die exakte Artbestimmung eine Grundvoraussetzung zur Entwicklung effektiver Bekämpfungsstrategien, einerseits da die Arten eine unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber entomopathogenen Nematoden und Pilzen aufweisen können (siehe Kapitel 4.3.1.5), andererseits weil die jahreszeitliche Bekämpfung die unterschiedlichen Phänologien der Arten berücksichtigen muss (siehe Kapitel 4.3.1.2).

In den vergangenen Jahren traten vermehrt endosymbiotische Bakterien von Insekten in den Fokus der Entwicklung neuer Pflanzenschutzstrategien (Zindel et al. 2011). Bereits Buchner (1953) dokumentierte das Auftreten von endosymbiotischen Bakterien bei der Gattung *Otiorhynchus*. Die Arbeiten von Stenberg & Lundmark (2004), Son et al. (2008) und Lachowska et al. (2010) belegen das Vorkommen von Bakterien der Gattung *Wolbachia* in *Otiorhynchus* spp. Desweiteren gehen Son et al. (2008) davon aus, dass das Vorhandensein von Wolbachien in *O. sulcatus* wichtig ist für die Oogenese. Bis auf die genannten Arbeiten ist jedoch wenig über das Endosymbiontenspektrum sowie über die Funktion bakterieller Endosymbionten bekannt. Erkenntnisse darüber könnten jedoch in Zukunft zur Erarbeitung neuer Bekämpfungsstrategien gegenüber Rüsselkäfern der Gattung *Otiorhynchus* beitragen. Neben der pathogenen Entwicklung in ihrem Wirtsinsekt sind entomopathogene Pilze auch in der Lage, saprophytisch im Boden zu überdauern (Bruck 2010). Neuere molekulare Untersuchungen weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass entomopathogene Pilze eher an bestimmte Habitattypen als an die jeweiligen, im Habitat vorkommenden Wirtsinsekten angepasst sind (Bidochka et al. 2002). Dies könnte eine mögliche Erklärung für das ausgesprochen hohe Ausmaß an genetischer Diversität bei entomopathogenen Pilzstämmen sein, das durch eine Vielzahl von Studien belegt wurde (Rehner et al. 2011). Informationen, inwieweit sich bestimmte Genotypen entomopathogener Pilze in unterschiedlichen Habitaten möglicherweise dauerhaft etablieren können, liegen bislang nicht vor, sind aber eine wichtige Voraussetzung für die Bewertung der Praxistauglichkeit von Pilzpräparaten, die häufig zwar auf derselben Pilzart, aber unterschiedlichen Genotypen basieren.

## 4.2. Material und Methoden

### 4.2.1. Erfassung des *Otiorhynchus*- und Antagonisten-Spektrums in einem ausgewählten Gartenbaubetrieb (Meilenstein 2)

Zur Erfassung des *Otiorhynchus*- und Antagonistenspektrums (insbesondere Laufkäfer) in einem Gartenbaubetrieb (Schiersteiner Blumengroßhandel, Wiesbaden) wurden in den Versuchsjahren 2008 – 2011 sowohl Tot- als auch Lebendfallen eingesetzt. Die Fallenfänge dienten außerdem dazu, Informationen zur Phänologie, zur Populationsgröße sowie zum Ausbreitungsverhalten der einzelnen *Otiorhynchus*-Arten zu sammeln (siehe dazu auch Kapitel 4.2.2).

Auf dem Gelände des „Schiersteiner Blumengroßhandels“ südlich von Wiesbaden wurden im **Untersuchungsjahr 2008** ein Pfingstrosen- sowie ein angrenzender Rutenhirsebestand auf ihre Rüsselkäferbestände hin untersucht. Hierbei fand die Barberfallen-Methode, der Fang der Käfer mittels Bodenfallen (Totfallen), Anwendung, wobei zwischen dem 18. April und dem 23. Oktober 2008 insgesamt 24 Bodenfallen in einem Fallenrechteck mit einer Größe von etwa 35 auf 25 m exponiert wurden (Abbildung 4.2). Neben den gefangenen *Otiorhynchus* Käfern wurden auch alle Beifänge (potentielle Antagonisten) erfasst.

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand



Abbildung 4.2: Fallenfeld (2008) mit 24 Bodenfallen (Totfallen, grüne Kreise) in Päonie und Rutenhirse auf dem Gelände des Schiersteiner Blumengroßhandels (blaue Markierung: Teilflächen mit und ohne Verfrühung; gelbe Markierung: 20 m langer Schneckenzaun als Barriere) (Aufnahme: Luftbild Google Maps).

In insgesamt vier Reihen bzw. Transekten (Abstände ca. 10 m) wurden jeweils 6 Fallen (Abstände ca. 5 m, zwischen der 2. und 3. Falle nur 2 m) in Rutenhirse (2 Fallen) und in Päonie (4 Fallen) eingesetzt (Abbildung 4.2). Als Fallen fungierten transparente 400-ml-Plastikbecher mit einer Öffnungsweite von 8,3 cm, die ebenerdig eingegraben und mit einer Konservierungsflüssigkeit aus etwa 3 bis 5%-iger Essigsäure mit einigen Tropfen Spülmittel als Detergens beschickt wurden.

Da vorab davon ausgegangen wurde, dass ggf. Wanderungen von Rüsselkäfern zwischen Rutenhirse- und Pfingstrosenbestand stattfinden würden, wurden zwei Fallenreihen bzw. Transekte an der Grenze zwischen diesen beiden Nutzungstypen mittels eines Schneckenzauns unterbrochen (der Schneckenzaun sollte als mechanische Barriere für die Rüsselkäfer fungieren) (Abbildung 4.2).

Die Kontrolle der Bodenfallen erfolgte in etwa 14-tägigem Abstand, zum Teil wurden die Fallen jedoch auch in kürzeren Abständen kontrolliert bzw. wenn nötig (z. B. nach stärkeren Regenfällen oder heißer Witterung, nach Bodenbearbeitungsmaßnahmen etc.) gewechselt. Insgesamt ergaben sich über den gesamten Zeitraum gerechnet 16 einzelne Fangperioden. Als weitere Variante waren zwei Fallenreihen in (mit Hilfe eines Vlieses) verfrühter Päonie, zwei weitere in nicht verfrühter Päonie exponiert (Abbildung 4.2).

Zur Erfassung der Rüsselkäferfauna im **Versuchsjahr 2009** fand zum einen die bereits im Untersuchungsjahr 2008 eingesetzte Barberfallen-Methode (Totfallen) Anwendung, wobei zwischen dem 01. April und dem 07. Oktober 2009 insgesamt 8 Barberfallen in einem Fallenrechteck mit einer Größe von etwa 35 auf 12 m exponiert waren (Abbildung 4.3). Andererseits wurden zusätzliche Bodenfallen für den Lebendfang von Rüsselkäfern verwendet. Bei dieser Methode wurden die Tiere in mit Pflanzenmaterial versehenen 1,5 l-Blechdosen (kommerziell erwerbliche Wurst Dosen, mit 17,5 cm Höhe und 10 cm Durchmesser) gefangen (Abbildung 4.4). Die lebenden Käfer wurden dann mittels einer Lupe bis zur Art bestimmt und anschließend anhand kleiner Bohrpunkte, die mit Hilfe einer Akku-Handbohrmaschine auf den Flügeldecken appliziert wurden, individuell markiert (Abbildung 4.5, B). Anschließend wurden die Käfer etwa einen Meter von der betreffenden Falle entfernt wieder freigelassen. Diese Methode diente dazu, Informationen über die Populationsgröße sowie über das Ausbreitungs- und Überwinterungsverhalten der einzelnen *Otiorhynchus*-Arten zu gewinnen (siehe dazu auch Kapitel 4.2.2). Die insgesamt 24 Fallen waren in 2 kleinere Fallenfelder (Abstand ca. 12 m) zu jeweils 12 Fallen aufgeteilt (vgl. Abbildung 4.3 und Abbildung 4.5, A). Innerhalb der Fallenfelder betrug die Fallenabstände jeweils etwa 2,5 bis 3 m. Die Lebendfallen wurden in der Regel in 2-tägigem Abstand kontrolliert und umfassten insgesamt drei Zeiträume, vom 16.04. bis 11.05. (25 Tage), vom 14.06. bis 18.07. (34 Tage) und vom 31.08. bis 07.10.2009 (37 Tage).

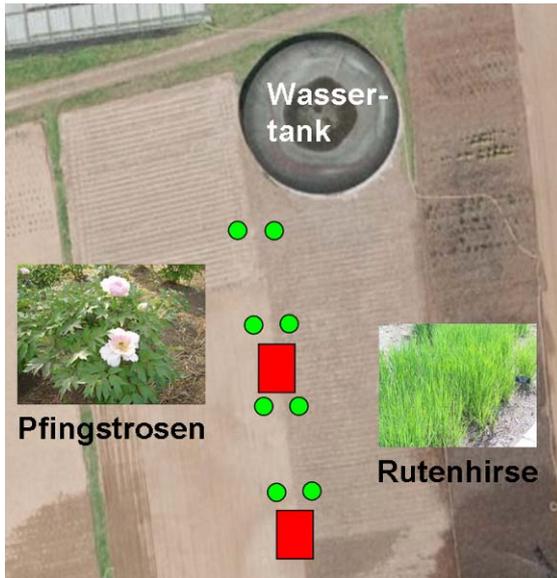


Abbildung 4.3: Aufbau Fallenfeld im Versuchsjahr 2009 und 2010. Grüne Kreise: Barberfallen (Totfallen). Rote Vierecke: Lebendfallen-Felder, bestehend aus je 12 Lebendfallen (vgl. auch Abbildung 4, A) (Aufnahme: Luftbild Google Maps).

Im **Versuchsjahr 2010** orientierte sich die Erfassung der Rüsselkäferfauna an der Versuchsanordnung des Vorjahres 2009 (Abbildung 4.3). Die 8 Totfallen waren hierbei vom 18.03. bis zum 07.10. exponiert, die 24 Lebendfallen waren zwischen 18. März und 23. Juli 2010 über drei längere Perioden hinweg (48, 13 und 10 Tage) geöffnet.

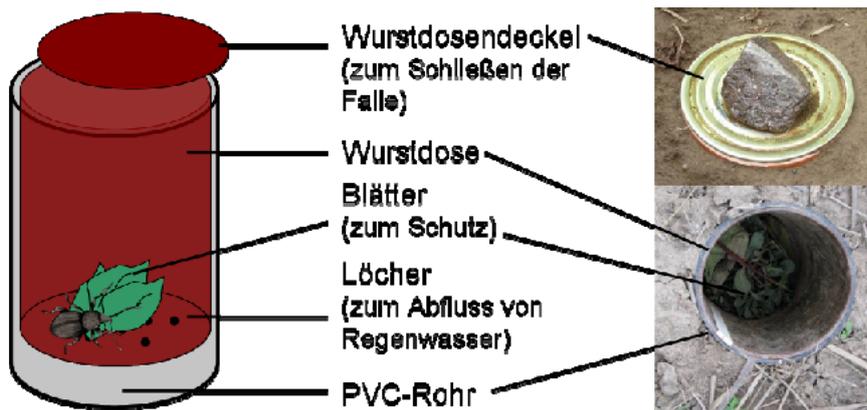
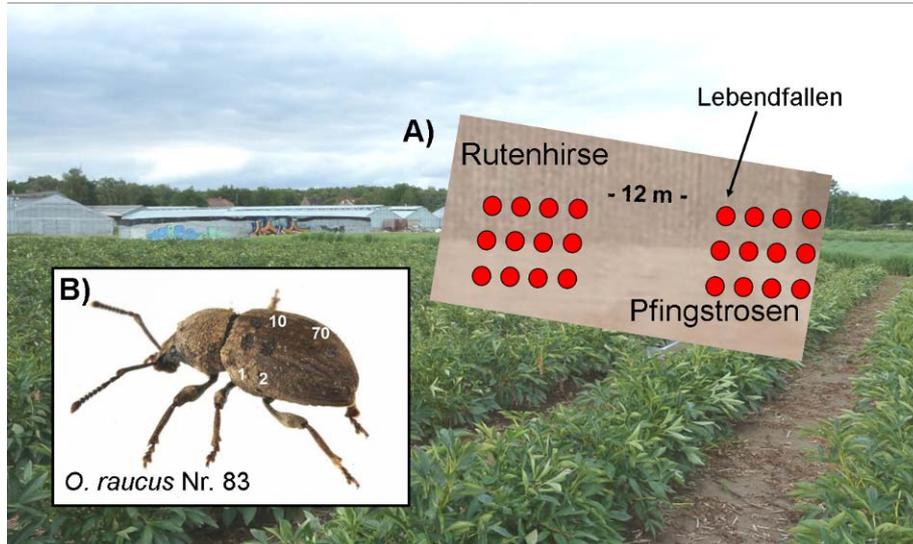


Abbildung 4.4: Design und Aufbau der Lebendfallen im Feld.

Im **Versuchsjahr 2011** wurde der Versuchsansatz bezüglich Standort und Fallenzahl nochmals verändert, wobei erstmals ausschließlich Lebendfallen zum Einsatz kamen. Der Verzicht auf Barberfallen (Totfallen) begründete sich hierbei vor allem mit der Notwendigkeit, größtmögliche Fangzahlen lebender Rüsselkäfer zu erzielen, um die gefangenen Tiere anschließend für Infektionsversuche mit entomopathogenen Pilzen (EPP) im Labor und Freiland einzusetzen (vgl. Kapitel 4.2.5 und 4.2.6).



**Abbildung 4.5:** Im Pflingstrosen- und Rutenhirsebestand des Schiersteiner Blumengroßhandels (Bild im Hintergrund) wurden 2009 und 2010 Lebendfallen (A) im Übergangsbereich der Parzellen aufgebaut. Die in den Lebendfallen gefangenen Käfer der Gattung *Otiorhynchus* wurden individuell mit einem Punktecode markiert (B).

#### 4.2.2. Phänologie, Populationsgröße sowie Ausbreitungs- und Überwintungsverhalten von *Otiorhynchus* spp. (Meilenstein 2)

Zur Bestimmung der Phänologie der einzelnen *Otiorhynchus*-Arten wurden die Barberfallenfänge (Totfallen) in den Versuchsjahren 2008 bis 2010 herangezogen (vgl. Kapitel 4.2.1). Die Populationsgröße sowie das Ausbreitungsverhalten wurden mittels eines Fang-Markierung-Wiederfang-Experiments im Jahr 2009 ermittelt. Hierzu wurden 2009 insgesamt 24 Lebendfallen ausgebracht, wobei die gefangenen Käfer individuell markiert (Abbildung 4.5, B) und anschließend wieder freigelassen wurden (vgl. Versuchsaufbau Kapitel 4.2.1). Über den Rückfang markierter Tiere konnte dann die Populationsgröße von *O. raucus* und *O. rugosostriatus* ermittelt werden. Das genaue methodische Vorgehen sowie die statistische Auswertung dieses Versuches sind in der dazu erschienenen Publikation „Aggregation, abundance and dispersal capabilities of *Otiorhynchus rugosostriatus* Goeze and *Otiorhynchus raucus* Fabricius (Coleoptera: Curculionidae) in plantations of ornamental plants“ (Reineke et al. 2011) zusammengefasst. Um Informationen über das Überwintungsverhalten adulter Käfer zu gewinnen, wurden im Versuchsjahr 2010 ebenfalls Fallenfänge durchgeführt, in der Hoffnung markierte Tiere aus dem Vorjahr zu fangen. Hierzu wurden alle sowohl in Lebendfallen als auch in Barberfallen gefangenen Rüsselkäfer der Gattung *Otiorhynchus* mittels Lupe (Lebendfallen) bzw. Binokular (Barberfallen) auf Markierungen hin überprüft.

Um weitere Informationen zur Phänologie der einzelnen *Otiorhynchus*-Arten zu gewinnen und um Larven für Infektionsversuche zu erhalten, wurden im Versuchsjahr 2011 außerdem Freilandgrabungen nach Larven von *Otiorhynchus* spp. durchgeführt. Dazu wurden mehrere, ca. 50 bis 60 cm tiefe Löcher im Rutenhirsefeld des Schiersteiner Blumengroßhandels gegraben. Die Grabungen fanden im Frühjahr (26.01.2011) sowie im Herbst (31.10.2011) statt.

Um die Abhängigkeit des jahreszeitlichen Auftretens von Dickmaulrüsslern von der jeweiligen Witterung aufzuzeigen, erfolgte ein Abgleich der Fangdaten mit entsprechenden Wetterdaten für das in 20 km Entfernung im Rheingau gelegene Geisenheim (Quelle: Daten des Deutschen Wetterdienstes 2008 bis 2011).

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

### **4.2.3. Laufkäfer als Antagonisten von *Otiorhynchus* spp. (Meilenstein 2)**

In den Untersuchungsjahren 2008 - 2010 wurde das Spektrum potentieller bodenlebender Antagonisten von Rüsselkäfern im Schiersteiner Blumengroßhandel erfasst. Insbesondere Laufkäfer (Carabidae, Cicindelidae) wurden als potentielle Fraßfeinde für Rüsselkäfer eingestuft. Aus diesem Grund wurde im Versuchsjahr 2009 im Labor getestet, ob Laufkäfer der Gattung *Harpalus* und *Nebria* Larven der Gattung *Otiorhynchus* fressen. Dazu wurden die Laufkäfer im Freiland gesammelt und für mehrere Tage ohne Nahrung in Zucht gehalten. Anschließend wurde jedem Laufkäfer jeweils eine Larve der Gattung *Otiorhynchus* als Futterquelle angeboten und beobachtet, ob die Larven von den Laufkäfern gefressen werden.

### **4.2.4. Mechanische Rüsselkäferbekämpfung: Prüfung verschiedener Fallentypen bzw. Barrieren (Meilenstein 3)**

Während der Projektlaufzeit wurden verschiedenen Fallentypen (Barber-, Lebend- und Duftstofffallen) auf ihre Fängigkeit für *Otiorhynchus*-Arten überprüft. Außerdem wurde getestet, inwiefern ein Schneckenzaun als mechanische Barriere für Rüsselkäfer der Gattung *Otiorhynchus* fungieren kann.

#### **4.2.4.1. Vergleich der Fängigkeit von Lebend- und Totfallen**

In den Untersuchungsjahren 2008 – 2011 wurden sowohl Barber- (Totfallen) als auch Lebendfallen für den Fang von *Otiorhynchus*-Arten eingesetzt (vgl. methodisches Vorgehen Kapitel 4.2.1). Abschließend wurden beide Fallentypen bezüglich ihrer Fängigkeit verglichen.

#### **4.2.4.2. Mögliches Entweichen von Rüsselkäfern aus den Lebendfallen**

Ob bzw. inwieweit die gut kletternden *Otiorhynchus*-Arten die senkrechten Fallenwände erklimmen können, wurde 2010 in einem Laborversuch ermittelt. Hierzu wurden 6 Lebendfallen über eine Woche in ein Terrarium verbracht und ein mögliches Entweichen von Käfern aus den Fallen registriert. Die Fallen wurden wie im Freiland mit Pflanzenmaterial (Pfingstrosenblätter) bestückt, teilweise wurden die inneren Fallenwände abendlich mit Wasser besprüht, um auch feuchte Freilandverhältnisse zu simulieren. In drei der Fallen wurden jeweils 10 Individuen von *O. raucus*, in den anderen drei jeweils 10 Tiere von *O. rugosostriatus* gehalten und deren Verhalten beobachtet.

#### **4.2.4.3. Schneckenzaun als mechanische Barriere für *Otiorhynchus* spp.**

Im Versuchsjahr 2008 wurde davon ausgegangen, dass ggf. Wanderungen von Rüsselkäfern zwischen Rutenhirse- und Pfingstrosenbestand stattfinden würden. Aus diesem Grund wurden zwei Fallenreihen bzw. Transekte an der Grenze zwischen diesen beiden Nutzungstypen mittels eines Schneckenzauns unterbrochen (vgl. Aufbau des Fallenfeldes in Kapitel 4.2.1). Abschließend wurde die Menge an gefangenen Rüsselkäfern auf beiden Seiten des Zaunes verglichen.

#### **4.2.4.4. Einsatz von Duftstoffen im Feldversuch**

Im Versuchsjahr 2011 wurde die Wirkung ausgewählter Duftstoffe auf die in dem ausgewählten Gartenbaubetrieb nachgewiesenen *Otiorhynchus*-Arten im Feldversuch auf ihre spezifische Anlock- oder Abstoßungswirkung getestet, wobei spezielle Pheromone und Kairomone von der Arbeitsgruppe R. Van Tol, Landbouwhogeschool Wageningen (Niederlande), zur Verfügung gestellt wurden. Die dabei gefangenen Tiere wurden anschließend für Infektionsversuche mit EPP im Labor und Freiland eingesetzt (vgl. Kapitel 4.2.5 und 4.2.6).

Die von der Arbeitsgruppe Van Tol gestellten vier Duftstoffe umfassten einerseits zwei pheromonähnliche Substanzen (VA, VB), die bei Forschungsarbeiten mit den beiden sich zweigeschlechtlich fortpflanzenden Arten *O. salicicola* und *O. armadillo* isoliert bzw. gesammelt wurden. Bei den anderen beiden Duftstoffen (V6, V15) handelt es sich um Kairomone, also um Pflanzenduftstoffe, durch die beispielsweise Insekten zu ihren Fraßpflanzen

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

geführt werden; diese Stoffe wurden aus Fraßpflanzen von *O. sulcatus* isoliert bzw. gewonnen. Alle diese Duftstoffe wurden bislang nur an den oben genannten *Otiorhynchus*-Arten (*O. salicicola*, *O. armadillo* und *O. sulcatus*) getestet, meist in Laborversuchen. Die vorliegenden Feldversuche im Schiersteiner Blumengroßhandel sollten einerseits die Praktikabilität der betreffenden Substanzen im Freiland sowie andererseits die Wirksamkeit der Duftstoffe auf weitere *Otiorhynchus*-Arten überprüfen. Die vier Duftstoffe wurden in Plastikampullen (Abbildung 4.6, linkes Bild) verschlossen an die Forschungsanstalt Geisenheim gesendet und bis zu ihrem Einsatz im Feldversuch kalt gelagert (Tiefkühlung).



**Abbildung 4.6: (Links) Duftstoff-Ampullen, Gitterbehälter und Befestigungsdraht. (Rechts) Fertige Bodenfalle mit Überdachung; unter dem Dach sieht man die mit Draht befestigten Gitterbehälter mit der darin befindlichen Duftstoffampulle.**

Um die Wirksamkeit der Duftstoffe zu testen, sollten diese im Bereich der Fallen bzw. in deren nächster Umgebung exponiert werden. Als Witterungsschutz gegen Regen und direkte Sonnenstrahlung wurden die Lebendfallen 2011 erstmals mit einer Abdeckung versehen (Abbildung 4.6, rechtes Bild).

Zur Durchführung des Versuches wurde die Spitze der Plastikampullen abgeschnitten und die Ampullen, mit Hilfe eines kleinen Gitterbehälters aus Plastik und eines Drahtes, unterhalb der jeweiligen Fallenabdeckung angebracht (Abbildung 4.6). Der entweichende Duftstoff sollte sich so unter dem Dach der Fallenabdeckung sammeln und ein schnelles Verflüchtigen des Duftstoffes verhindern. Die Ampullen wurden wöchentlich ausgewechselt. Da nach den Ergebnissen aus vorherigen Projektjahren davon auszugehen war, dass sich die Entwicklung der Käfer hauptsächlich in dem im Untersuchungsgebiet vorhandenen Rutenhirsefeld abspielt, wurde diese Parzelle für den Versuch ausgewählt. Zum Testen der Duftstoffe wurden hier insgesamt 15 Fallen exponiert: In jeweils drei Wiederholungen konnten damit vier Duftstoffe getestet und mit einer Kontrolle verglichen werden. Die Fallenabstände betragen jeweils 10 m, sowohl zwischen Varianten/Kontrolle als auch den einzelnen Wiederholungen. Die Zeiten der Fallenexposition umfassten die Zeiträume von 24.03. bis 06.04., 06.05. bis 28.05., 18.06. bis 11.07. und 15.07. bis 21.07.2011. Insgesamt waren die Fallen damit für 64 Fangtage exponiert.

#### **4.2.5. Infektionsversuche mit entomopathogenen Pilzen (EPP) im Labor (Meilenstein 4)**

Während des Projektes wurden die entomopathogenen Pilze (nachfolgend mit EPP abgekürzt): 1. *Beauveria bassiana* Stamm ATCC 74040 (Bestandteil des Präparates Naturalis®) 2. *Paecilomyces fumosoroseus* Stamm Apopka 97 (Synonym: *Isaria fumosorosea*; Bestandteil des Präparates PreFeRal® WG) und 3. *Metarhizium anisopliae* Stamm Ma43 (erhalten vom Julius-Kühn Institut in Darmstadt; ein Synonym für diesen Stamm ist *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* BIPESCO 5/F52 welcher z. B. in den kommerziell erhältlichen Präparaten GranMet-P® und BIO 1020 enthalten ist) bezüglich ihrer Wirkung gegen unterschiedliche Entwicklungsstadien der verschiedenen *Otiorhynchus*-Arten getestet.

### Infektionsversuche mit EPP und Eiern von *Otiorhynchus* spp.

Die Wirksamkeit von 3% Naturalis<sup>®</sup> wurde an Eiern von *O. salicicola*, *O. armadillo*, *O. sulcatus* und *O. crataegi* getestet. Außerdem wurde die Wirkung von 0,1% PreFeRaI<sup>®</sup> WG an Eiern von *O. salicicola* und *O. armadillo* sowie die Wirksamkeit von *M. anisopliae* Stamm Ma43 ( $2,23 \times 10^7$  Sporen/ml) an Eiern von *O. crataegi* untersucht (Greif 2012). Dazu wurden die Eier (<11 Tage alt) nach Hosokawa et al. (2007) oberflächensterilisiert und mit jeweils 50 µl der jeweiligen Testsubstanz beträufelt. Als Kontrollsubstanz diente jeweils steriles Wasser. Für die Arten *O. salicicola* und *O. armadillo* wurden jeweils 35-45 Eier pro Behandlung eingesetzt. Bei den Versuchen mit Eiern des Gefurchten Dickmaulrüsslers wurden 12-14 Eier pro Behandlung verwendet. Die Eier der Arten *O. salicicola*, *O. armadillo* und *O. sulcatus* wurden nach der Behandlung einzeln in Petrischalen (Durchmesser 5,5 cm) mit angefeuchtetem Filterpapier für 14 Tage bei 24°C im Dunkeln gehalten. Nach 14 Tagen wurden die Individuen (Ei oder Larve) als „tot“ oder „lebend“ klassifiziert und der Wirkungsgrad der einzelnen Testsubstanzen wurde nach Abbott (1925) berechnet. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Chi<sup>2</sup>-Test. Bei den Versuchen mit *O. crataegi* wurden pro Behandlung jeweils 110 Eier (10 Eier pro Petrischale mit 11 Wiederholungen) eingesetzt (Greif 2012). Die behandelten Eier wurden anschließend für 14 Tage bei Raumtemperatur und einer Photoperiode von 16:8 Stunden H:D gehalten. Die Anzahl verpilzter Eier sowie geschlüpfter Larven wurde erfasst und der Wirkungsgrad der jeweiligen Testsubstanz wurde nach Abbott (1925) berechnet. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Kruskal-Wallis-ANOVA.

Neben den oben beschriebenen Infektionsversuchen mit EPP unter Verwendung von Eiern auf Filterpapier wurden zusätzlich Experimente unter praxisnäheren Bedingungen durchgeführt. Dazu wurden Kunststoffgefäße (Durchmesser: 3 cm, Höhe: 5,5 cm) mit Einheitserde ED 73 (Patzner, Sinntal, Deutschland) gefüllt (Abbildung 4.7). Auf die Erde wurden pro Gefäß neun Eier (Alter < 10 Tage) der Art *O. sulcatus* gelegt und anschließend die Gefäße mit 1, 2 bzw. 3 cm Erde als Deckschicht befüllt (pro Deckschicht und Behandlung wurden 5 Wiederholungen angesetzt). Die unterschiedlichen Deckschichten (1, 2 und 3 cm) sollten die unterschiedlichen Eiablagetiefen simulieren. Als Behandlung wurde anschließend 6,6 ml 3% Naturalis<sup>®</sup> gegossen sowie Wasser als Kontrolle. Die behandelten Eier wurden daraufhin für 14 Tage bei 25 ± 2°C und einer Photoperiode von 12:12 Stunden H:D gehalten. Nach zwei Wochen wurde die Anzahl an lebenden Larven erfasst. Die statistische Auswertung erfolgte mittels t-Test.

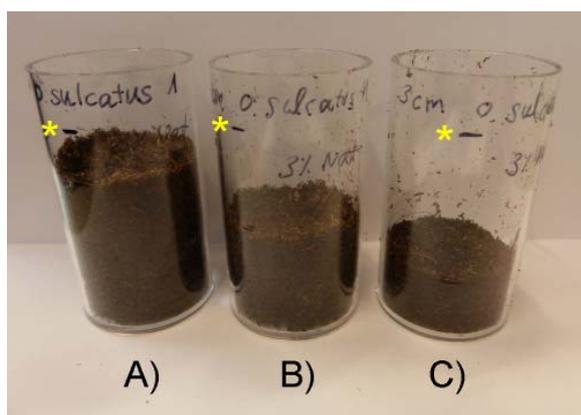


Abbildung 4.7: Versuchsaufbau der Infektionsversuche mit *O. sulcatus* Eiern im Kultursubstrat mit *B. bassiana* ATCC 74040 (Naturalis<sup>®</sup>). \* Die Gefäße wurden bis zu dieser Markierung mit (A) 1 cm, (B) 2 cm bzw. (C) 3 cm Erde als Deckschicht befüllt.

### Infektionsversuche mit EPP und Larven von *O. sulcatus*

Um die Wirksamkeit von verschiedenen EPP an Larven des Gefurchten Dickmaulrüsslers unter praxisnahen Bedingungen zu testen, wurden getopfte Reben (Rebsorte Müller-Thurgau, Topfsubstrat Einheitserde ED 73) künstlich mit fünf *O. sulcatus* Larven (L4-L6) pro Topf (Durchmesser 13 cm, Volumen 0.88 l/Topf) infiziert. Die Töpfe wurden anschließend einmalig mit 100 ml 3% Naturalis<sup>®</sup> oder 100 ml 0,1% PreFeRaI<sup>®</sup> WG gegossen. Als Kontrolle wurde Wasser zur Behandlung eingesetzt. Pro Behandlung wurden fünf Wiederholungen

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

durchgeführt. Die behandelten Pflanzen wurden für vier Wochen bei  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  und 55-75% relativer Luftfeuchte im Gewächshaus gehalten und bei Bedarf bewässert. Nach den vier Wochen wurden die Töpfe nach lebenden und toten Tieren durchsucht. Fehlende Larven wurden als „tot“ klassifiziert, da angenommen wurde, dass diese bereits biologisch abgebaut wurden und deshalb nicht mehr aufgefunden werden konnten. Der Wirkungsgrad wurde nach Abbott (1925) berechnet und die statistische Auswertung erfolgte mittels Tukey HSD Test.

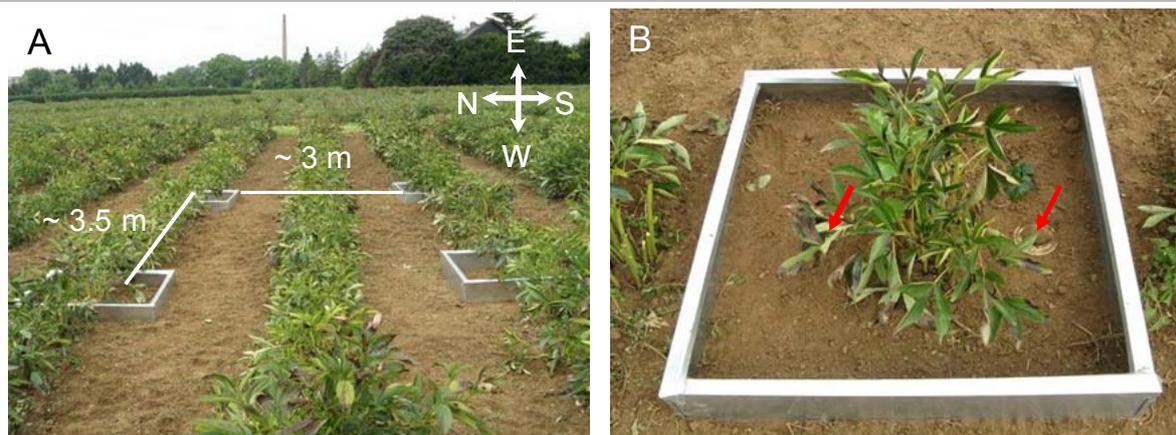
#### **Infektionsversuche mit EPP und adulten *Otiorhynchus* spp.**

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden Infektionsversuche mit EPP an adulten Rüsselkäfern der Arten *O. sulcatus*, *O. rugosostriatus*, *O. dieckmanni*, *O. raucus* und *O. crataegi* durchgeführt. Die Käfer wurden mit 3,75% Naturalis<sup>®</sup>, 0,1% PreFeRal<sup>®</sup> WG, 3,75% purer Naturalis<sup>®</sup> Formulierung (ohne Pilzsporen), einer Sporensuspension von *M. anisopliae* Stamm Ma43 ( $2,23 \times 10^7$  Sporen/ml) und Wasser als Kontrolle behandelt. Bei der Behandlung wurden jeweils 50 µl der jeweiligen Prüfsubstanz dorsal auf den Käfer appliziert. Pro Behandlung und Käferart wurden 30 bis 35 Tiere eingesetzt. Für die Arten *O. sulcatus* und *O. raucus* wurden die Versuche jeweils einmal in zwei aufeinanderfolgenden Jahren (2010 und 2011) durchgeführt. Für die Arten *O. rugosostriatus*, *O. crataegi* (Behandlung mit 3% Naturalis<sup>®</sup> und 3% purer Naturalis<sup>®</sup> Formulierung) und *O. dieckmanni* wurden die Infektionsversuche jeweils nur in einem Versuchsjahr durchgeführt, z. T. allerdings mit zweifacher Wiederholung. Nach der Behandlung wurden die Käfer einzeln in Petrischalen (5,5 cm Durchmesser) mit angefeuchtetem Filterpapier und Kirschblättern bzw. Eibenzweigen bei Raumtemperatur und einer Photoperiode von 12:12 Stunden H:D für 28 Tage gehalten. Nach diesem Zeitraum wurden die Tiere als „tot“ oder „lebend“ klassifiziert. Fehlende Tiere wurden bei der nachfolgenden statistischen Auswertung nicht berücksichtigt. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Kruskal-Wallis-ANOVA oder Chi<sup>2</sup>-Test, der Wirkungsgrad wurde nach Abbott (1925) berechnet.

#### **4.2.6. Freilandversuche mit entomopathogenen Pilzen (EPP) (Meilenstein 5)**

In den Projektjahren 2010 und 2011 wurden Versuche mit *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 (Naturalis<sup>®</sup>) zur Kontrolle von adulten Rüsselkäfern im Päonienbestand des Schiersteiner Blumengroßhandels (Wiesbaden) durchgeführt.

Hierzu wurden im Versuchsjahr 2010 im Päonienbestand vier Parzellen randomisiert mit einer Größe von ca. 1 m<sup>2</sup> durch Aufbau eines Schneckenzaunes (R+M Gartenbedarf, Rehling-Unterach, Deutschland) angelegt (Abbildung 4.8, A). Je zwei Parzellen dienten zur Applikation von Naturalis<sup>®</sup> sowie von Wasser als Kontrolle. Im Mittelpunkt der jeweiligen Felder befand sich eine Pfingstrose (Abbildung 4.8, B). Links und rechts davon wurde jeweils eine Lebendfalle installiert (Abbildung 4.8, B). Am 11.08.2010 wurden pro Parzelle 100 *O. rugosostriatus* und 100 *O. raucus* freigelassen. Diese Tiere stammten aus Lebendfallen (vgl. Kapitel 4.2.1) und wurden für einige Zeit im Labor gehalten, um ihre Fitness bzw. die natürliche Mortalität zu überprüfen. 24 Stunden nach ihrer Freilassung in den Parzellen wurden jeweils zwei dieser Felder mit 1 Liter Wasser (Kontrollfelder) bzw. 1 Liter einer 3%igen Naturalis<sup>®</sup>-Lösung behandelt ( $\sim 6,9 \times 10^5$  Sporen/ml bzw.  $\sim 6,9 \times 10^8$  Sporen/m<sup>2</sup>). Die Ausbringung der Lösungen erfolgt mit einer handgeführten Applikationsspritze (Mesto Resistent 3610, Mesto, Deutschland). Die Lösungen wurden gleichmäßig auf den Boden sowie die Pfingstrose appliziert. Aufgrund von schlechten Witterungsbedingungen wurden die Lebendfallen zum Wiederfang erst 7 Tage nach Applikation geöffnet. Am 20., 22. und 24.08.2010 erfolgte die Kontrolle der Lebendfallen. Die wiedergefangenen Käfer wurden für die nachfolgenden fünf Wochen im Labor in Zucht gehalten und wöchentlich auf Mortalität überprüft. Tote Käfer wurden in Feuchtekammern überführt und bei 25°C im Klimaschrank aufbewahrt.



**Abbildung 4.8: Versuchsaufbau (2010) zur Wirkung einer Applikation von EPP gegenüber adulten Rüsselkäfern im Freiland: (A) Installation von vier Parzellen innerhalb des Pfingstrosenfeldes. (B) Die einzelnen Parzellen wurden durch einen Schneckenzaun begrenzt; links und rechts von der jeweiligen Pfingstrose war eine Lebendfalle eingegraben (gekennzeichnet durch die roten Pfeile).**

Im Versuchsjahr 2011 wurde ein ähnliches Versuchsdesign gewählt, wobei neun Parzellen mit jeweils vier Lebendfallen aufgestellt wurden. Außerdem wurde der Versuch zweimal wiederholt. In beiden Jahren betrug der Abstand zwischen den Parzellen in einer Reihe ca. 2 bis 3,5 m. Zwischen den Reihen betrug der Abstand ca. 3 m im Versuchsjahr 2010 (Abbildung 4.8, A) und 7 bis 8 m im Versuchsjahr 2011. Anfang Juni 2011 (08.06.2011) wurden jeweils 40 *O. raucus* und *O. rugosostriatus* pro Parzelle freigelassen. Diese wurden wie im Vorjahr in den Wochen zuvor in dem Rutenhirse- bzw. Pfingstrosenfeld des Schiersteiner Blumengroßhandels gefangen und für mehrere Wochen in Zucht gehalten. Einen Tag nachdem die Käfer freigelassen wurden, wurde jeweils ein halber Liter 3,75% Naturalis® ( $\sim 8,6 \times 10^5$  Sporen/ml bzw.  $\sim 3,45 \times 10^8$  Sporen/m<sup>2</sup>) sowie ein halber Liter 1,875% Naturalis® ( $\sim 4,3 \times 10^5$  Sporen/ml bzw.  $\sim 2,15 \times 10^8$  Sporen/m<sup>2</sup>) auf je drei Parzellen appliziert. Zur Kontrolle wurden die restlichen drei Parzellen mit einem halben Liter Wasser behandelt. Nach vier Tagen (13.06.2011) wurden die Lebendfallen geöffnet und die Käfer in den darauf folgenden Tagen (15., 17., 20., 22. und 25.06.2011) wiedergefangen. Vereinzelt wurden Käfer tot in den Lebendfallen wiedergefunden. Diese wurden jedoch für die Auswertung des Versuches nicht berücksichtigt. Die wiedergefangenen Käfer wurden anschließend für fünf Wochen im Labor bei Raumtemperatur und einer Photoperiode von 12:12 Stunden H:D gehalten. Die Käfer wurden 2 bis 3 Mal pro Woche auf Mortalität überprüft, tote Käfer wurden in Petrischalen mit angefeuchtetem Filterpapier überführt und bei Raumtemperatur und einer Photoperiode von 12:12 Stunden H:D aufbewahrt.

Das oben beschriebene Experiment wurde Ende August bzw. Anfang September 2011 wiederholt. Dazu wurden die neun Parzellen um mehrere Meter nach Süden versetzt, um eine Kontamination der Flächen mit *B. bassiana* aus dem vorherigen Versuch zu verhindern. Am 21.08.2011 wurden 60 *O. raucus* pro Parzelle freigelassen. Die Behandlungen erfolgten nach dem zuvor beschriebenen Applikationsschema. Die Lebendfallen wurden ebenfalls vier Tage nach Behandlung geöffnet und der Wiederaufstieg erfolgte am 29. und 31.08.2011 sowie am 2., 5. und 8.09.2011). Die wiedergefangenen Käfer wurden wie im ersten Versuch 2011 in den darauf folgenden fünf Wochen im Labor gehalten und auf Mortalität überprüft.

Im Versuchsjahr 2010 und 2011 wurden die wiedergefangenen Käfer gezählt und die statistische Auswertung der Wiederfänge erfolgte mittels t-Test (2010) bzw. Mann-Whitney U-Test (2011). In beiden Versuchsjahren wurde am Ende des Experiments die Anzahl an toten Käfern erfasst. Im Versuchsjahr 2010 wurde für die statistische Auswertung ein Welch-t-Test und im darauf folgenden Jahr ein Kruskal-Wallis-Test verwendet. In beiden Jahren wurde der durchschnittliche Wirkungsgrad nach Abbott (1925) berechnet.

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

#### **4.2.7. Ermittlung der Persistenz von *B. bassiana* (Stamm ATCC 74040, Naturalis®) im Topfversuch unter Gewächshausbedingungen (Meilenstein 8)**

Für die Untersuchungen zur Persistenz entomopathogener Pilze im Boden bzw. in verschiedenen Kultursubstraten erwies es sich als notwendig, eine molekularbiologische Methode zu etablieren, die eine spezifische Identifizierung des ausgebrachten Pilzpräparates bei der Reisolierung aus dem Boden bzw. Kultursubstrat ermöglicht. Allein anhand morphologischer Charakteristika von pilzlichen Strukturen ist eine zweifelsfreie Aussage über die Persistenz ausgebrachter Isolate nicht möglich. Aus diesem Grund mussten zunächst isolat-spezifische molekulare Marker zur Identifikation von *B. bassiana* ATCC 74040 (Naturalis®) gefunden werden.

Im Rahmen einer Masterarbeit (Bischoff-Schaefer 2010) wurden fünf Mikrosatellitenmarker (Ba01, Ba02, Ba08, Ba12 and Ba13, Rehner & Buckley 2003) zur Ermittlung der Persistenz des entomopathogenen Pilzes *B. bassiana* (aus dem Präparat Naturalis®, Isolat ATCC 74040) in einem Topfversuch im Gewächshaus über einen Zeitraum von 14 Wochen eingesetzt. Hierbei wurden drei verschiedene Substrate (Einheitserde ED 73, Eurohum und Lignostrat) sowie der Effekt von drei verschiedenen Pflanzenarten (Oleander, Liguster und Heuchera) hinsichtlich ihres Einflusses auf eine langfristige Etablierung von *B. bassiana* in Topfkulturen überprüft. In einem Intervall von 1, 2, 6, 10 und 14 Wochen nach Einmischen von Naturalis® in das Substrat, wurden Bodenproben gezogen, die gesamte DNA aus dem Boden isoliert und in einer PCR mit fünf *B. bassiana* spezifischen Mikrosatellitenmarkern amplifiziert. Die erhaltenen PCR-Produkte wurden auf einem automatischen Sequenzierer aufgetragen und die Fragmentgröße stammspezifischer Produkte erfasst.

#### **4.2.8. Ausbreitung und Wirksamkeit von *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 (Naturalis®) im Kultursubstrat (Meilenstein 8)**

Im Rahmen einer Bachelorarbeit (Gottwald 2011) wurde die Ausbreitung sowie Wirksamkeit von *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 (Naturalis®) im Kultursubstrat Einheitserde ED 73 (Patzner, Sinntal, Deutschland) in einem Topfversuch untersucht. Dazu wurde Töpfe (17 cm) entweder mit reiner Einheitserde befüllt (vorab gemischt mit 100 ml Wasser als Kontrolle) oder die Einheitserde wurde gleichmäßig mit 100 ml 3% Naturalis® vermischt und dann in die Töpfe gegeben (behandelte Variante). Des Weiteren wurden Töpfe gefüllt mit Einheitserde entweder mit 100 ml 3% Naturalis® oder Wasser als Kontrolle gegossen. Pro Versuchsglied wurden 6 Wiederholungen angesetzt. Die Etablierung von *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 wurde mittels der im Abschnitt 4.2.7 beschriebenen Mikrosatellitenmarker untersucht und die Wirksamkeit gegenüber Insekten mit Hilfe der *Galleria*-Köder-Methode (Zimmermann 1986) überprüft. Dazu wurden nach 1, 2, 4 und 6 Wochen Substratproben aus verschiedenen Tiefen (obere, mittlere und untere Topfschicht) der Töpfe genommen und mittels Mikrosatellitenmarkern bzw. *Galleria*-Köder-Methode analysiert.

#### **4.2.9. Molekulare Artbestimmung von *Otiorhynchus* spp.**

Für die Entwicklung eines molekularen Diagnoseverfahrens zur Artbestimmung von Rüsselkäfern im Larvalzustand wurden 143 Rüsselkäferlarven verschiedener Arten untersucht (Gosik et al. 2010, Hirsch et al. 2010). Von diesen Individuen wurde die DNA nach Reineke et al. (1998) isoliert und anschließend ein ca. 780 bp langes Fragment der Cytochrom Oxidase Untereinheit II (COII) mit Hilfe der Polymerase Kettenreaktion (PCR) vervielfältigt (Abbildung 4.24, A). Für die PCR Reaktion wurden die Primer TL-J-3037 und TK-N-3785 (Machado et al. 2008) verwendet. Die PCR Bedingungen waren wie folgt: 2 min bei 94°C Eingangsdennaturierung, gefolgt von 35 Zyklen à 10 s bei 94°C, 20 s bei 54,4°C und 30 s bei 72°C. Abschließend erfolgte ein Extensionsschritt für 5 min bei 72°C. Das PCR Produkt wurde anschließend mit maximal vier Restriktionsenzymen (*TaqI*, *TaqI*, *XbaI* und *MnI*) verdaut und die dabei entstandenen Restriktionsfragmente mittels Gelelektrophorese aufge-

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

trennt. Eine umfangreiche Darstellung der einzelnen Ergebnisse sowie des methodischen Vorgehens kann der dazu erschienenen Publikation „Molecular identification of larval stages of *Otiorhynchus* (Coleoptera: Curculionidae) species based on polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism analysis“ (Hirsch et al. 2010) entnommen werden.

#### **4.2.10. Endosymbiontenspektrum von *Otiorhynchus* spp.**

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurde das Endosymbiontenspektrum von vier verschiedenen *Otiorhynchus*-Arten (*O. sulcatus*, *O. salicicola*, *O. armadillo* und *O. rugosostriatus*) untersucht. Dazu wurde die gesamte genomische DNA aus frisch geschlüpften *Otiorhynchus* Larven isoliert (jeweils sieben Tiere pro Art). Mit Hilfe von universellen Bakterien-Primern, die speziell für die 454 Pyrosequenzierung modifiziert wurden, wurde ein Fragment der bakteriellen 16S rDNA aus der gesamten genomischen DNA amplifiziert. Im Anschluss wurden die pro *Otiorhynchus* Art erhaltenen bakteriellen 16S rDNA PCR-Produkte in äquimolaren Verhältnissen gemischt und mit Hilfe der 454 Pyrosequenzierung analysiert. Insgesamt wurden ca. 48.000 Amplicons sequenziert, von denen nach einer Qualitätskontrolle ca. 27.000 Sequenzen zur phylogenetischen Analyse herangezogen wurden. Insgesamt wurden 49 bakterielle „operational taxonomic units“ identifiziert. Zusätzlich zur 454 Pyrosequenzierung wurden spezifische Primer für die Amplifikation von speziellen Bakterien-Genen (Fragmente der 16S rDNA und des *coxA* Gens) eingesetzt, um bestimmte bakterielle Gruppen taxonomisch genauer zuordnen zu können. Das methodische Vorgehen sowie die phylogenetische Auswertung der Sequenzierungsergebnisse können der dazu erschienenen Publikation „Assessment of bacterial endosymbiont diversity in *Otiorhynchus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) larvae using a multitag 454 pyrosequencing approach“ (Hirsch et al. 2012) entnommen werden.

### **4.3. Ergebnisse**

#### **4.3.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse**

##### **4.3.1.1. Spektrum an *Otiorhynchus*-Arten im ausgewählten Gartenbaubetrieb in den Versuchsjahren 2008 - 2011 (Meilenstein 2)**

Auf den Untersuchungsflächen der Gärtnerei in Schierstein wurden während der **Vegetationsperiode 2008** insgesamt vier *Otiorhynchus*-Arten registriert. Dabei handelte es sich um: *O. raucus* (120 Individuen), *O. rugosostriatus* (106 Individuen) und *O. dieckmanni* (8 Individuen), die in den Bodenfallen vorgefunden wurden. Eine weitere *Otiorhynchus* Art, *O. ovatus* (1 Individuum), wurde im Rahmen von Handfängen im Bereich des Fallenfelds nachgewiesen.

Im **Untersuchungsjahr 2009** wurden in den Barberfallen (Totfallen) insgesamt 42 Individuen der Art *O. raucus*, 45 *O. rugosostriatus*, 13 *O. dieckmanni* und 3 *O. ovatus* gefangen. Während eines Fangzeitraumes von 96 Tagen wurden in den 24 Lebendfallen insgesamt 564 Käfer der Gattung *Otiorhynchus* gefangen. Bereits im Versuchsjahr 2009 zeichnete sich eine sehr hohe Fängigkeit der Lebendfallen ab, welche in den darauf folgenden Untersuchungsjahren 2010 und 2011 bestätigt wurde. Zudem wurden per Handfang vereinzelt Individuen der Art *O. crataegi* innerhalb der Gewächshäuser nachgewiesen.

Im **Untersuchungsjahr 2010** wurden in 71 Tagen in den 24 Lebendfallen insgesamt 707 Individuen der Art *O. raucus*, 2621 *O. rugosostriatus*, 15 *O. dieckmanni* sowie 22 *O. ovatus* lebend gefangen. In den Barberfallen (Totfallen) wurden während des gesamten Erfassungszeitraums von 207 Tagen hingegen nur insgesamt 102 Individuen der Art *O. raucus*, 81 *O. rugosostriatus*, 19 *O. dieckmanni* und 2 *O. ovatus* gefangen.

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

Auf den Untersuchungsflächen der Gärtnerei in Schierstein wurden während des **Versuchsjahres 2011** insgesamt vier Dickmaulrüsslerarten der Gattung *Otiorhynchus* in Lebendfallen vorgefunden. Dabei handelt es sich um *O. raucus* (1547 Individuen), *O. dieckmanni* (1119 Individuen), *O. rugosostriatus* (192 Individuen) sowie *O. ovatus* (9 Individuen). Vor allem das in den Vorjahren nur eher sporadische und nun erstmalig sehr häufige Auftreten von *O. dieckmanni* war bemerkenswert. Auffällig war, dass die beiden Frühjahrsarten, *O. raucus* und *O. dieckmanni* im Versuchsjahr 2011 starken Zuwachs zeigten, während die Fänge der einzigen Sommerart, *O. rugosostriatus*, stark zurückgingen. In wie weit hier die relativ kalte Witterung im Winter 2010/2011 eine Rolle spielte, kann nur gemutmaßt werden - es wäre aber denkbar, dass hierdurch die als adulte Käfer überwinternden Arten gefördert wurden. Zusammenfassend kann man sagen, dass in dem ausgewählten Gartenbaubetrieb auf den Hauptuntersuchungsflächen (Pfingstrosen- und Rutenhirsefeld) die Arten *O. raucus*, *O. dieckmanni*, *O. rugosostriatus* und *O. ovatus* vorkommen und dass sich das Spektrum der *Otiorhynchus*-Arten in den Versuchsjahren 2008 bis 2011 nicht verändert hat. Zu beobachten waren jedoch Schwankungen bezüglich der Anzahl an gefangenen Tieren pro Art und Untersuchungsjahr, die womöglich auf natürliche Populationsschwankungen, beeinflusst durch z. B. Witterungsbedingungen oder Aktivitäten von Antagonisten, zurückzuführen sind.

#### 4.3.1.2. Phänologie, Populationsstärke und Ausbreitungsverhalten von *Otiorhynchus* spp. (Meilenstein 2)

Um das jahreszeitliche Auftreten der verschiedenen *Otiorhynchus*-Arten zu erfassen, wurden von 2008 bis 2010 Fallenfänge mittels Barberfallen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass es sich bei den Arten *O. dieckmanni* und *O. raucus* um „Frühjahrsarten“ mit einem zeitlichen Auftreten ab März bis April handelt (Abbildung 4.9 und Abbildung 4.10). Die Art *O. rugosostriatus* ist hingegen als „Sommer- bzw. Herbstart“ einzustufen, mit einem jahreszeitlichen Auftreten ab Ende Juni (Abbildung 4.11).

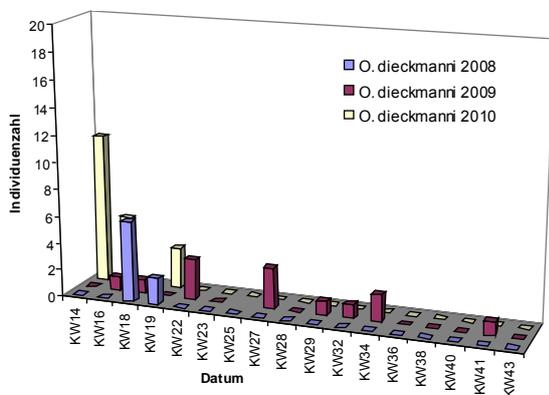


Abbildung 4.9: Fallenfänge in den Barberfallen bzw. jahreszeitliches Auftreten von *O. dieckmanni* in den Versuchsjahren 2008 -2010

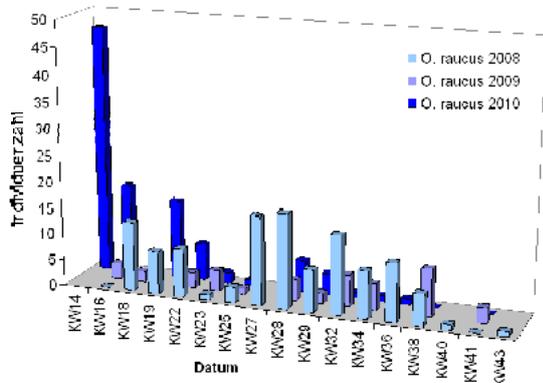


Abbildung 4.10: Fallenfänge in den Barberfallen bzw. jahreszeitliches Auftreten von *O. raucus* in den Versuchsjahren 2008 – 2010.

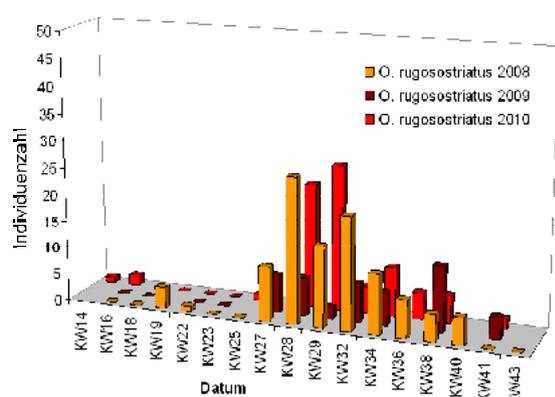


Abbildung 4.11: Fallenfänge in den Barberfallen bzw. jahreszeitliches Auftreten von *O. rugosostriatus* in den Versuchsjahren 2008 – 2010.

Neben den oben beschriebenen Versuchen zur Phänologie der Rüsselkäfer wurden zusätzlich Freilandgrabungen im Versuchsjahr 2011 durchgeführt. Bei diesen Grabungen wurden in einer Bodentiefe von ca. 50 cm am 26.01.2011 acht juvenile *O. raucus*, drei juvenile *O. dieckmanni* und eine weitere Larve, die nach Sequenzanalyse der COII Homologien zu *Polydrusus inustus* (Coleoptera: Curculionidae) zeigte, gefunden. Des Weiteren wurden im Herbst (31.10.2011) in einer vergleichbaren Bodentiefe drei juvenile *O. dieckmanni* gefunden. Zu beiden Grabungszeitpunkten wurde keine *Otiorhynchus* Larve gefunden.

Um die Abhängigkeit des jahreszeitlichen Auftretens der verschiedenen *Otiorhynchus*-Arten von der jeweiligen Witterung aufzuzeigen, wurden die Fangdaten mit den Wetterdaten der letzten Jahre verglichen. Im Laufe der Untersuchungen hatte sich herausgestellt, dass zwei Arten, *O. raucus* und *O. dieckmanni*, bereits im Spätherbst aus der Puppe schlüpfen und dann als fertige Käfer in tieferen Bodenschichten überwintern. Dies wurde durch mehrere Käferfunde Ende Januar und Ende Oktober – also außerhalb der Aktivitätszeit der adulten Tiere - in einer Tiefe von etwa 40 bis 50 cm belegt. Aufgrund dieser Entwicklungsbesonderheit kann angenommen werden, dass das Auftreten der Käfer im Frühjahr in erster Linie von der Bodentemperatur in ca. 50 cm Tiefe abhängig ist. Um dies zu überprüfen, wurden die Lebendfallenfänge der Jahre 2010 und 2011 herangezogen und das erstmalige jährliche Auftreten der Frühjahrsarten *O. raucus* und *O. dieckmanni* mit den entsprechenden Daten zur Bodentemperatur verglichen. Dabei zeigte sich, dass die Aktivität der Frühjahrsarten *O. raucus* und *O. dieckmanni* bei einer Bodentemperatur von etwa 8 bis 9°C (in 50 cm Tiefe) einsetzt. Aus den Beobachtungen und Erfahrungen der Jahre 2008 bis 2011 lässt sich darüber hinaus festhalten, dass im späteren Frühjahr sowie im Herbst – bei ausreichend durchfeuchteten Böden – die Bodenaktivität der Rüsselkäfer und damit der Fangenerfolg in erster Linie von den herrschenden Nachttemperaturen abhängig zu sein scheint. In den Sommermonaten ist dagegen in hohem Maße die Bodenfeuchte ausschlaggebend, wobei die Käfer bei Trockenheit ihre Aktivität weitgehend einstellen. Ansonsten geht die Aktivität bei bzw. direkt nach Starkregen und dadurch bedingt sehr hoher Bodenfeuchte kurzzeitig stark zurück.

Informationen über die Populationsgröße sowie das Ausbreitungsverhalten von *Otiorhynchus* spp. wurden mit Hilfe eines Fang-Markierung-Wiederfang-Versuches ermittelt. Wiederfänge gelangen insgesamt nur bei den beiden häufiger gefangenen Arten *O. rugosostriatus* und *O. raucus* (Tabelle 4.1). Über den gesamten Fangzeitraum im Untersuchungsjahr 2009 betrachtet betrug die Wiederfangrate von *O. raucus* 30% und von *O. rugosostriatus* 24%, damit scheint die Art *O. raucus* etwas aktiver zu sein als *O. rugosostriatus*.

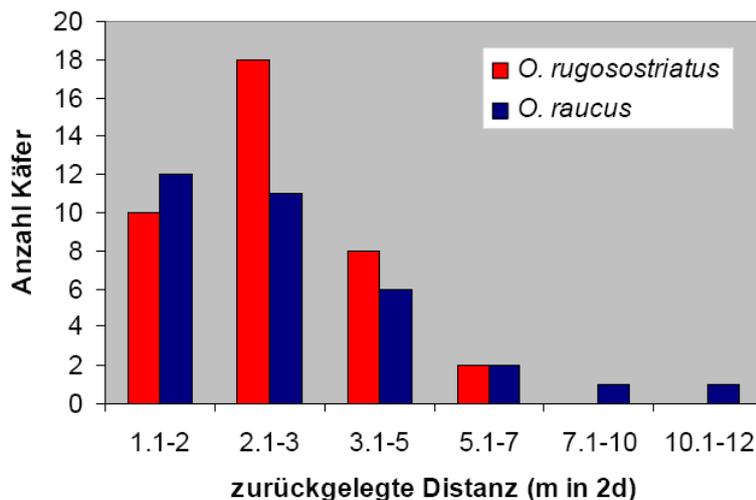
Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

**Tabelle 4.1: Fang- und Markierungszahlen sowie Wiederfangereignisse von vier Arten der Gattung *Otiorhynchus* im Untersuchungsjahr 2009.**

Art	Fangzahl Käfer	Anzahl markierte Käfer	Wiederfangrate (%)	
			Individuen	alle Wiederfänge (+ Mehrfach-W.)
<i>O. raucus</i>	193	191	58 (30%)	110 (58%)
<i>O. rugosostriatus</i>	345	340	80 (24%)	99 (29%)
<i>O. dieckmanni</i>	17	16	0	0
<i>O. ovatus</i>	5	nicht markiert		

Die Zunahme der Wiederfangraten im Jahreslauf war dabei an eine ansteigende Aktivität der Tiere geknüpft: Nach dem Schlupf - im Frühjahr bei *O. raucus* bzw. im Frühsommer bei *O. rugosostriatus* - sind die Tiere insgesamt noch wenig aktiv, um dann nach der vollständigen Aushärtung bzw. mit dem Beginn von Reifefraß und Eiablage nach wenigen Wochen eine deutlich höhere Aktivität an den Tag zu legen.

Die Mobilität bzw. das Ausbreitungsverhalten der Arten *O. raucus* und *O. rugosostriatus* wird vorliegend durch Daten über die in 2 Tagen zurückgelegte Strecke bis zum Wiederfang ausgedrückt, wobei in der Auswertung nur Distanzen von über 1 m pro Zeiteinheit berücksichtigt wurden (Abbildung 4.12). Beide Arten legten innerhalb zweier Tage vergleichsweise häufig Distanzen von 1 bis 3 m zurück.



**Abbildung 4.12: Mobilität bzw. Aktionsdistanzen von *O. raucus* und *O. rugosostriatus*.**

Als weiteste Distanz wurde von *O. raucus* eine Strecke von maximal 11 m innerhalb zweier Tage überwunden. Individuen von *O. rugosostriatus* zeigten bezüglich der maximal zurückgelegten Strecken eine insgesamt etwas geringere Mobilität, die beiden mobilsten Tiere bewältigten Strecken von 6 und 5 m in zwei Tagen. Damit sind beide Arten durchaus in der Lage, in kürzerer Zeit z. T. größere Wegstrecken zurückzulegen, und damit z. B. bei Störung (Bodenbearbeitung) oder Nahrungsknappheit in besser geeignete Lebensräume überzuwechseln. Durch welche Faktoren Wanderungen induziert werden (z. B. olfaktorische Reize) und inwieweit dabei eine zielgerichtete Ausbreitung erfolgt, ist noch ungeklärt.

Ortstetigkeit wird insgesamt durch den Wiederfang einzelner Käfer nach einem längeren Zeitraum angezeigt. Sowohl bei *O. raucus* als auch bei *O. rugosostriatus* erfolgten Wiederfänge zwischen den drei Fangperioden: Obwohl bei letzterer Art die Großzahl der Markierungen sowie der Wiederfänge im letzten Zeitfenster erfolgten, wurde ein Käfer hier nach 71 Tagen wiedergefangen – in derselben Falle, in der er markiert worden war. Bei *O. raucus* wurden acht Tiere nach über 50 Tagen (erstmals) wiedergefangen, wobei sechs dieser Tiere innerhalb desselben Fallenfeldes (in 5 bis 8 m Entfernung) und nur zwei im jeweils benachbarten Fallenfeld (in 17 bzw. 20 m Entfernung) angetroffen wurden. Insgesamt zeigte sich

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

aber, dass zumindest bei einigen Tieren eine starke Bindung an eng angegrenzte Bereiche besteht, und diese Tiere damit durchaus als sehr ortstreu zu bezeichnen sind.

Um Aussagen über das Überwinterungsverhalten von *Otiorhynchus*-Arten zu gewinnen, wurden alle im Folgejahr 2010 gefangenen Tiere auf Markierungen hin überprüft. Unter den 3545 Rüsselkäfern fanden sich dabei nur drei im Vorjahr markierte Tiere (zwei *O. raucus* und ein *O. rugosostriatus*). Alle drei Käfer wurden nach dem Wiederfang 2010 ins Labor gebracht und in einem Behälter bis zu ihrem natürlichen Tod gehalten bzw. mit Nahrung versorgt. Bei den drei Käfern ergab sich ein Lebensalter (von Erstfang mit Markierung 2009 bis Fang 2010) von insgesamt ca. 13, 16 und 12 Monaten. Geht man davon aus, dass es sich jeweils um eher frisch geschlüpfte Käfer handelte und der Schlupf der Käfer bei *O. raucus* höchstens etwa einen Monat vorher erfolgte, bei *O. rugosostriatus* höchstens etwa drei Monate vorher, so ist ein Mindestalter von etwa 15 bis 17 Monaten zu prognostizieren. Durch eine Überwinterung können die Tiere zwei Reproduktionsphasen durchlaufen. Angesichts der sehr geringen Fangraten überwinteter Käfer scheint eine erfolgreiche Überwinterung allerdings eher die Ausnahme darzustellen.

#### 4.3.1.3. Laufkäfer als Antagonisten von *Otiorhynchus* spp. (Meilenstein 2)

Im Untersuchungsjahr 2008 wurde das Spektrum potentieller bodenlebender Antagonisten im Schiersteiner Blumengroßhandel erfasst. Insbesondere Laufkäfer (Carabidae, Cicindelidae) wurden dabei als Fraßfeinde für Rüsselkäfer eingestuft. In Fraßversuchen im Labor konnte gezeigt werden, dass Laufkäfer der Gattung *Harpalus* und *Nebria* als räuberische Antagonisten von Rüsselkäferlarven in Frage kommen (Abbildung 4.13). Zudem wurde beobachtet, dass zumindest mehrere adulte Laufkäfer zusammen in der Lage sind, auch adulte *O. dieckmanni* zu fressen.



Abbildung 4.13: Fotografischer Nachweis von *Nebria* sp. als Fraßfeind einer *Otiorhynchus* Larve.

Um einen möglichen Einfluss von Laufkäfern auf die Populationen der verschiedenen *Otiorhynchus*-Arten festzustellen, wurden die Fangzahlen von Laufkäfern mit denjenigen der Rüsselkäfer verglichen (Barberfallen, Versuchsjahre 2008 – 2010). Dabei zeigte sich, dass die Fangzahlen von Laufkäfern von 2008 bis 2010 deutlich zurückgingen die der Rüsselkäfer im selben Zeitraum kontinuierlich zunahm. Inwieweit die zeitliche Zunahme der Fangzahlen (etwa Verdreifachung) bei Rüsselkäfern tatsächlich auf der Verringerung der Laufkäferzahlen (etwa Drittelung) basiert, kann hier allerdings nicht abschließend bewertet werden.

#### 4.3.1.4. Mechanische Rüsselkäferbekämpfung: Prüfung verschiedener Fallentypen bzw. Barrieren (Meilenstein 3)

##### Vergleich der Fängigkeit von Lebend- und Totfallen

In den Versuchsjahren 2008 bis 2011 wurden sowohl Barber- (Totfallen) als auch Lebendfallen für den Fang von *Otiorhynchus*-Arten eingesetzt. Bei einem Vergleich der beiden angewandten Fangmethoden erwiesen sich die Lebendfallen als wesentlich effektiver

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

als die Barberfallen. Insgesamt war der Fangerfolg von *Otiorhynchus*-Arten bei Lebendfallen etwa um das Dreifache (2009) bis Fünffache (2010) erhöht. Hierbei wurde gefolgert, dass die sehr unterschiedlichen Fangzahlen entweder mit einer abschreckenden Wirkung der Fangflüssigkeit von Barberfallen (verdünnte Essigsäure, ggf. auch der darin getöteten Tiere) in Zusammenhang stehen oder aber durch eine Anlockwirkung der Lebendfallen verursacht werden. Es kann angenommen werden, dass die Käfer möglicherweise über Lockstoffe bzw. Aggregationspheromone verfügen und dadurch Fallen mit lebenden Tieren attraktiver sind als solche mit toten Käfern.

#### **Mögliches Entweichen von Rüsselkäfern aus den Lebendfallen**

Im Labor wurde beobachtet, in wie weit die Käfer der Gattung *Otiorhynchus* aus den Lebendfallen entweichen können. Innerhalb des Beobachtungszeitraumes von einer Woche wurde keinerlei Entweichen der Rüsselkäfer festgestellt. Damit sind die verwendeten Fallen für den Lebendfang von Arten der Gattung *Otiorhynchus* gut geeignet.

#### **Schneckenzaun als mechanische Barriere für *Otiorhynchus* spp.**

Hinsichtlich eines möglichen Einflusses des als potentiell es Ausbreitungshindernis errichteten Schneckenzaunes im Versuchsjahr 2008 ergaben sich keine offenkundigen bzw. gesicherten Aussagen. Allerdings konnten entlang des Schneckenzaunes gehäuft Käfer von Hand abgesammelt werden, so dass davon auszugehen ist, dass dieser als mechanische Barriere fungieren kann.

#### **Einsatz von Duftstoffen im Feldversuch**

Zur Überprüfung der Wirkung der Duftstoffe auf drei *Otiorhynchus*-Arten (*O. raucus*, *O. rugosostriatus* und *O. dieckmanni*) wurden die artspezifischen saisonalen Fangzahlen der 15 Lebendfallen des Versuchsjahres 2011 – jeweils drei Wiederholungen für insgesamt vier Duftstoffe und eine Kontrolle – aufsummiert und einer statistischen Analyse (Kruskal-Wallis-Test) unterzogen (Abbildung 4.14 - Abbildung 4.16).

Für den Gesamtzeitraum 2011 ergaben sich bei keiner der betrachteten Dickmaulrüsslerarten signifikante Unterschiede zwischen den Fallenfängen der Kontrollfallen und der einzelnen Duftstoffvarianten. Vergleicht man die Fangzahlen innerhalb der drei Wiederholungen (Daten nicht dargestellt), so fällt bei beiden Arten auf, dass jeweils ein starker Randeffect festzustellen war: Bei *O. dieckmanni* wurden vor allem im zeitigen Frühjahr fast alle Tiere in der mittleren, im Feld befindlichen Falle gefangen; bei *O. raucus* wurden immer deutlich mehr Individuen in den Randfallen registriert.

Für den letzten Fangzeitraum (Mitte – Ende Juli 2011) konnte bei *O. rugosostriatus* ein signifikanter Unterschied in den Fangzahlen der Duftstoffe VA und V15 nachgewiesen werden, wobei in mit Duftstoff VA bestückten Fallen signifikant mehr *O. rugosostriatus* Käfer gefangen wurden als in V15 (nicht dargestellt). Duftstoff V15 ist ein Kairomon, damit könnte gemutmaßt werden, dass dieses Kairomon mglw. eine abstoßende Wirkung auf die Art *O. rugosostriatus* ausübte.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass die getesteten Duftstoffe, zumindest im Feldversuch, keine wesentlichen Verhaltensänderungen der im Gebiet vorhandenen Dickmaulrüsslerarten (*O. raucus*, *O. dieckmanni* und *O. rugosostriatus*) bewirkten. Einzig für eines der getesteten Kairomone konnte zur Hauptaktivitätszeit eine Abstoßreaktion auf *O. rugosostriatus* festgestellt werden. Außerdem müssen alle diesbezüglich getroffenen Aussagen durch die Wirkung möglicher Randeffecte sowie die doch insgesamt eher ungleichmäßige räumliche Verteilung der *Otiorhynchus*-Arten in Frage gestellt bzw. relativiert werden.

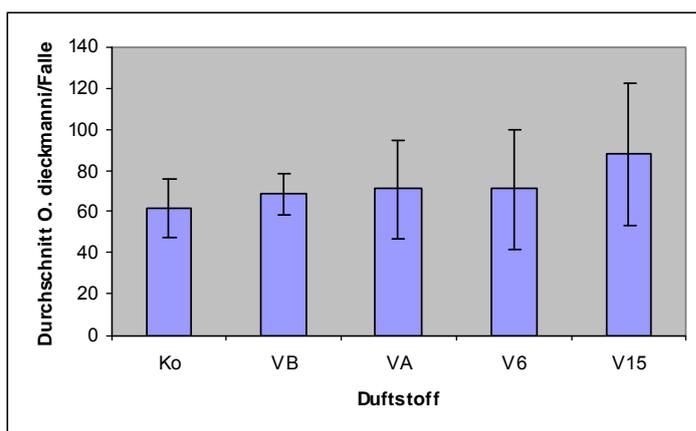


Abbildung 4.14: Durchschnittliche Fangzahlen von *O. dieckmanni* für vier Duftstoffvarianten und eine Kontrolle (je 3 Fällen) im Untersuchungszeitraum März bis Juli 2011.

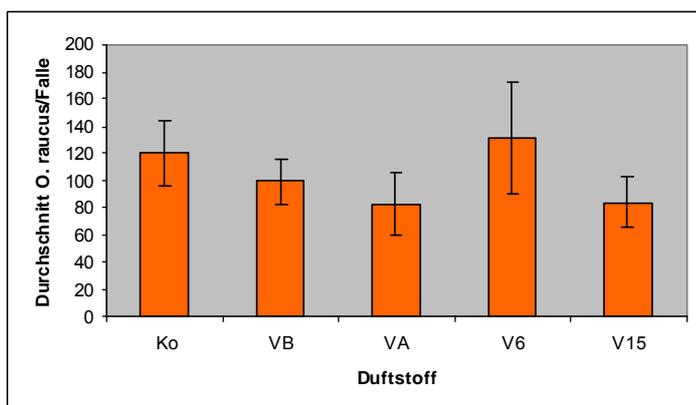


Abbildung 4.15: Durchschnittliche Fangzahlen von *O. raucus* für vier Duftstoffvarianten und eine Kontrolle (je 3 Fällen) im Untersuchungszeitraum März bis Juli 2011.

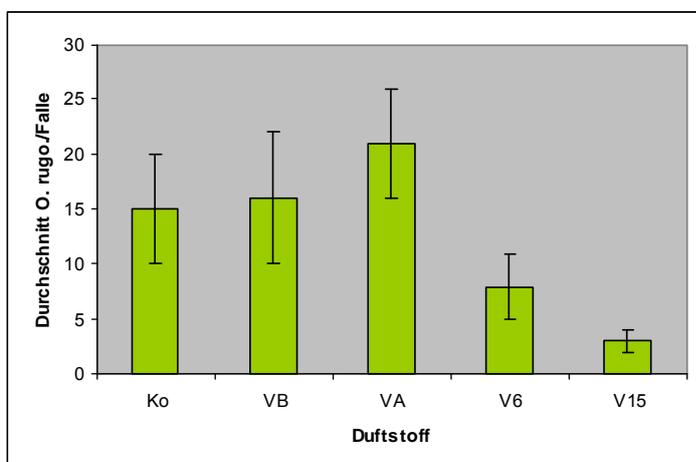


Abbildung 4.16: Durchschnittliche Fangzahlen von *O. rugosistriatus* für vier Duftstoffe und eine Kontrolle (je 3 Fällen) im Untersuchungszeitraum März bis Juli 2011.

#### 4.3.1.5. Infektionsversuche mit entomopathogenen Pilzen (EPP) im Labor (Meilenstein 4)

Während der Projektlaufzeit wurden die entomopathogenen Pilze (EPP) *B. bassiana* (Stamm ATCC 74040, Präparat Naturalis®), *I. fumosorosea* (Stamm Apopka 97, Präparat PreFeRa® WG) und *M. anisopliae* (Stamm Ma43) gegen verschiedene Entwicklungsstadien von *Otiorhynchus* spp. getestet. Im Folgenden werden die Ergebnisse der einzelnen Versuche dargestellt.

### Infektionsversuche mit EPP und Eiern von *Otiorhynchus* spp.

Die Wirksamkeit von 3% Naturalis® (*B. bassiana* Stamm ATCC 74040) wurde gegen Eier der Rüsselkäferarten *O. salicicola*, *O. armadillo* und *O. sulcatus* getestet. Außerdem wurde die Wirksamkeit von 0,1% PreFeRal® WG (*I. fumosorosea*) gegen Eier der Arten *O. salicicola* und *O. armadillo* untersucht. Dabei konnte gezeigt werden, dass sowohl 3% Naturalis® als auch 0,1% PreFeRal® WG eine 100%ige Wirkung gegen die Eier verschiedener *Otiorhynchus*-Arten hatten (Abbildung 4.17, A-C). Bei einer Infektion der Eier mit Naturalis® war bei allen *Otiorhynchus*-Arten ein deutliches Myzelwachstum von *B. bassiana* zu beobachten (Abbildung 4.17, D). Aus den mit Naturalis® behandelten *O. armadillo* und *O. salicicola* Eiern schlüpfte zudem jeweils nur eine Larve. Im Gegensatz dazu konnte eine Infektion der Eier mit PreFeRal® WG den Larvenschlupf nicht verhindern. Die frisch geschlüpften Larven wurden jedoch nachträglich mit *I. fumosorosea* infiziert und damit abgetötet (Abbildung 4.17, E).

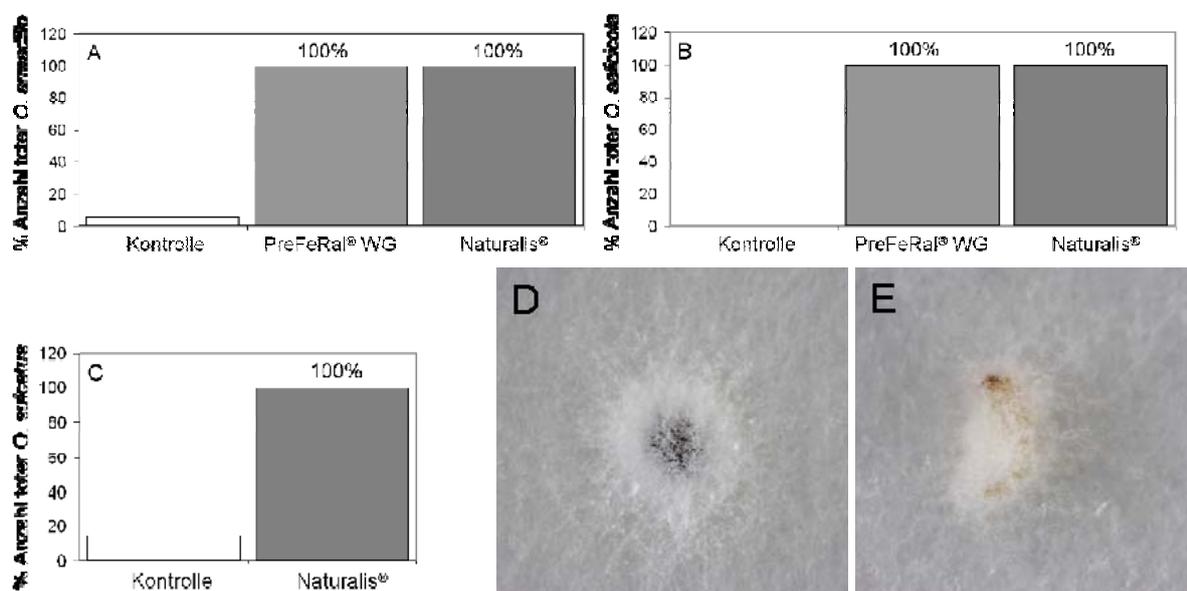
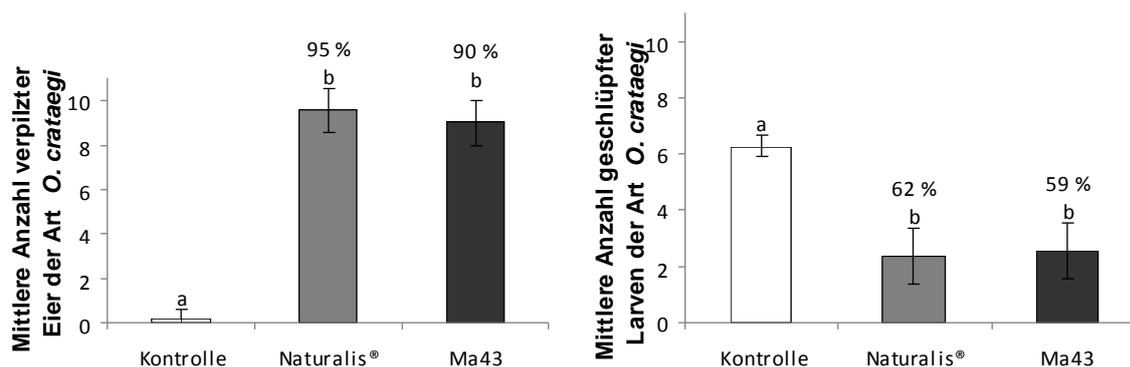


Abbildung 4.17: Prozentuale Anzahl toter (A) *O. armadillo*, (B) *O. salicicola* und (C) *O. sulcatus* Eier nach der Behandlung mit verschiedenen EPP sowie Wasser als Kontrolle. Bei signifikanten Unterschieden zur Kontrolle ( $p$ -Wert < 0,01,  $\chi^2$ -Test) ist der Wirkungsgrad nach Abbott (1925) über den Balken angegeben. (D) *Otiorhynchus* sp. Ei infiziert mit *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 (Naturalis®). (E) *Otiorhynchus* sp. Larve infiziert mit *I. fumosorosea* (PreFeRal® WG).

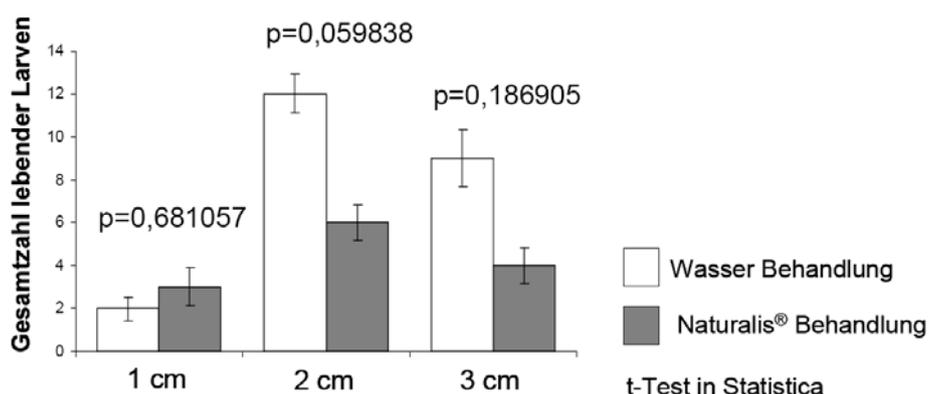
Im Rahmen einer Bachelorarbeit (Greif 2012) wurde außerdem die Wirksamkeit von 3% Naturalis® sowie einer Sporensuspension aus  $2,23 \times 10^7$  Sporen/ml von *M. anisopliae* Stamm Ma43 gegen Eier von *O. crataegi* getestet. Dabei konnte gezeigt werden, dass Naturalis® und Ma43 Eier von *O. crataegi* infizieren können, mit einem Wirkungsgrad von ca. 95% für Naturalis® und 90% für Ma43 (Abbildung 4.18). Außerdem konnte die mittlere Anzahl geschlüpfter Larven aus den behandelten Eiern signifikant reduziert werden (Wirkungsgrad von 62% für Naturalis® und 59% für Ma43) (Abbildung 4.18).

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand



**Abbildung 4.18:** Mittlere ( $n = 10$ ) Anzahl verpilzter *O. crataegi* Eier (links) und geschlüpfter Larven (rechts) nach der Behandlung mit Naturalis® und einer Sporensuspension des Stammes Ma43. Bei signifikanten Unterschieden zur Kontrolle ist der Wirkungsgrad nach Abbott (1925) angegeben.

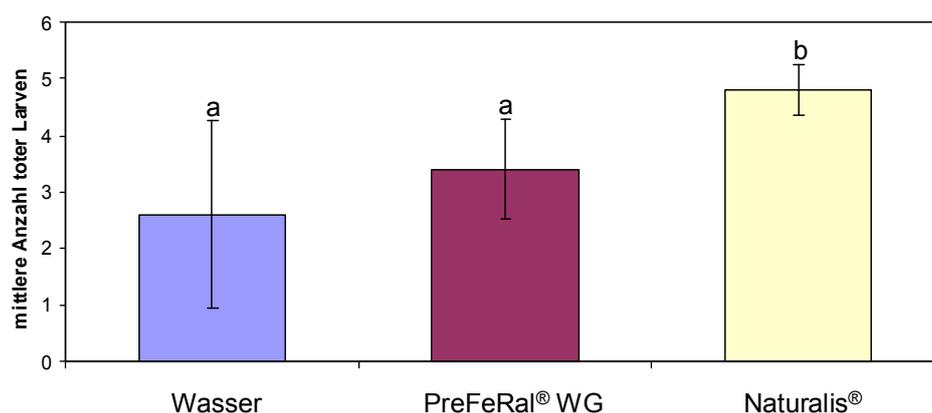
Neben den oben genannten Infektionsversuchen mit EPP an Eiern verschiedener *Otiorhynchus*-Arten auf Filterpapier wurden zusätzlich Versuche unter praxisnäheren Bedingungen durchgeführt. Dazu wurde eine definierte Anzahl von *O. sulcatus* Eiern in mit Substrat (ED 73) befüllte Gefäße (Abbildung 4.7) gegeben. Diese Gefäße wurden anschließend mit 3% Naturalis® und Wasser als Kontrolle gegossen. Nach 14 Tagen wurde die Anzahl an lebenden Larven erfasst. In keiner der Versuchsvarianten konnte zwischen der Kontrolle und der Behandlung mit Naturalis® ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Anzahl lebender Larven festgestellt werden (Abbildung 4.19). Dennoch konnten vereinzelt frisch geschlüpfte, mit *B. bassiana* infizierte *O. sulcatus* Larven in den mit Naturalis® behandelten Gefäßen gefunden werden. Neben den Larven konnten auch vereinzelt mit *B. bassiana* infizierte Eier dokumentiert werden. Damit konnte gezeigt werden, dass *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 (Naturalis®) sowohl Eier als auch jüngere Larven des Gefurchten Dickmaulrüsslers unter natürlichen Bedingungen im Substrat infizieren kann.



**Abbildung 4.19:** Gesamtzahl lebender Larven von *O. sulcatus* nach Gießapplikation von 3% Naturalis® und Wasser als Kontrolle bei verschiedenen Deckschichten (1, 2 und 3 cm) an Substrat. Die angegebenen p-Werte wurden mittels t-Test errechnet.

#### Infektionsversuche mit EPP und Larven von *O. sulcatus*

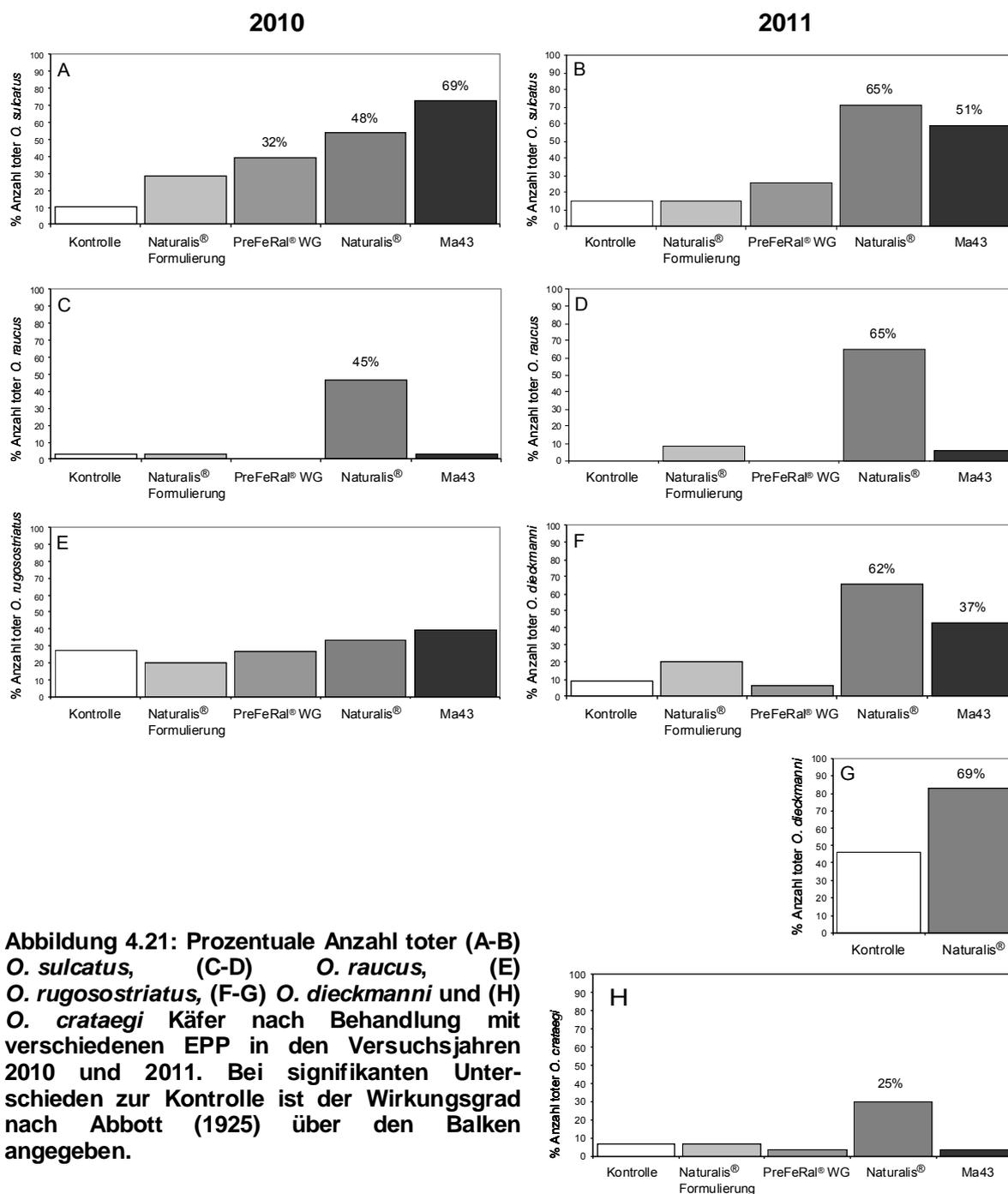
Getopfte Reben wurden mit Larven des Gefurchten Dickmaulrüsslers infiziert. Eine Gießapplikation von 3% Naturalis® und 0,1% PreFeRal® WG zeigte, dass Naturalis® eine signifikante höhere Larvenmortalität (Wirkungsgrad von 92%;  $p$ -Wert  $< 0,05$ , Tukey HSD Test) verursachte als PreFeRal® WG (Wirkungsgrad von 33%;  $p$ -Wert  $> 0,05$ , Tukey HSD Test) (Abbildung 4.20).



**Abbildung 4.20: Mittlere Anzahl toter *O. sulcatus* Larven (5 Wiederholungen mit 5 Larven) nach Gießbehandlung von Topfreben mit Wasser, PreFeRal® WG und Naturalis®. Signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgliedern sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet, die Standardabweichung der einzelnen VGs ist durch Linien verdeutlicht.**

#### **Infektionsversuche mit EPP und adulten *Otiorhynchus* spp.**

In den Versuchsjahren 2010 und 2011 wurden Infektionsversuche mit verschiedenen EPP und adulten Käfern der Arten *O. sulcatus*, *O. rugosostriatus*, *O. dieckmanni*, *O. crataegi* und *O. raucus* durchgeführt. Dabei konnte in beiden Versuchsjahren festgestellt werden, dass eine Applikation von 3,75% Naturalis® eine signifikante Wirksamkeit gegenüber adulten *O. sulcatus* zeigte (Wirkungsgrad von ca. 48% im Versuchsjahr 2010 und ca. 65% in 2011) (Abbildung 4.21, A und B). Außerdem wurde deutlich, dass das Isolat Ma43 eine signifikante Wirkung gegen *O. sulcatus* besaß (Wirkungsgrad von ca. 69% in 2010 und ca. 51% in 2011) (Abbildung 4.21, A und B). Im Versuchsjahr 2010 war das Präparat PreFeRal® WG ebenfalls wirksam gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (Wirkungsgrad von ca. 32%) (Abbildung 4.21, A). Dieses Ergebnis konnte allerdings im folgenden Jahr nicht bestätigt werden. Die Arten *O. raucus* und *O. crataegi* waren ausschließlich anfällig für Naturalis® (*O. raucus* Wirkungsgrad von ca. 45% in 2010 und ca. 65% in 2011; *O. crataegi* Wirkungsgrad von ca. 25%) (Abbildung 4.21, C, D und H). Naturalis® zeigte außerdem eine Wirksamkeit gegen *O. dieckmanni* (Wirkungsgrad von ca. 62% in 2010 und ca. 69% in 2011) (Abbildung 4.21, F und G). *Otiorhynchus dieckmanni* war zudem anfällig für Ma43 (Wirkungsgrad von ca. 37%) (Abbildung 4.21, F). Im Versuchsjahr 2010 zeigte keiner der eingesetzten EPP eine Wirkung gegen *O. rugosostriatus* (Abbildung 4.21, E). Außerdem konnte in beiden Versuchsjahren gezeigt werden, dass die reine Naturalis® Formulierung keinen Einfluss auf die Mortalität adulter Rüsselkäfer hatte (Abbildung 4.21, A bis H).



**Abbildung 4.21: Prozentuale Anzahl toter (A-B) *O. sulcatus*, (C-D) *O. raucus*, (E) *O. rugosostriatus*, (F-G) *O. dieckmanni* und (H) *O. crataegi* Käfer nach Behandlung mit verschiedenen EPP in den Versuchsjahren 2010 und 2011. Bei signifikanten Unterschieden zur Kontrolle ist der Wirkungsgrad nach Abbott (1925) über den Balken angegeben.**

#### 4.3.1.6. Freilandversuche mit EPP (Meilenstein 5)

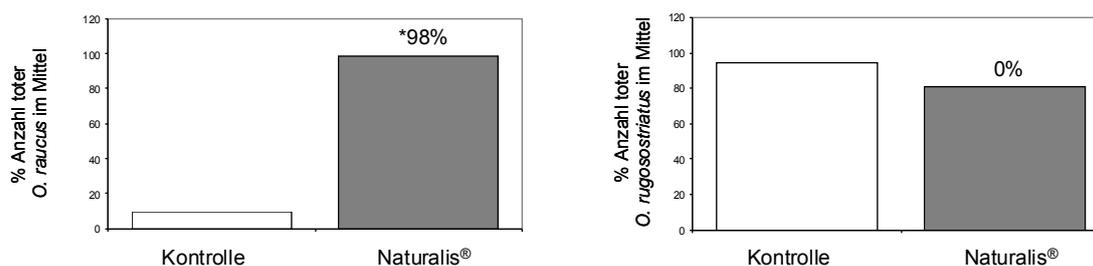
In den Versuchsjahren 2010 und 2011 wurde das Präparat Naturalis® (*B. bassiana* Stamm ATCC 74040) gegen adulte Rüsselkäfer der Arten *O. raucus*, *O. dieckmanni* und *O. rugosostriatus* im Freiland eingesetzt. Bei diesen Versuchen wurden im Päonienbestand des Schiersteiner Blumengroßhandels bestimmte Bereiche durch einen Schneckenzaun abgegrenzt. Nachdem in diese Parzellen eine definierte Anzahl Rüsselkäfer freigelassen wurde, wurde das Pilzpräparat Naturalis® gespritzt und die Käfer nach einer bestimmten Zeit wieder abgefangen. Die gefangenen Käfer wurden anschließend für fünf Wochen im Labor gehalten und hinsichtlich Mortalität überprüft.

Sowohl im Jahr 2010 als auch 2011 erwies sich das gewählte Versuchsdesign als sehr geeignet, um die Effizienz des Pilzpräparates Naturalis® gegenüber adulten Rüsselkäfern der Gattung *Otiorhynchus* zu quantifizieren. Im Versuchsjahr 2010 wurden von den jeweils 400

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

freigelassenen Individuen der Art *O. raucus* und *O. rugosostriatus* 155 *O. raucus* und 109 *O. rugosostriatus* wiedergefangen. Damit lag die Wiederfangrate bei ca. 39% für *O. raucus* und bei ca. 27% für *O. rugosostriatus*. Im folgenden Jahr wurde der Versuch zweimal wiederholt. Im ersten Versuchsdurchgang wurden jeweils 360 *O. raucus* und *O. dieckmanni* und im zweiten Versuch 540 *O. raucus* freigelassen. Die Wiederfangrate für *O. raucus* lag bei ca. 43% und 57% (erster und zweiter Versuchsdurchgang) und bei ca. 4% für die Art *O. dieckmanni*. Im Jahr 2010 konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der Anzahl an wiedergefangenen *O. raucus* und *O. rugosostriatus* festgestellt werden (t-Test mit p-Wert = 0,143131). Im Folgejahr wurden signifikant mehr *O. raucus* als *O. dieckmanni* wiedergefangen (Mann-Whitney U-Test mit p-Wert = 0,000313). Die Art *O. dieckmanni* ist sehr früh im Jahr aktiv (vgl. Kapitel 4.3.1.2). Der Versuch mit dieser Art wurde im Juni durchgeführt. Es wird angenommen, dass *O. dieckmanni* zu diesem Zeitpunkt eine verringerte Aktivität aufwies und aus diesem Grund nur geringe Mengen an Käfer wiedergefangen wurden.

Die Wirksamkeit einer Applikation von 3% Naturalis® zeigte im Versuchsjahr 2010 signifikante Unterschiede zwischen den beiden Arten *O. raucus* und *O. rugosostriatus*: Im Vergleich zur Kontrolle starben signifikant mehr *O. raucus* nach Behandlung mit 3% Naturalis® (Welch t-Test mit p-Wert = 0,02752; durchschnittlicher Wirkungsgrad von ca. 98%, Abbildung 4.22, links), während es keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl toter *O. rugosostriatus* Käfer zwischen mit Naturalis® behandelten Plots und unbehandelten Kontrollflächen gab (Welch t-Test mit p-Wert = 0,6042; durchschnittlicher Wirkungsgrad von 0%, Abbildung 4.22, rechts). Auffällig war die hohe Sterblichkeit von *O. rugosostriatus* in der Kontrolle, die auf Grundlage der vorliegenden Daten nicht erklärt werden kann.



**Abbildung 4.22: Prozentuale Anzahl toter *O. raucus* (links) und *O. rugosostriatus* (rechts) Käfer nach der Behandlung der Freilandflächen im Versuchsjahr 2010 mit Wasser (Kontrolle) und 3% Naturalis®. Die Käfer wurden aus den Freilandflächen zurückgefangen, für fünf Wochen im Labor gehalten und auf Mortalität überprüft. Der Wirkungsgrad nach Abbott (1925) ist über den Balken angegeben. Signifikante Unterschiede zur Kontrolle sind durch ein Sternchen gekennzeichnet.**

Im Versuchsjahr 2011 wurden die Freilandversuche mit zwei Wiederholungen und unterschiedlichen Naturalis® Konzentrationen wiederholt. Obwohl viele *O. raucus* sowohl im ersten als auch zweiten Versuchsdurchgang wiedergefangen wurden, konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der Behandlung mit 1,875% Naturalis® (durchschnittlicher Wirkungsgrad von ca. 5% und ca. 8%) sowie 3,75% Naturalis® (durchschnittlicher Wirkungsgrad von 0% und ca. 6%) gegenüber der Kontrolle festgestellt werden (Kruskal-Wallis Test mit p-Wert = 0,4128 im ersten Versuch und p-Wert = 0,2881 im zweiten Versuch). Aufgrund der geringen Wiederfänge von *O. dieckmanni* im ersten Versuchsdurchgang wurde auf die statistische Auswertung verzichtet.

#### **4.3.1.7. Ermittlung der Persistenz von *B. bassiana* (Stamm ATCC 74040, Naturalis®) im Topfversuch unter Gewächshausbedingungen (Meilenstein 8)**

Im Rahmen einer Masterarbeit (Bischoff-Schaefer 2010) wurden verschiedene Mikrosatellitenmarker zur stammspezifischen Detektion von *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 (Naturalis®) aus verschiedenen Kultursubstraten untersucht. Dabei zeigte sich, dass die ver-

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

wendeten SSR Marker (Abbildung 4.23) insgesamt sehr gut geeignet waren das betreffende *B. bassiana* Isolat im Kultursubstrat noch bis zu 14 Wochen nach der Applikation zu detektieren. Die verwendeten Pflanzen schienen dabei keinen Einfluss auf die Persistenz des Pilzes zu haben, wobei *B. bassiana* in dem Substrat Lignostrat am längsten nachweisbar war. Eine ausführliche Darstellung der Versuchsergebnisse kann der Masterarbeit von Bischoff-Schaefer (2010) entnommen werden. Insgesamt steht damit nun eine Methode zur Verfügung, die eine Ermittlung der Persistenz von Naturalis® sowohl in verschiedenen Kultursubstraten als auch in Böden gärtnerischer Freilandkulturen erlaubt.

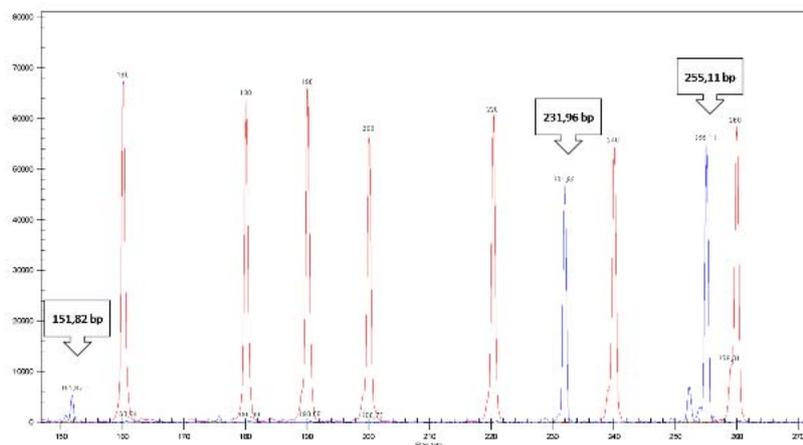


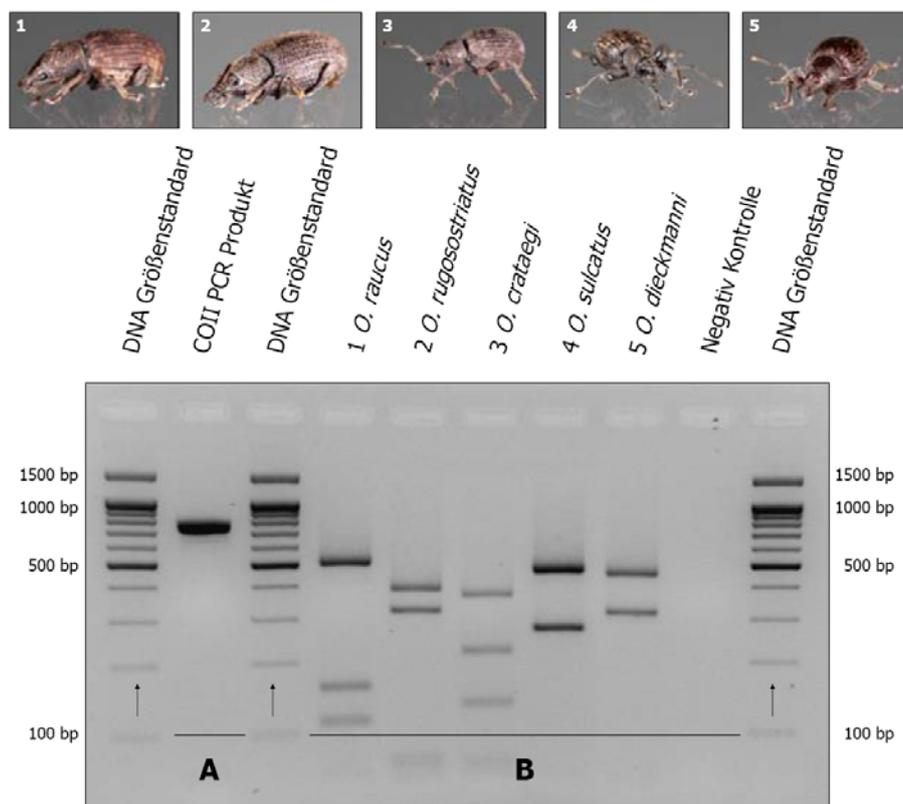
Abbildung 4.23: Amplifikationsprodukte von SSR Markern Ba02 (152 bp), Ba08 (255 bp) und Ba12 (232 bp) mit DNA, die aus dem Präparat Naturalis® isoliert wurde.

#### 4.3.1.8. Ausbreitung und Wirksamkeit von *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 (Naturalis®) im Kultursubstrat (Meilenstein 8)

Im Rahmen einer Bachelorarbeit (Gottwald 2011) wurde die Ausbreitung und Wirksamkeit von *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 im Kultursubstrat Einheitserde ED 73 untersucht. Bei diesem Versuch zeigte sich, dass *B. bassiana* bei allen Probezeitpunkten (1, 2, 4 und 6 Wochen nach Behandlung) sowie Versuchsvarianten (Gießapplikation von 3% Naturalis® und Einmischen von *B. bassiana* in das Substrat) eine 100% Wirkung gegen *Galleria* Larven hatte. Außerdem konnte *B. bassiana* bei der Gießapplikation nur in den oberen Erdschichten nachgewiesen werden. Es erfolgte dem zu Folge keine Auswaschung in tiefere Schichten durch Bewässerung. Beim Mischen mit dem Substrat konnte *B. bassiana* dagegen über den gesamten Probezeitraum (6 Wochen) in allen Substratschichten nachgewiesen werden. Eine umfangreiche Darstellung der einzelnen Versuchsergebnisse kann der Bachelorarbeit von Gottwald (2011) entnommen werden.

#### 4.3.1.9. Molekulare Artbestimmung von *Otiorhynchus* spp.

Rüsselkäfer sind im Larvalzustand nicht bzw. nur schwer morphologisch zu bestimmen. Aus diesem Grund wurde zur sicheren Identifikation der verschiedenen Rüsselkäferarten eine molekularbiologische Methode, basierend auf der PCR-RFLP Technik, entwickelt. Bei dieser Technik wird nach der DNA Isolation aus der Käferlarve ein Fragment der Cytochrom Oxidase Untereinheit II (COII) mittels PCR amplifiziert (Abbildung 4.24, A). Dieses Fragment wird anschließend mit Hilfe von Restriktionsenzymen verdaut. In Abbildung 4.24, B ist der Verdau mit dem Restriktionsenzym *TaqI* exemplarisch für fünf verschiedenen *Otiorhynchus*-Arten dargestellt (Abbildung 4.24, B, 1-5). Bei diesem Verdau ergeben sich z. B. für die Käferart *O. raucus* drei Fragmente mit einer Größe von ca. 110, 160 und 510 bp (Abbildung 4.24, B, 1). Bei der Art *O. dieckmanni* hingegen entstehen nur zwei Fragmente mit einer Größe von ca. 320 und 460 bp (Abbildung 4.24, B, 5).

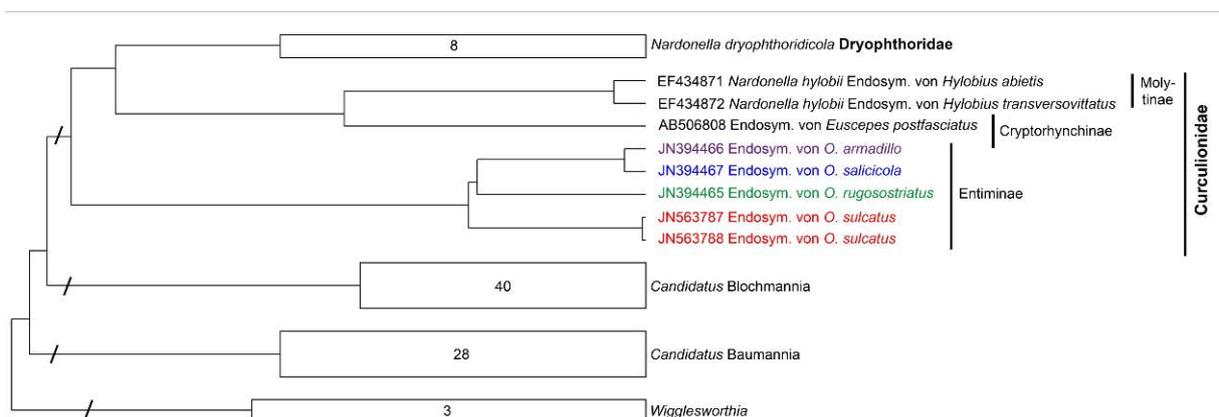


**Abbildung 4.24:** Agarosegel (3%) zur molekularen Artbestimmung von Rüsselkäfern. **A:** amplifiziertes COII Fragment (unverdaut) **B:** RFLP-Muster der COII (verdaut mit *TaqI*) von fünf verschiedenen *Otiorhynchus* Arten. DNA Größenstandard: 100 bp Schritte bis 1000 bp. Nur Fragmente größer als 100 bp werden bei der Artbestimmung mit einbezogen.

Genauere Informationen zum methodischen Vorgehen sowie eine umfangreiche Darstellung der einzelnen Ergebnisse können Kapitel 4.2.9 bzw. der dazu erschienenen Publikation (Hirsch et al. 2010) entnommen werden. Mit der PCR-RFLP Technik können nun 24 verschiedene Rüsselkäferarten (16 *Otiorhynchus*-Arten und 8 weitere Rüsselkäferarten) unabhängig von ihrem Entwicklungsstadium identifiziert werden. Unter den molekularbiologisch untersuchten *Otiorhynchus*-Arten befinden sich alle mit mittlerem bis hohem Schädlingspotential eingestufteten Arten (siehe Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Damit deckt dieses Diagnoseverfahren die Bestimmung der wichtigsten *Otiorhynchus* Schädlinge in Deutschland in allen Entwicklungsstadien ab.

#### 4.3.1.10. Endosymbiontenspektrum von *Otiorhynchus* spp.

Bisher ist über das Vorkommen sowie Artenspektrum von bakteriellen Endosymbionten bei verschiedenen Rüsselkäferarten der Gattung *Otiorhynchus* nur wenig bekannt. Dieses Wissen kann jedoch dazu beitragen, die Entstehung von verschiedenen Fortpflanzungsformen (Parthenogenese oder bisexuelle Reproduktion) zu klären, oder es kann als Grundlage für neue Bekämpfungsstrategien genutzt werden. Mit Hilfe der neuen 454 Pyrosequenzierungstechnik konnte das Endosymbiontenspektrum der Rüsselkäferarten *O. sulcatus*, *O. rugosostriatus*, *O. armadillo* und *O. salicicola* im Larvalzustand ermittelt werden. Dabei zeigte sich, dass verschiedene Rüsselkäferarten ein unterschiedliches Endosymbiontenspektrum aufweisen. Bakterien der Gattung *Rickettsia* oder „*Candidatus* Blochmannia“ wurden bei der Auswertung der 454 Sequenzierdaten als dominante Gruppen in den Rüsselkäfern festgestellt. Mit Hilfe spezifischer Primer für bestimmte Bakteriengruppen konnte das Vorkommen von Bakterien der Gattung *Rickettsia* bestätigt sowie das Vorkommen von Bakterien der Gattung „*Candidatus* Nardonella“ (Abbildung 4.25) detektiert werden. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse ist Hirsch et al. (2012) zu entnehmen.



**Abbildung 4.25:** Neighbour Joining-16S rDNA-Stammbaum von „*Candidatus Nardonella*“ Endosymbionten (abgekürzt mit Endosym. in der Grafik). DNA Sequenzen, die im vorliegenden Projekt gewonnen wurden sind farblich gekennzeichnet. Die Distanzen wurden für die Darstellung an vier Stellen (Schrägstriche) reduziert. Die Anzahl der Sequenzen, die in den jeweiligen Gruppen enthalten ist, ist als Nummer dargestellt.

### 4.3.2. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Im Rahmen des vorliegenden Projektes konnte mit Hilfe eines mehrjährigen Monitorings nachgewiesen werden, dass die vorgefundenen *Otiorhynchus*-Arten deutlich unterschiedliche Phänologien aufweisen. Außerdem konnte gezeigt werden, dass Lebendfallen eine höhere Fängigkeit als Totfallen (Barberfallen) besitzen und deshalb bevorzugt für das Monitoring eingesetzt werden sollten. Bei einem etwaigen Auftreten von Dickmaulrüsslern, sollte deshalb zunächst ein Monitoring mit exakter Bestimmung der Arten durchgeführt werden, um Informationen über die Artzusammensetzung und Phänologie der Tiere und damit über mögliche geeignete Bekämpfungszeitpunkte zu gewinnen. Zur Artbestimmung kann das im vorliegenden Projekt entwickelte molekulare Diagnoseverfahren, basierend auf der PCR-RFLP-Technik, verwendet werden. Diese Methode wurde in erster Linie zur Artbestimmung von *Otiorhynchus* Larven entwickelt, eignet sich jedoch für jedes Entwicklungsstadium gleichermaßen. Das entwickelte molekulare Diagnoseverfahren deckt alle bisher als schädlich eingestuftes *Otiorhynchus*-Arten in Deutschland ab und bietet somit eine hohe Sicherheit bei der Artbestimmung.

Eine exakte Artbestimmung ist außerdem wichtig, weil sich in Infektionsversuchen mit entomopathogenen Pilzen (EPP) gegen adulte *Otiorhynchus* spp. gezeigt hat, dass verschiedene *Otiorhynchus*-Arten eine unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber den getesteten EPP aufwiesen. So war die Art *O. rugosostriatus* im adulten Stadium völlig unempfindlich gegenüber allen getesteten entomopathogenen Pilzarten. Gegenüber den anderen *Otiorhynchus*-Arten erwiesen sich vor allem die entomopathogenen Pilze *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 (Naturalis®) und *M. anisopliae* Stamm Ma43 in Infektionsversuchen als wirksam gegenüber adulten Käfern. In einem Freilandversuch konnte außerdem gezeigt werden, dass mindestens  $\sim 6,9 \times 10^8$  Sporen/m<sup>2</sup> von *B. bassiana* (Naturalis®) eingesetzt werden müssen, um adulte Rüsselkäfer der Gattung *Otiorhynchus* zu bekämpfen. Die Anwendung des kommerziell erhältlichen Pilzpräparates Naturalis® erscheint damit als eine denkbare Bekämpfungsstrategie zur Kontrolle von *Otiorhynchus*-Arten im Freiland. Fang-Markierungs-Wiederfang-Versuche im Freiland zeigten, dass die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung erfassten Rüsselkäferarten als relativ ortstreu zu bezeichnen sind. Ihr Aktionsradius im Feld beschränkte sich auf wenige Meter. Daraus kann für notwendige Bekämpfungsmaßnahmen gefolgert werden, dass sich eine Bekämpfung der Tiere z. B. mit entomopathogenen Pilzen auf die sichtbaren Befallsherde und deren unmittelbare Umgebung beschränken kann.

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

In weiteren Laborversuchen konnte gezeigt werden, dass *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 (Naturalis®) Eier sowie jüngere und ältere Larven von *O. sulcatus* infizieren kann. Außerdem konnte nachgewiesen werden, dass *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 beim Einmischen in das Substrat Einheitserde ED 73 noch nach 6 Wochen infektiös für *Galleria* Larven war. Aufgrund dieser Ergebnisse ist das Einmischen von Naturalis® in das Kultursubstrat beim Topfen der Pflanzen eine denkbare Bekämpfungsstrategie gegen juvenile Entwicklungsstadien von *Otiorhynchus* spp.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurde außerdem eine molekularbiologische Methode zum stammspezifischen Nachweis von *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 (Naturalis®) in verschiedenen Kultursubstraten etabliert. Mit dieser Methode können zukünftig Versuche zur Persistenz und Ausbreitung sowie zum Einfluss einer Applikation eines entomopathogenen Pilzes auf die Bodenmikroflora durchgeführt werden.

Des Weiteren wurde das bakterielle Endosymbiontenspektrum von vier *Otiorhynchus*-Arten untersucht. Aufbauend auf dieser Arbeit können zukünftig Versuche zur Funktion bestimmter Endosymbionten durchgeführt werden und ggf. neue Bekämpfungsstrategien entwickelt werden.

#### 4.4. Zusammenfassung

Im vorliegenden Projekt wurden Aspekte zur Biologie und Genetik verschiedener *Otiorhynchus*-Arten erarbeitet sowie Möglichkeiten zur biologischen Bekämpfung von Rüsselkäfern mit Hilfe entomopathogener Pilze untersucht. Des Weiteren wurden Versuche zum Nachweis, zur Etablierung und zur Wirksamkeit des entomopathogenen Pilzes *Beauveria bassiana* Stamm ATCC 74040 (Bestandteil des Präparates Naturalis®) in verschiedenen Kultursubstraten durchgeführt.

In einem ausgewählten Gartenbaubetrieb diente eine knapp 1 ha große Parzelle, die in allen Untersuchungsjahren mit Rutenhirse (*Panicum spec.*) und Pfingstrose (*Paeonia spec.*) bepflanzt war als Versuchsfläche. Innerhalb von vier Jahren (2008 bis 2011) wurde das dortige *Otiorhynchus* **Artenspektrum** untersucht. Dabei wurden drei Dickmaulrüsslerarten, *O. raucus*, *O. rugosostriatus* und *O. dieckmanni*, regelmäßig und zahlreich nachgewiesen, eine weitere Art, *O. ovatus*, in nur geringer Anzahl. Außerdem wurde auf weiteren Flächen der Gärtnerei die Art *O. crataegi* nachgewiesen. Die Arten *O. raucus* und *O. rugosostriatus* traten auf der Untersuchungsparzelle alljährlich in größerer **Häufigkeit** (>100 Tiere) auf, letztere 2010 in sehr großer Anzahl (>2.500 Tiere). Die Art *O. dieckmanni* wurde einzig 2011 in großer Zahl (>1.000 Tiere) gefangen und in allen übrigen Jahren deutlich weniger zahlreich (<40 Tiere).

Aufgrund der ermittelten Daten zum **jahreszeitlichen Auftreten** handelt es sich bei *O. raucus* und *O. dieckmanni* um Frühjahrsarten, die im Boden als Käfer überwintern und nach Erreichen einer Bodentemperatur von etwa 8 bis 9°C in 50 cm Tiefe aktiv werden. Bei der Art *O. rugosostriatus* handelt es sich hingegen um eine Sommer- bzw. Herbstart, wobei diese Art als Ei oder Larve überwintern dürfte und die Jungkäfer ab Ende Juni schlüpfen.

Aufgrund der Fangdaten ist es sehr wahrscheinlich, dass die Individualentwicklung von *O. raucus*, *O. dieckmanni* und *O. rugosostriatus* in erster Linie in dem Rutenhirsefeld stattfand und dieses Feld bzw. der Übergangsbereich zwischen Rutenhirse und dem angrenzenden Pfingstrosenfeld als **bevorzugter Lebensraum** dieser Arten zu betrachten ist. Vor allem im späteren Frühjahr wurde eine Einwanderung von Käfern aus der Rutenhirse in die Pfingstrosen-Parzelle festgestellt.

Aufgrund eines Fang-Markierung-Wiederfang-Versuches 2009 konnten Informationen zum **Ausbreitungsverhalten** der einzelnen *Otiorhynchus*-Arten gewonnen werden. Die Arten *O. raucus* und *O. rugosostriatus* sind insgesamt wenig mobil und können als ortstet bezeichnet werden. Damit kann für Pflanzenschutzmittelanwendungen gegen diese Arten geschlussfolgert werden, dass sich diese auf die Befallsherde und das eng angrenzende Gebiet beschränken können.

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

Ein Vergleich der Fangzahlen von *Otiorhynchus*-Arten mit **Lebend- und Totfallen** zeigte, dass Lebendfallen um ein Vielfaches fängiger waren als Totfallen. Es wird vermutet, dass in diesem Zusammenhang Aggregationspheromone eine Rolle spielen. Aufgrund der guten Fängigkeit der Lebendfallen werden diese für ein Monitoring zum Auftreten von Rüsselkäfern in Gartenbaubetrieben empfohlen.

Eine Wirkung von ursprünglich an anderen *Otiorhynchus*-Arten getesteten **Duftstoffen** auf die drei im Gebiet häufig nachgewiesenen *Otiorhynchus*-Arten konnte nicht festgestellt werden. Nur in einem Fall, bei *O. rugosostriatus*, erfolgte hinsichtlich eines einzigen Kairomons eine (geringe) Abstoßungsreaktion. Der Einsatz von Duftstoffen scheint zudem auf Grund der Ortsstetigkeit der Käfer zur Anlockung über weitere Distanzen nur bedingt geeignet zu sein.

Freilandbeobachtungen sowie Fütterungsversuch im Labor zeigten, dass **Laufkäfer als Antagonisten** von Rüsselkäfern in Frage kommen. Über das Ausmaß der Prädation von Laufkäfern an *Otiorhynchus*-Arten und deren mögliche Wirkungen auf die Populationsdichte der Rüsselkäfer konnte im Rahmen der vorliegenden Studie keine Aussage getroffen werden.

Beim Auftreten von Schäden durch Dickmaulrüssler sollte – auf Grund einer unterschiedlichen Empfindlichkeit der Arten gegenüber bestimmten Präparaten - zunächst eine **Bestimmung der Arten** durchgeführt werden. Hierzu wurde in der vorliegenden Studie ein PCR-RFLP Fingerprint entwickelt, mit dessen Hilfe sich 16 verschiedene *Otiorhynchus*-Arten auch im Larvalzustand bestimmen lassen.

Im Rahmen der durchgeführten **Infektionsversuche mit entomopathogenen Pilzen (EPP)** konnte gezeigt werden, dass verschiedene *Otiorhynchus*-Arten als adulte Tiere eine unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber den einzelnen getesteten EPP aufwiesen. Dabei zeigten vor allem die Pilzstämme *B. bassiana* ATCC 74040 (Naturalis®) und *M. anisopliae* Stamm Ma43 eine gute Wirksamkeit gegen die verschiedenen *Otiorhynchus* Arten. Außerdem konnte nachgewiesen werden, dass unterschiedliche Entwicklungsstadien von *Otiorhynchus* spp. eine unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber den einzelnen EPP haben. Im Freiland konnte zudem eine Methode für Wirksamkeitsversuche mit EPP gegen adulte Rüsselkäfer etabliert werden. Dabei konnte gezeigt werden, dass mindestens  $\sim 6,9 \times 10^8$  Sporen/m<sup>2</sup> von *B. bassiana* (Naturalis®) eingesetzt werden müssen, um einen Effekt gegen adulte *Otiorhynchus* spp. unter Freilandbedingungen zu erzielen.

Neben den Infektionsversuchen mit EPP wurde eine molekularbiologische Methode zum **stammspezifischen Nachweis von *B. bassiana* ATCC 74040 (Naturalis®)** im Bodensubstrat etabliert. Zudem konnte gezeigt werden, dass sich *B. bassiana* ATCC 74040 (Naturalis®) in verschiedenen Kultursubstraten etablieren kann und noch nach mehreren Wochen wirksam gegenüber bodenbewohnenden Insekten ist. Außerdem wurde nachgewiesen, dass die Sporen von *B. bassiana* bei einer Gießapplikation mit Naturalis® in den oberen Erdschichten verbleiben. Ausgehend von diesen Ergebnissen ist das Einmischen von Naturalis® in das Substrat beim Topfen der Pflanzen eine denkbare Bekämpfungsstrategie gegen *Otiorhynchus* Larven, Puppen und Eier.

Im vorliegenden Projekt wurde außerdem das bakterielle **Endosymbiontenspektrum** von vier verschiedenen *Otiorhynchus*-Arten ermittelt. Es wird vermutet, dass die detektierten Endosymbionten der Gattung *Rickettsia* sowie „*Candidatus* Nardonella“ eine wichtige biologische Funktion bei der Fortpflanzung und Entwicklung von Rüsselkäfern übernehmen und somit möglicherweise zukünftig als Bausteine neuer Bekämpfungsstrategien dienen könnten.

#### **4.5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen**

Im Versuchsjahr 2008 sollte als **Meilenstein 1** eine dauerhafte Zucht von *O. sulcatus* etabliert werden. Nach dem Monitoring in der ausgewählten Gärtnerei im Jahr 2008 zeigte sich, dass im Pfingstrosen- und Rutenhirsefeld der ausgewählten Gärtnerei ausschließlich die

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

Arten *O. raucus*, *O. dieckmanni* und *O. rugosotriatus* in größerem Umfang vorkamen und dort Schäden verursachten. Aus diesem Grund wurde versucht, eine Zucht dieser Arten zu etablieren. Es gelang zwar die einzelnen Arten (*O. sulcatus*, *O. rugosotriatus*, *O. dieckmanni* und *O. raucus*) zu vermehren, allerdings nicht in dem Umfang, wie sie für statistisch auswertbare Versuche benötigt worden wären. Deshalb wurde in den Folgejahren hauptsächlich auf Freilandfänge mittels Lebendfallen aus dem Feld zurückgegriffen.

In dem vorliegenden Projekt sollte das *Otiorhynchus*- und Antagonisten-Artenspektrum in dem ausgewählten Gartenbaubetrieb erfasst werden (**Meilenstein 2**). Wie bereits erwähnt, kamen vor allem die Arten *O. raucus*, *O. dieckmanni* und *O. rugosotriatus* in größerem Umfang in dem Pfingstrosen- und Rutenhirsebestand vor. Neben diesen drei Arten wurde zudem in geringer Anzahl die Art *O. ovatus* festgestellt. Als potenzielle Antagonisten von *Otiorhynchus* spp. konnten hauptsächlich Laufkäfer der Gattung *Harpalus* und *Nebria* dokumentiert werden. Außerdem konnte in Laborversuchen gezeigt werden, dass Laufkäfer dieser Gattungen in der Lage sind Rüsselkäferlarven zu fressen.

Während der Projektlaufzeit sollten zum Fang der Rüsselkäfer verschiedene Fallentypen eingesetzt und auf ihre Fängigkeit hin überprüft werden (**Meilenstein 3**). Dabei zeigte sich, dass vor allem Lebendfallen sehr gut für den Fang von *Otiorhynchus* spp. geeignet sind. Zudem sollte getestet werden, inwiefern ein Schneckenzaun als mechanische Barriere für Käfer der Gattung *Otiorhynchus* fungieren kann (**Meilenstein 3**). Hierzu konnte anhand des durchgeführten Versuches in 2008 keine gesicherte Aussage getroffen werden. Es wurde allerdings festgestellt, dass an dem aufgestellten Schneckenzaun vermehrt Käfer der Gattung *Otiorhynchus* abgesammelt werden konnten. Außerdem erwies sich der Versuchsaufbau zur Quantifizierung der Effizienz von EPP im Freiland (Begrenzung der Versuchsfläche mittels Schneckenzaun) als erfolgreich. Deshalb ist davon auszugehen, dass ein Schneckenzaun als mechanische Barriere für *Otiorhynchus* spp. fungieren kann.

Als **Meilenstein 4** sollten in den ersten beiden Projektjahren verschiedene EPP gegen unterschiedliche Entwicklungsstadien von *O. sulcatus* getestet werden. Diese Versuche sollten zunächst im Labor durchgeführt werden. Da sich jedoch durch intensives Monitoring bereits in den ersten beiden Projektjahren herausstellte, dass der Schaden im Pfingstrosenfeld vor allem durch andere *Otiorhynchus*-Arten verursacht wurde (siehe Meilenstein 2), wurden die geplanten Laborversuche auf andere *Otiorhynchus*-Arten ausgedehnt und in den Projektjahren 2010 und 2011 durchgeführt. Bei diesen Versuchen zeigte sich, dass *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 (Naturalis<sup>®</sup>) und *M. anisopliae* Stamm Ma43 gegen die meisten untersuchten adulten *Otiorhynchus* spp. wirksam sind. Es konnte außerdem festgestellt werden, dass verschiedene *Otiorhynchus*-Arten sowie Entwicklungsstadien von *Otiorhynchus* spp. eine unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber den getesteten EPP aufweisen.

Aufgrund der erzielten Laborergebnisse sollte 2009 und 2010 das Pilzpräparat, das unter Laborbedingungen den höchsten Wirkungsgrad erzielt hatte, auf Freilandflächen zur Bekämpfung von *O. sulcatus* eingesetzt werden (**Meilenstein 5**). Da vor allem die Arten *O. dieckmanni*, *O. raucus* und *O. rugosotriatus* Schaden, im Freiland der ausgewählten Gärtnerei, verursachten, wurde die Wirksamkeit von *B. bassiana* Stamm ATCC 74040 (Naturalis<sup>®</sup>) gegen adulte Tiere dieser Arten getestet. Dazu musste zunächst im Untersuchungsjahr 2010 ein Versuchsdesign zur Quantifizierung der Effizienz von EPP gegen adulte *Otiorhynchus* spp. im Pfingstrosenbestand etabliert werden. Der gewählte Versuchsaufbau (Begrenzung der Versuchsfläche mittels Schneckenzaun und Rückfang der Tiere mit Hilfe von Lebendfallen) erwies sich sowohl 2010 als auch 2011 als geeignet, um das geplante Vorhaben durchzuführen. Bei den Freilandversuchen wurde festgestellt, dass mindestens  $\sim 6,9 \times 10^8$  Sporen/m<sup>2</sup> von *B. bassiana* (Naturalis<sup>®</sup>) eingesetzt werden müssen, um eine Wirkung gegen adulte Rüsselkäfer der Gattung *Otiorhynchus* zu erzielen. Weitere Versuche sind hier jedoch nötig, um optimale Sporenkonzentrationen und Applikationsbedingungen zu definieren.

In den Versuchsjahren 2009 - 2011 sollte der Wirkungsgrad einer gemeinsamen Applikation von entomopathogenen Pilzen (EPP) und Nematoden gegenüber *O. sulcatus* an getopften Erdbeerpflanzen (**Meilenstein 6**) und unter Praxisbedingungen (Bankbeete) (**Meilenstein 7**) durchgeführt werden. Da zu wenige Larven von *O. sulcatus* zur Verfügung standen (siehe

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

Begründung Meilenstein 1) konnten diese Versuche nicht durchgeführt werden. Parallel zu dem vorliegenden Projekt wurden jedoch Versuche von Ansari et al. (2008, 2010) publiziert, die belegen, dass eine gemeinsame Applikation von entomopathogenen Nematoden und Pilzen eine hohe Wirksamkeit gegen *O. sulcatus* Larven hat. Zukünftig sollten deshalb auch kombinierte Applikationen gegen andere *Otiorhynchus*-Arten getestet werden.

Als **Meilenstein 8** sollte die Persistenz und genetische Struktur entomopathogener Pilze, nach Applikation in unterschiedlichen Kulturen untersucht werden. Zudem sollte die Wirkung einer Applikation von entomopathogenen Pilzen auf die Bodenbegleitpilze erfasst werden (**Meilenstein 9**). Um beide Meilensteine zu erreichen, musste zunächst eine molekularbiologische Methode etabliert werden, die eine stammspezifische Detektion des ausgebrachten Pilzstammes im Boden erlaubt. Für den Pilzstamm *B. bassiana* ATCC 74040 (Bestandteil des Präparates Naturalis®) wurden stammspezifische Mikrosatellitenmarker identifiziert und ein molekulares Nachweisverfahren etabliert. Da die Erarbeitung dieser Methode mehr Zeit in Anspruch genommen hat als ursprünglich geplant war, konnten die **Meilensteine 8 und 9** in der vorgesehenen Projektlaufzeit nicht erfüllt werden.

#### 4.6. Literaturverzeichnis

- Abbott, W. S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. 1925. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.
- Ansari, M. A., F. A. Shah & T. M. Butt. 2008.** Combined use of entomopathogenic nematodes and *Metarhizium anisopliae* as a new approach for black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus*, control. Entomol. Exp. Appl. 129: 340-347.
- Ansari, M. A., F. A. Shah & T. M. Butt. 2010.** The entomopathogenic nematode *Steinernema kraussei* and *Metarhizium anisopliae* work synergistically in controlling overwintering larvae of the black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus*, in strawberry growbags. Biocontrol Sci. Techn. 20: 99-105.
- Beck, D. F. 1996.** Biologische Bekämpfung des Gefurchten Dickmaulrüsslers *Otiorhynchus sulcatus* F. [Coleoptera, Curculionidae] mit dem entomopathogenen Pilz *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. [Hyphomycetales, Moniliaceae] in Rosenkulturen unter Glas. Dissertation Humboldt Universität Berlin.
- Bidochka, M. J., F. V. Menzies & A. M. Kamp. 2002.** Genetic groups of the insect-pathogenic fungus *Beauveria bassiana* are associated with habitat and thermal growth preferences. Arch. Microbiol. 178: 531-537.
- Bischoff-Schaefer, M. 2010.** Genetische Charakterisierung von *Beauveria bassiana* (Stamm ATCC 74040) zur stammspezifischen Reisolation aus verschiedenen Kultursubstraten. Masterarbeit Gartenbauwissenschaften, Hochschule RheinMain, Fachbereich Geisenheim.
- Bogs, D. & D. Braasch. 1988.** Dickmaulrüssler als Schädlinge der Baumschule und Staudengärtnerei und ihre rationelle Bekämpfung. Nachrichtenbl. Pflanzensch. DDR 42: 233-236.
- Bruck, D. J. 2005.** Ecology of *Metarhizium anisopliae* in soilless potting media and the rhizosphere: implications for pest management. Biolog. Control 32: 155-163.
- Bruck, D. J. 2010.** Fungal entomopathogens in the rhizosphere. BioControl 55 : 103-112.
- Buchner, P. 1953.** Endosymbiose der Tiere mit pflanzlichen Mikroorganismen. Birkhäuser Verlag, Basel.
- Fitters, P. F. L., R. Dunne & C. T. Griffin. 2001.** Vine weevil control in Ireland with entomopathogenic nematodes: optimal time of application. Irish J. Agr. Food Res. 40: 199-213.
- Gosik, R., J. Hirsch & P. Sprick. 2010.** Biology and molecular determination of *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers, 1875) with description of the mature larva and pupa (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae: Polydrusini). SNUDEBILLER 11, Studies on taxonomy, biology and ecology of Curculionoidea, 80-95, Mönchengladbach, CURCULIO-Institute.
- Gottwald, B. 2011.** Das Potential des entomopathogenen Pilzes *Beauveria bassiana* zur Kontrolle der Kaktusmotte *Cactoblastis cactorum* und die Etablierung im gärtnerischen Kultursubstrat. Bachelorarbeit Gartenbau, Hochschule RheinMain, Fachbereich Geisenheim.
- Greif, A. 2012.** Einsatz entomopathogener Pilze zur Kontrolle schädlicher Käfer (Coleoptera) im Gartenbau – Infektionsmöglichkeiten von *Otiorhynchus crataegi* und *Harmonia axyridis*. Bachelorarbeit Gartenbau, Hochschule RheinMain, Fachbereich Geisenheim.
- Griegel, A. 2009.** Mein gesunder Obstgarten. Griegel Verlag, Dorsheim.
- Haukeland, S. 2006.** Using entomopathogenic nematodes against *Otiorhynchus* spp. in field grown strawberries - The good and the bad news. J. Nematol. 38: 273-274.

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

- Hirsch, J., P. Sprick & A. Reineke. 2010.** Molecular identification of larval stages of *Otiorhynchus* (Coleoptera: Curculionidae) species based on polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism analysis. *J. Econ. Entomol.* 103: 898-907.
- Hirsch, J., S. Strohmeier, M. Pfannkuchen & A. Reineke. 2012.** Assessment of bacterial endosymbiont diversity in *Otiorhynchus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) larvae using a multitag 454 pyrosequencing approach. *BMC Microbiol.* 12 (Supplement 1): S6.
- Hosokawa, T., Y. Kikuchi, M. Shimada & T. Fukatsu. 2007.** Obligate symbiont involved in pest status of host insect. *Proc. Biol. Sci.* 274: 1979-1984.
- Hu, G. & R. J. St. Leger. 2002.** Field studies using a recombinant mycoinsecticide (*Metarhizium anisopliae*) reveal that it is rhizosphere competent. *Appl. Environ. Microbiol.* 68: 6383-6387.
- Klingler, J. 1958.** Die Bedeutung der Kohlendioxid-Ausscheidung der Wurzeln für die Orientierung der Larven von *Otiorhynchus sulcatus* F. und anderer bodenbewohnender phytophager Insektenarten. *Schweiz. Ent. Gesell.* 31: 205-270.
- Klingler, J. 1959.** Biologische Beobachtungen über den gefurchten Dickmaulrüssler *Otiorhynchus sulcatus* während seines Massenauftritts der letzten Jahre auf Reben in der Schweiz. *Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz (73. Jahrgang)* 8: 409-438.
- Lachowska, D., L. Kajtoch & S. Knutelski. 2010.** Occurrence of *Wolbachia* in central European weevils: correlations with host systematics, ecology, and biology. *Entomol. Expl. Appl.* 135: 105-118.
- Lola-Luz, T. & M. Downes. 2007.** Biological control of black vine weevil *Otiorhynchus sulcatus* in Ireland using *Heterorhabditis megidis*. *Biolog. Control* 40: 314-319.
- Machado, A., M. López, T. Almeida & M. Hernández. 2008.** Mitochondrial DNA phylogenetic analysis of the genus *Laparocerus* (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae). I. The Madeiran clade. *Zool. Scr.* 37: 415-427.
- Marchal, M. 1977.** Fungi imperfecti isoles d'une population naturelle d'*Otiorhynchus sulcatus* Fabr. (Col. Curculionidae). *Revue Zool. Agric. Pathol. Veg.* 76: 101-108.
- Moorhouse, E. R., A. K. Charnley & A. T. Gillespie. 1992.** A review of the biology and control of the vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Ann. Appl. Biol.* 121: 431-454.
- Rehner, S. A. & E. P. Buckley. 2003.** Isolation and characterization of microsatellite loci from the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales). *Mol. Ecol. Notes* 3: 409-411.
- Rehner, S. A., A. M. Minnis, G. H. Sung, J. J. Luangsa-ard, L. Devotto & R. A. Humber 2011.** Phylogeny and systematics of the anamorphic, entomopathogenic genus *Beauveria*. *Mycologia* 103: 1055-1073.
- Reineke, A., P. Karlovsky & C. P. W. Zebitz. 1998.** Preparation and purification of DNA from insects for AFLP analysis. *Insect Mol. Biol.* 7: 95-99.
- Reineke, A., J. Hirsch & G. Kubach. 2011.** Aggregation, abundance and dispersal capabilities of *Otiorhynchus rugosostriatus* Goeze and *Otiorhynchus raucus* Fabricius (Coleoptera: Curculionidae) in plantations of ornamental plants. *J. Pest. Sci.* 84: 297-302.
- Schmutterer, H. & J. Huber. 2005.** Natürliche Schädlingsbekämpfungsmittel. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Shah, F. A., M. A. Ansari, M. Prasad & T. M. Butt. 2007.** Evaluation of black vine weevil (*Otiorhynchus sulcatus*) control strategies using *Metarhizium anisopliae* with sublethal doses of insecticides in disparate horticultural growing media. *Biolog. Control* 40: 246-252.
- Smith, F. F. 1932.** Biology and control of the black vine weevil. *Tech. Bull.* 325: 1-45.
- Son, Y., S. Luckhart, X. Zhang, M. J. Lieber & E. E. Lewis. 2008.** Effects and implications of antibiotic treatment on *Wolbachia*-infected vine weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Agri. For. Entomol.* 10: 147-155.
- Stenberg, P. & M. Lundmark. 2004.** Distribution, mechanisms and evolutionary significance of clonality and polyploidy in weevils. *Agri. For. Entomol.* 6: 259-266.
- Warner, R. E. & F. B. Negley. 1976.** The genus *Otiorhynchus* in America north of Mexico (Coleoptera: Curculionidae). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 78: 240-262.
- Zimmermann, G. 1981.** Gewächshausversuche zur Bekämpfung des Gefurchten Dickmaulrüsslers, *Otiorhynchus sulcatus* F., mit dem Pilz *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 33: 103-108.
- Zimmermann, G. 1986.** The 'Galleria bait method' for detection of entomopathogenic fungi in soil. *J. Appl. Entomol.* 102: 213-215.
- Zindel, R., Y. Gottlieb & A. Aebi. 2011.** Arthropod symbioses: a neglected parameter in pest- and disease-control programmes. *J. Appl. Ecol.* 48: 864-872.

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

## 4.7. Bisherige Publikation der Ergebnisse

Folgende Beiträge wurden im Laufe des Projektes publiziert bzw. sind zur Publikation eingereicht:

### Wissenschaftliche Zeitschriften:

**Gosik, R., J. Hirsch & P. Sprick. 2010.** Biology and molecular determination of *Pachyrhinus lethierryi* (Desbrochers, 1875) with description of the mature larva and pupa (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae: Polydrusini). SNUDEBILLER 11, Studies on taxonomy, biology and ecology of Curculionoidea, 80-95, Mönchengladbach, CURCULIO-Institute.

**Hirsch, J. & A. Reineke. 2010.** Biology, genetic identification and effectiveness of biological control agents against *Otiorhynchus* spp.. Journal of Plant Diseases and Protection, 117 (2): 89, ISSN 1861-3829 (Print), ISSN 1861-3837 (Internet).

**Hirsch, J., P. Sprick & A. Reineke. 2010.** Molecular identification of larval stages of *Otiorhynchus* (Coleoptera: Curculionidae) species based on polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism analysis. Journal of Economic Entomology, 103(3): 898-907.

**Hirsch, J., S. Strohmeier, M. Pfannkuchen & A. Reineke. 2012.** Assessment of bacterial endosymbiont diversity in *Otiorhynchus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) larvae using a multitag 454 pyrosequencing approach. BMC Microbiology, 12 (Supplement 1): S6.

**Reineke, A., J. Hirsch & G. Kubach. 2011.** Aggregation, abundance and dispersal capabilities of *Otiorhynchus rugosostriatus* Goeze and *Otiorhynchus raucus* Fabricius (Coleoptera: Curculionidae) in plantations of ornamental plants. Journal of Pest Science, 84: 297–302.

### Populärwissenschaftliche Zeitschriften:

**Hirsch, J. & A. Reineke. 2010.** Neues zum Gefurchten und anderen gefürchteten Dickmaulrüsslern in gartenbaulichen Kulturen. Wissenschaftsmagazin der Forschungsanstalt Geisenheim, 1 (1): 8-11, ISSN 1865-5920.

### Tagungsbandbeiträge:

**Hirsch, J., P. Sprick & A. Reineke. 2009.** Der Gefurchte und andere gefürchtete Dickmaulrüssler – Artenspektrum, Fraßpräferenzen und Bekämpfungsmöglichkeiten von Rüsselkäfern (Coleoptera: Curculionidae) in gartenbaulichen Kulturen. Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, Göttingen, 16.-19. März 2009.

**Hirsch, J., P. Sprick & A. Reineke. 2009.** Genetic „fingerprints“ of weevil species (Coleoptera: Curculionidae) with potential pest status in German horticulture. Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, Göttingen, 16.-19. März 2009.

**Reineke, A. & J. Hirsch. 2011.** A 454 pyrosequencing approach to detect endosymbiotic bacteria in weevils of the genus *Otiorhynchus* spp. (Coleoptera: Curculionidae). Deutsche Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie, Berlin, 21.-24. März 2011.

**Sandhya, G., M. Bischoff-Schaefer, J. Hirsch, K. U. Devi & A. Reineke. 2011.** Microsatellite markers for cultivation-independent monitoring of persistence of the

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* in soil samples. IOBC/wprs Bulletin 66: 117-120.

#### Vorträge:

**Hirsch, J. & A. Reineke:** *Otiorhynchus sulcatus* & Co - Biologie, genetische Diversität und Bekämpfungsmöglichkeiten. Diskussionsbeitrag zur 28. Tagung des DPG & DGaE Arbeitskreises „Nutzarthropoden und Entomopathogene Nematoden“, Ellerhoop, Deutschland, 24.-25. November 2009.

**Hirsch, J. & A. Reineke:** Rüsselkäfer – Neue Erkenntnisse zur Biologie, Genetik und Bekämpfung in gartenbaulichen Kulturen. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, Deutschland, 6.-9. September 2010.

**Hirsch, J., S. Strohmeier, M. Pfannkuchen & A. Reineke:** What's inside? *Otiorhynchus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) and associated bacteria. IX European Congress of Entomology, Budapest, Ungarn, 22.-27. August 2010.

**Hirsch, J., G. Kubach & A. Reineke:** Strategien zur biologischen Bekämpfung von Rüsselkäfern in gartenbaulichen Kulturen. 20. Arbeitstagung "Biologische Schädlingsbekämpfung im Gartenbau", Geisenheim, Deutschland, 30. November - 01. Dezember 2011.

**Hirsch, J., M. Bischoff-Schaefer, G. Sandhya, B. Gottwald, K. U. Devi, S. Strohmeier, M. Pfannkuchen & A. Reineke:** Etablierung von *Beauveria bassiana* in verschiedenen Kultursubstraten und Auswirkungen einer Applikation auf die indigene Pilzdiversität im Freiland. Diskussionsbeitrag zur 30. Tagung des DPG & DGaE Arbeitskreises „Nutzarthropoden und Entomopathogene Nematoden“, Geisenheim, Deutschland, 29.-30. November 2011.

**Reineke, A. & J. Hirsch:** A 454 pyrosequencing approach to detect endosymbiotic bacteria in weevils of the genus *Otiorhynchus* spp. (Coleoptera: Curculionidae). Tagung der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie (DGaE), Berlin, 21.-24. März 2011.

#### Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten:

**Bischoff-Schaefer, M. 2010.** Genetische Charakterisierung von *Beauveria bassiana* (Stamm ATCC 74040) zur stammspezifischen Reisolation aus verschiedenen Kultursubstraten. Masterarbeit Gartenbauwissenschaften, Hochschule RheinMain, Fachbereich Geisenheim.

**Gottwald, B. 2011.** Das Potential des entomopathogenen Pilzes *Beauveria bassiana* zur Kontrolle der Kaktusmotte *Cactoblastis cactorum* und die Etablierung im gärtnerischen Kultursubstrat. Bachelorarbeit Gartenbau, Hochschule RheinMain, Fachbereich Geisenheim.

**Greif, A. 2012.** Einsatz entomopathogener Pilze zur Kontrolle schädlicher Käfer (Coleoptera) im Gartenbau – Infektionsmöglichkeiten von *Otiorhynchus crataegi* und *Harmonia axyridis*. Bachelorarbeit Gartenbau, Hochschule RheinMain, Fachbereich Geisenheim.

**Hirsch, J. eingereicht.** *Otiorhynchus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) as pests in horticulture – genetics and management options with entomopathogenic fungi. Dissertation, Universität Hohenheim, Stuttgart.

Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand

**Rang, G. 2010.** Einsatz der entomopathogenen Pilze *Beauveria bassiana* und *Isaria fumosorosea* (ehemals *Paecilomyces fumosoroseus*) gegen *Otiorhynchus* spp. Bachelorarbeit Gartenbau, Hochschule RheinMain, Fachbereich Geisenheim.

**Schneider, D. 2009.** Genetische Diversität von Populationen des Gefurchten Dickmaulrüsslers *Otiorhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae). Masterarbeit Gartenbauwissenschaften, Hochschule RheinMain, Fachbereich Geisenheim.

## 5. Erarbeitung von Basisdaten zur Drahtwurmprognose

Förderkennzeichen: 2808HS006

Institut: 1) Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, Dienstsitz Bad Kreuznach

2) Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz

Projektleitung: Dr. Benno Kleinhenz<sup>1</sup>, Dr. Frank Burghause<sup>2</sup>

Projektbearbeitung: Juliane Schmitt<sup>2</sup>, Jeanette Jung<sup>1</sup>, Jacqueline Hornung<sup>2</sup>, Manuela Schmitt<sup>2</sup>, Hiltrud Mather-Kaub<sup>2</sup>

### 5.1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

Drahtwürmer, die Larven der Schnellkäfer (Coleoptera: Elateridae) sind bodenbürtige Schadorganismen, die an den unterschiedlichsten Feldkulturen oftmals schwerwiegende quantitative aber auch qualitative Verluste verursachen. Sie durchlaufen bis zu 13 Larvenstadien und verbringen zwischen drei bis fünf Jahren im Boden, bevor sie sich zum adulten Tier, dem Schnellkäfer entwickeln. Das Terminieren von Maßnahmen zum Schutz der Feldkultur wird durch die versteckte Lebensweise der Drahtwürmer maßgeblich erschwert. Diese wandern bei ungünstigen Witterungsbedingungen in tiefere Bodenschichten ab und werden so nicht immer von der durchgeführten Maßnahme erfasst. Furlan wies im Jahr 2005 auf die großen Wissenslücken in Bezug auf die Biologie der Drahtwürmer hin und forderte die Ergänzung des bestehenden Wissens zur Umsetzung integrierter Pflanzenschutzstrategien.

Ziel des Projektes war es diese Wissenslücken im Bereich der Drahtwurmbiologie weiter zu schließen und einen entscheidenden Schritt in Richtung der Entwicklung integrierter Pflanzenschutzmaßnahmen zu machen. Insbesondere sollten Basisdaten ermittelt werden, die eine Prognose der Schnellkäfer- und Drahtwurmaktivität auf der Basis von wetterbasierten Modellen ermöglicht.

Das Projekt gliederte sich in drei Arbeitsschwerpunkte:

- Das Monitoring der Schnellkäfer. Mit Hilfe von artspezifischen Pheromonfallen sollte sowohl die Artenverteilung als auch die Hauptaktivität der Käfer der wichtigsten *Agriotes*-Arten in Abhängigkeit der Witterungsbedingungen erfasst werden.
- Untersuchungen zum Verhalten der Drahtwürmer in Abhängigkeit von der Bodentemperatur, Bodenfeuchte und Bodenart anhand von Labor- und Freilandversuchen
- Erarbeitung erster Modellansätze zur Prognose der Schnellkäferaktivität und des Auftretens und der Fraßaktivität von Drahtwürmern

Des Weiteren sollte eine Laborzucht aufgebaut und der Entwicklungszyklus in Abhängigkeit der Bodenfeuchte- und Temperatur näher untersucht werden. Zudem sollten die Einflussfaktoren auf die Flächenwahl bei der Eiablage analysiert werden, indem das Verhalten der Schnellkäfer-Weibchen im Freiland beobachtet wird.

### 5.1.1. Planung und Ablauf des Vorhabens

In nachfolgender Tabelle sind die wesentlichen Handlungsschritte im Projektverlauf dargestellt. Es wird ersichtlich, dass nahezu alle geplanten Arbeiten durchgeführt werden konnten.

**Tabelle 5.1: Geplante und tatsächlich durchgeführte Arbeitsschritte im Projektverlauf**

<b>Zeitraum</b>	<b>Geplante Arbeitsschritte</b>
III - XII 2008	Ausführliche Literaturrecherche
III 2008 - II 2012	Projektverwaltung
III-VII 2008-2011	Monitoring Schnellkäfer (40 Standorte)
III-VII 2008-2011	Monitoring zur vertikalen Verteilung der Drahtwürmer
III/IV und IX/X 2009-2011	Monitoring von Drahtwürmern mit Hilfe von Grabungen
IV 2009	Errichtung eines Langzeitversuchsstandortes (5 Freilandkäfige) zur Beobachtung der Larven und Adulten unter nahezu natürlichen Verhältnissen
IV 2009 - II 2012	Datenerhebungen in den Freilandkäfigen
IV - X 2009	Laborversuche zur horizontalen Wanderung der Drahtwürmer
V - XII 2008-2011	Laborversuche zur vertikalen Wanderung (Rohrversuche)
III - VII 2008 - 2009	Beobachtungsversuche zur Eiablage
III - VII 2009	Aufbau einer Laborzucht
nicht durchgeführt	Laborversuche zur Dauer der Entwicklungszyklen
VII - XI 2010 - 2011	Modellierung der Schnellkäferaktivität und der Fraßaktivität von Drahtwürmern
VII - XI 2010 - 2011	Validierung der Modelle
X - II 2008 - 2012	Vorträge und Veröffentlichungen
XI/XII 2008 - 2011	Erstellung der Zwischenberichte
II 2012	Erstellung des Schlussberichtes

## 5.1.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

### Biologische Grundlagen

Drahtwürmer, die Larven der Schnellkäfer (Coleoptera: Elateridae) treten weltweit auf und verursachen zum Teil erhebliche wirtschaftliche Schäden. In Europa sind etwa 160 Arten bekannt (JOSSI *et al.*, 2008), von denen 15 bis 20 Arten als kulturschädigend gelten. Die Larven der Gattung *Agriotes* zählen in Deutschland zu den wichtigsten Drahtwurm-Arten (VIDAL und PETERSEN 2011). Für die Mehrheit der Schäden werden die Arten *Agriotes lineatus* (LINNAEUS, 1767), *A. sordidus* (ILLIGER, 1807), *A. sputator* (LINNAEUS, 1758), *A. obscurus* (LINNAEUS, 1758) und *A. ustulatus* (SCHALLER, 1783) verantwortlich gemacht. Der bodenbürtige Schädling ist polyphag und verursacht Schäden an einer Vielzahl von ackerbaulichen Kulturen und Gemüsearten (SUBCHEV *et al.*, 2004, PARKER und HOWARD, 2001). Die Larven verbringen bis zur Verpuppung bis zu fünf Jahre im Boden (SCHEPL und PAFFRATH, 2005a), wobei der Entwicklungszeitraum stark von der Temperatur abhängt (JOSSI *et al.*, 2008). Die Schnellkäfer überwintern anschließend bis zum nächsten Frühjahr im Boden, wobei die männlichen Käfer meist 10-14 Tage früher an der Bodenoberfläche erscheinen (SCHEPL und PAFFRATH, 2010). Die Eiablage der weiblichen Käfer finden zwischen den Monaten Mai und Juni statt. Die Eier werden dabei direkt unter der Bodenoberfläche abgelegt. Nach vier bis sechs Wochen beginnt der Larvenschlupf, der ebenfalls von der Temperatur beeinflusst werden soll (PARKER und HOWARD, 2001). Während Drahtwürmer durch den Fraß junger Wurzeln erhebliche Schäden verursachen können (z. B. Auflaufschäden im Mais), ernähren sich die Käfer von Blütenteilen (FURLAN, 1996). Wie im folgenden Absatz näher erläutert wird, gestaltet sich die Bekämpfung der bodenbürtigen Larven äußerst schwierig. FURLAN (1996) stellte bei seinen Untersuchungen fest, dass sich diese in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte und –Temperatur zwischen verschiedenen Bodenschichten bewegen. Durch die Abwanderung der Larven bei ungünstigen Witterungsbedingungen, wie z. B. Trockenheit, in tiefere Bodenschichten, wird die Bekämpfung des Schädlings durch z. B. eine intensive Bodenbearbeitung maßgeblich erschwert. Andere Bekämpfungsmaßnahmen, wie die Applikation eines Insektizids, sind dadurch nur schwer terminierbar.

### Ursachen für die zunehmenden Schäden und Bekämpfungsstrategien

Drahtwürmer sind in Europa und Nordamerika in den letzten Jahren sukzessive zu einem großen Problem im Ackerbau, insbesondere in der Kartoffelproduktion geworden. Die Gründe hierfür sind weitgehend unklar. Von Feldern, die in Fruchtfolgen mit dem sog. Leyfarming (Wechsel von mehrjährigem Gras- bzw. Futtermischungsanbau mit Ackerbau) integriert waren, ist bekannt, dass hier mit einem starken Drahtwurmauftreten zu rechnen ist. Gleiches gilt für Kartoffelanbau nach Grünlandumbruch. Über die Ursachen eines verstärkten Drahtwurmbefalls in reinen Ackerbaufruchtfolgen wird eher spekuliert. PARKER und HOWARD (2001) nennen als mögliche Gründe den Anbau von Kartoffeln auf Feldern, die mehrjährig stillgelegt waren, gestiegene Qualitätsanforderungen an die Kartoffelproduktion seitens der Vermarkter, die das Problem erst in den Fokus gerückt hätten, und den Verzicht auf die Anwendung persistenter Insektizidwirkstoffen mit Chlorkohlenwasserstoff oder Organophosphaten. Langjährige Datenreihen, anhand derer die Entwicklung von Drahtwurm-Populationen und der eventuell verursachte Schaden unter verschiedenen Produktionsbedingungen untersucht werden können, fehlen gänzlich. Auch der Rückgang der Sommerkulturen (weniger gute Eiablagemöglichkeiten) und allg. steigende Humusgehalte im Boden könnten zu vermehrtem Auftreten geführt haben.

Ansätze einer Bekämpfungsstrategie im Ökologischen Landbau unter Einbeziehung von Fruchtfolgegestaltung, organischer Düngung, Unkrautbekämpfung, Bodenbearbeitung und

Erntezeitpunkt wurden von SCHEPL und PAFFRATH (2005 a, b) und CHRISTEN *et al.* (2006) diskutiert. Arbeitsgruppen in der Schweiz (GHORMADE *et al.*, 2006) und Kanada (KABALUK *et al.*, 2005; KABALUK *et al.*, 2006) untersuchten die Möglichkeit einer biologischen Bekämpfung mittels *Metarhizium anisopliae*-Isolaten. Alle untersuchten Verfahren brachten Wirkungsgrade von bis zu 30%. Mechanische Bekämpfungsmaßnahmen durch Barrieren, die das Einwandern der Schnellkäfer verhindern sollten, erwiesen sich als zu ineffektiv und teuer (VERNON *et al.*, 2005). Mittels Fangpflanzenmethoden in Erdbeeren erzielten VERNON *et al.* (2005) durch den Anbau einer mit Insektizid behandelten „Fangfrucht“ (Weizen) eine Befallsreduktion von ca. 40%. VERNON *et al.* (2005, 2006) testeten die Möglichkeit des direkten Einsatzes verschiedener Insektizidwirkstoffe gegen Drahtwürmer. Pyrethroide erwiesen sich eher als repellent, denn direkt wirksam. Neonicotinoide bewirkten eine „schleichende Vergiftung“ mit der Möglichkeit der Erholung der Populationen, wogegen Fipronil (in höheren Dosen allerdings) die Drahtwurm-Populationen sofort reduzierte. In geringeren Dosen bewirkte Fipronil einen langsamen, aber stetigen Rückgang der Drahtwurm-Populationen. ESTER und VAN ROZEN (2005) berichten über erste Ergebnisse zum Insektizideinsatz gegen die Adulten in Getreide. Bei *Agriotes lineatus* und *A. obscurus* konnten Wirkungsgrade von über 80 % erreicht werden. Die Autoren vermuten, dass dadurch der Aufbau von Drahtwurm-Populationen verhindert oder erheblich verzögert werden kann.

Bei der Sichtung der Literatur zur Drahtwurmproblematik fällt auf, dass die meisten Aktivitäten auf die direkte Bekämpfung der Schädlinge bzw. auf die Erarbeitung von Erhebungsmethoden konzentriert sind. Mittlerweile stehen zur Überwachung der Aktivität der Käfer ausreichend selektive Pheromone zur Verfügung (TÓTH *et al.*, 2002, 2003, 2006; TÓTH und FURLAN, 2005). Zur Feststellung der Populationsdichte von Drahtwürmern im Boden sind auch umfassend getestete Köderfallenmethoden verfügbar (BRUNNER *et al.*, 2005; LANDL *et al.*, 2005; BRUNNER *et al.*, 2006; KATZUR und HEIMBACH, 2006).

FURLAN (2005) weist auf bedeutsame Lücken im Wissen über die Drahtwürmer hin, die sich als Hindernisse im Hinblick auf die Entwicklung einer integrierten Bekämpfungsstrategie erweisen. So ist die Differentialdiagnose der einzelnen Arten besonders in den Larvenstadien äußerst schwierig (ELLIS *et al.*, 2006) und erfordert einen versierten Coleopterologen. Dies trifft im Besonderen auf die in Deutschland weit verbreiteten Arten der Gattung *Agriotes* (*A. lineatus*, *A. obscurus*, *A. sputator*, *A. ustulatus*; TÓTH und FURLAN, 2005) zu. Als geradezu dramatisch bezeichnet FURLAN (2005) die Lücken im biologischen Grundlagenwissen. Ausreichend ist das Wissen für *A. ustulatus* und *A. brevis*. Ungenügende Informationen liegen dagegen zu den verbreiteten Arten *A. lineatus*, *A. obscurus* und *A. sputator* vor (FURLAN, 2005). Bei vielen Elateriden-Arten ist noch nicht einmal bekannt, ob sie für Pflanzen schädigend sind oder nicht (PARKER und HOWARD, 2001). Der Lebenszyklus vieler Arten ist sehr variabel. Die Entwicklungszeiten betragen 3 bis 6 Jahre und die Anzahl der durchlebten Larvenstadien variiert beträchtlich von fünf bis 13 (PARKER und HOWARD, 2001).

Als Haupteinflussfaktoren für die Entwicklung werden Bodentemperatur und Bodenfeuchte genannt. Häufig ist aber lediglich bekannt, ab welchen Temperaturen die Aktivität im Boden einsetzt bzw. ab welchen kritischen Bodenfeuchten sich die Larven aus den oberen Schichten in den Unterboden zurückziehen (PARKER und HOWARD, 2001). Ganzjährige Untersuchungen auch im Winterhalbjahr haben aber gezeigt, dass Drahtwürmer im Oberboden von Wiesen gefunden werden, unabhängig von der Temperatur auch im Winter oder Bodentrockenheit im Sommer (KATZUR und HEIMBACH mündl. Mitt.). Daten zur Beziehung zwischen Temperatur und einzelnen Entwicklungsstadien hat lediglich FURLAN (1996, 1998, 2004) für die Arten *A. ustulatus* und *A. sordidus* veröffentlicht. Für die oben genannten, hauptsächlich schädigend auftretenden Arten sind diese Zusammenhänge noch zu untersuchen.

## 5.2. Material und Methoden

Im vorliegenden Projekt wurden drei Hauptziele verfolgt:

1. Die Erfassung der Artenverteilung der Schnellkäfer im Rahmen eines Monitorings in Rheinland-Pfalz mit Hilfe von Pheromonfallen und die Ermittlung des ausschlaggebenden Einflussfaktors für die Flugaktivität der einzelnen Arten.
2. Die Untersuchung der Einflussfaktoren Bodenfeuchte, Bodentemperatur und Bodenart auf das Verhalten der Drahtwürmer
3. Erarbeitung von Modellansätzen zur Prognose der Schnellkäferaktivität und des Risikos von Fraßschäden durch Drahtwürmer

Die Versuchsdesigns aller im Rahmen des Teilprojektes durchgeführten Labor- und Freilandversuche werden im folgenden Abschnitt detailliert dargelegt.

### 5.2.1. Monitoring der Schnellkäfer

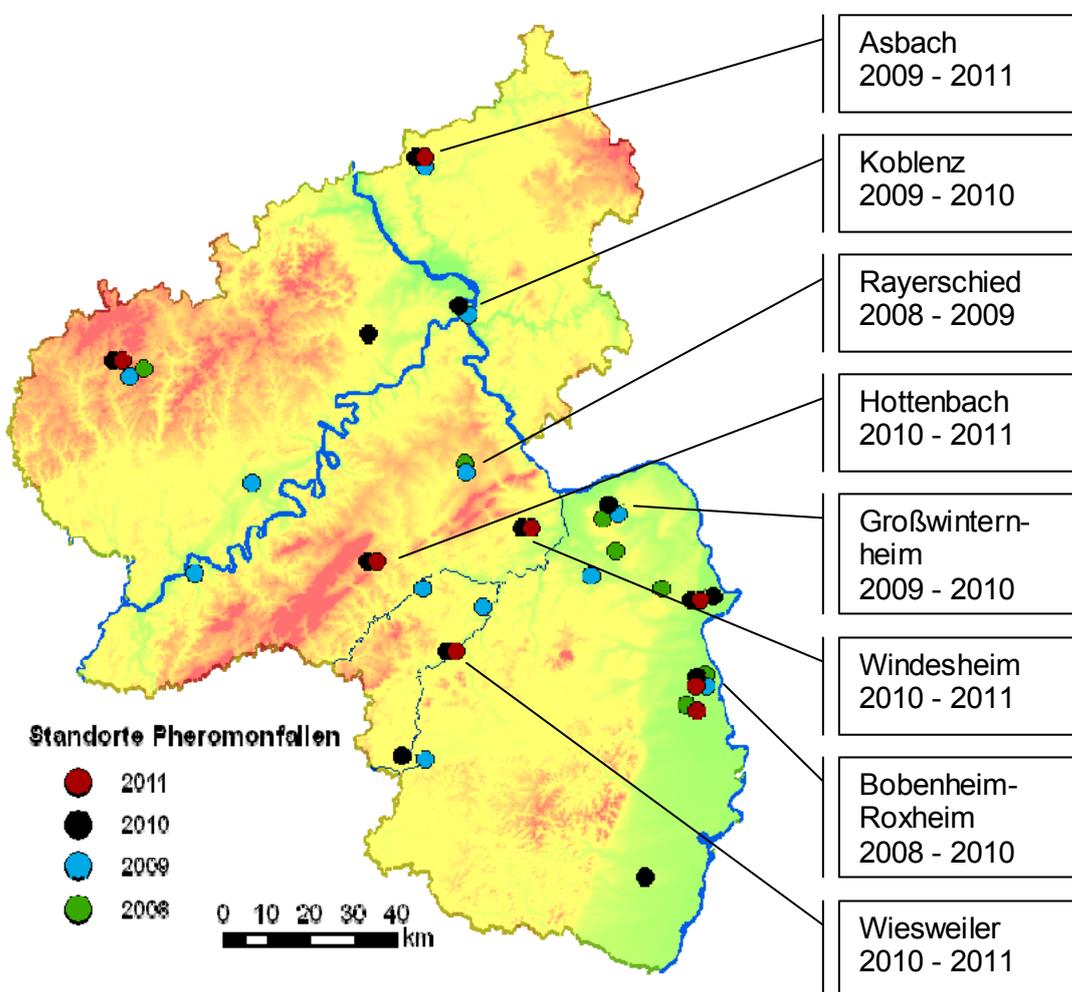
Das Monitoring zur Überwachung der Schnellkäfer-Flugphasen wurde in Rheinland-Pfalz erstmals im Jahr 2008 durchgeführt. Auf sieben landwirtschaftlich genutzten Flächen wurden Pheromonfallen zum Fangen von Schnellkäfer-Männchen aufgestellt. Die geographische Verteilung der Fallenstandorte konzentrierte sich im ersten Monitoringjahr auf die Oberrheinebene. Lediglich ein Standort befand sich im Hunsrück, ein weiterer wurde in der Eifel gewählt. Im Focus der Untersuchungen standen die fünf wichtigsten Schnellkäfer-Arten *Agriotes lineatus*, *A. sordidus*, *A. obscurus*, *A. sputator* und *A. ustulatus*. Für jede dieser Arten wurden jeweils zwei Fallen des ungarischen Herstellers CSalomon und zwei Fallen des holländischen Herstellers Pherobank eingesetzt. Die beiden Fallentypen sind in Abbildung 5.1 dargestellt.



Abbildung 5.1: YATLOR funnel trap (CSalomon) (links) und Unitrap (Pherobank) (rechts) zum Fangen von *Agriotes* spp.

Für die flugfähige Art *A. ustulatus* wurde zusätzlich eine Flugfalle an jeden Standort installiert. Zudem kam eine Falle für *A. brevis* oder alternativ für *A. proximus* zum Einsatz. Ein Standort umfasste demnach 22 Pheromonfallen, in die das jeweils mitgelieferte artspezifische Pheromon eingesetzt wurde. Da bei der Untersuchung der Fallenfänge kein Unterschied in der Fängigkeit der beiden Fallen- und Pheromontypen festgestellt werden konnte, wurden in den folgenden Jahren vermehrt die Fallen des Herstellers CSalomon verwendet, da diese eine leichtere Handhabung aufwiesen. Im Jahr 2009 erfolgte eine Ausweitung des Monitorings auf zwölf breit verteilte Versuchsflächen. Auf Fallen für die Art *A. proximus* sowie auf die Flugfalle wurde dabei verzichtet. Pro Art und Standort wurden

außerdem nur noch zwei Pheromonfallen ausgebracht. Nach gleichem Schema wurde im Jahr 2010 die Artzusammensetzung der Schnellkäfer auf 13 Flächen untersucht. Anstelle der Falle für *A. brevis* wurde stattdessen eine Falle mit einem Lockstoff zum Fangen von Weibchen der Art *A. ustulatus* bestückt. Im Folgejahr konnten acht Flächen beprobt werden. Auf Grund der mangelnden Fängigkeit der Weibchenfalle, wurde 2011 darauf verzichtet. Die Ausbringung der Fallen erfolgte meist im Monat März. Die Standzeit betrug 18 Wochen, wobei alle sechs Wochen ein Wechsel der Pheromone vorgenommen wurde. Die Leerung der Fallen wurde während der ersten zwei Jahre alle zehn Tage durchgeführt. Von 2010 bis 2011 erfolgte die Leerung der Fallen zweimal wöchentlich in regelmäßigen Abständen. An den Standorten Bobenheim-Roxheim und Asbach gelang es an drei aufeinander folgenden Jahren dasselbe Feld zu untersuchen. Im vierten Jahr wurde in Bobenheim-Roxheim auf ein benachbartes Feld ausgewichen. An sechs weiteren Standorten konnten zweijährige Versuchsergebnisse gewonnen werden. Abbildung 5.2 zeigt eine Übersicht der Untersuchungsstandorte in Rheinland-Pfalz. Die Fangjahre werden mit unterschiedlichen Farben angegeben. Die Standorte mit mehrjährigen Versuchsergebnissen sind separat gekennzeichnet.



**Abbildung 5.2: Untersuchungsstandorte der Monitoringjahre 2008 - 2011 in Rheinland-Pfalz**

## 5.2.2. Flächenwahl der Käfer bei der Eiablage

Im Rahmen des Projektes sollten Schnellkäfer-Weibchen bei der Eiablage beobachtet werden, um anschließend Schlüsse auf favorisierte Eiablagebereiche bzw. dafür bevorzugte Feldkulturen ziehen zu können. Während des ersten Projektjahres gelang es jedoch nicht Weibchen im Feld bei der Eiablage zu beobachten. Es wurde daher versucht einige weibliche Tiere mit Keschern zu fangen. Dies gestaltete sich sehr zeitaufwändig und unpraktikabel, so dass im Folgenden auf diese Methode verzichtet wurde. Im Jahr 2009 wurden daher Zuchtkäfige im Freiland angelegt. Die Untersuchungen zur Eiablage überschneiden sich mit den unter 5.2.6. beschriebenen Versuchen zur Aufbau einer Laborzucht in den Freilandkäfigen.

## 5.2.3. Horizontale Wanderung der Drahtwürmer

Um die horizontale Verteilung der Larven in Abhängigkeit der Bodenfeuchte beobachten zu können, wurde im Jahr 2009 ein Laborversuch angelegt. Wie in Abbildung 5.3 dargestellt, wurden fünf Gefäße mit einem Volumen von je 500 ml mit Erde befüllt. In jedem der Behälter wurde eine unterschiedliche Bodenfeuchte eingestellt. Diese reichte von trocken (in der Abbildung links) bis nass (in der Abbildung rechts). Der Boden der trockenen Variante wurde im Trockenschrank bis zu einer Bodenfeuchte von 0 Vol% getrocknet. Der nassen Variante wurden hingegen 300 ml Wasser zugegeben. Dies entsprach Staunässe. Der Bodenvariante „Trocken +“ wurden 75 ml Wasser, der Variante „Trocken ++“ 150 ml und der Variante „Trocken +++“ 225 ml Wasser zugegeben. Anschließend wurden zehn Larven auf die vollständig trockene Erde gesetzt. Zehn weitere Larven wurden dem staunassen Behälter zugeführt. Die Auswertung erfolgte nach einer Zeit von 16 Stunden.



Abbildung 5.3: Versuchsdesign zur Beobachtung der horizontalen Wanderung von Drahtwürmern in Abhängigkeit der Bodenfeuchte

## 5.2.4. Vertikale Verteilung der Drahtwürmer im Feld

Die unter 5.2.4. – 5.2.5. und 5.2.8. – 5.2.9. beschriebenen Untersuchungen wurden in Kooperation des bei der ZEPP durchgeführten Projektes: „Möglichkeiten zur standortspezifischen Simulation der Bodenfeuchte und zur Integration von Bodenfeuchte- und Bodenartmodulen in die Prognosemodelle der ZEPP anhand von drei ausgewählten Schaderregern“ (Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt; Aktenzeichen: 27139-34) durchgeführt.

Im Jahr 2008 wurde mit den Versuchen zur Beobachtung der vertikalen Verteilung von Drahtwürmern im Feld begonnen. An zwei Standorten wurden vier verschiedene Köderfallen getestet (1. offene Petrischale ( $\varnothing = 15$  cm) mit Weizen gefüllt, 2. geschlossene, gelochte Petrischale mit Weizen gefüllt, 3. Feederbomb mit Weizen gefüllt, 4. Kartoffelscheiben). Die besten Fangfolge erzielte der Fallentyp 2, welcher im folgenden Jahr alleinig eingesetzt

wurde. Die Fallen wurden im Boden in 15 cm Tiefe platziert und alle 10 Tage ausgewertet. Anders als im Jahr 2008 konnten mit dieser Fangmethode im Jahr 2009 nicht ausreichend viele Larven gefangen werden.

In den Jahren 2010 und 2011 wurde an jeweils fünf Standorten ein Monitoring zur vertikalen Verteilung von Drahtwürmern im Feld durchgeführt. Pflanztöpfe ( $\varnothing = 10$  cm), bestehend aus einer Schicht Vermiculit, Mais, Getreide und wieder Vermiculit wurden für drei Tage in eine mit Wasser befüllte Schale gestellt, um ein Vorkeimen der Körner zu gewährleisten. An jedem Standort wurden fünf dieser neu entwickelten Köderfallen (Abbildung 5.4) in einer Tiefe von 15 cm eingegraben. Ein Fallenaustausch fand regelmäßig im Abstand von 3 - 4 Tagen statt.

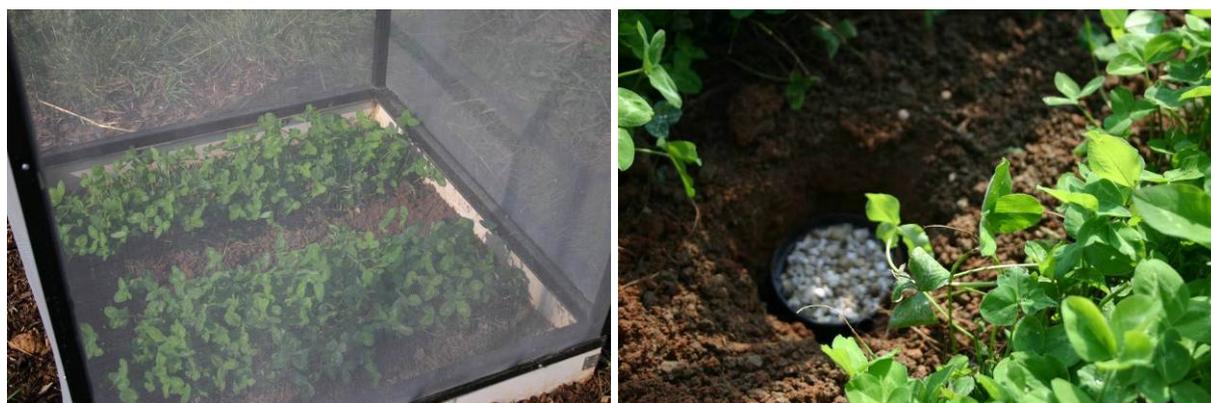


**Abbildung 5.4: Aufbau der Drahtwurmköderfallen**

Die entnommenen Fallen wurden im Anschluss auf Drahtwürmer untersucht. Zur Ermittlung der Umweltbedingungen wurde an jedem Standort ein Sensor zur Temperatur- und Bodenfeuchtemessung eingesetzt. Mit einem am Standort installierten Regenmesser wurde der Niederschlag erfasst. Zusätzlich wurde bei jedem Fallenwechsel die Bodenfeuchte ermittelt. Im Jahr 2010 wurden diese Messungen mit Hilfe einer Bodensonde durchgeführt. Im Folgejahr wurde auf Höhe jeder Falle eine Bodenprobe entnommen, da diese Methode korrektere Messwerte lieferte. Die gefangenen Larven wurden im Labor einer Artbestimmung unterzogen und anschließend in Zuchtboxen aufbewahrt. Durchsichtige Kunststoffboxen wurden für diesen Zweck mit Erde befüllt und angefeuchtet. Als Futtergrundlage wurden mehrere Weizenkörner pro Box ausgesät und zum Keimen gebracht. Durch regelmäßige Wassergaben wurden die Boxen kontinuierlich feucht gehalten um dem Austrocknen der Larven vorzubeugen. Zum Abdecken der Boxen wurde Gase verwendet um den nötigen Luftaustausch zu gewährleisten und das Abhandenkommen von Larven über die Boxenwand zu verhindern.

### **5.2.5. Vertikale Verteilung der Drahtwürmer im Freilandkäfig**

Nach einer Vorlage von Dr. Lorenzo Furlan (Italien) wurden im April 2009 fünf Monitoring- und Zuchtkäfige ( $1 \text{ m}^3$  Bodeninhalt unterirdisch,  $1 \text{ m}^3$  Luftinhalt oberirdisch) installiert, wobei ein Käfig als reiner Messkäfig dient. Dieser wurde zur Erfassung der Bodenfeuchte und der Bodentemperatur in 15, 40, 60 und 80 cm Tiefe mit mehreren Watermark-Sensoren ausgestattet. Ein Käfig wurde im Oktober 2009 mit 500 Larven der Art *A. obscurus* bestückt. Um beobachten zu können, wann sich die Larven in dem für die Kultur gefährlichen Bereich aufhalten bzw. Fraßaktivität zeigen, wurden zunächst Rohrfallen in die Käfige eingegraben. Im Rohr wurden in fünf verschiedenen Tiefen, jeweils unterhalb von Lochbohrungen, Becher mit vorgekeimtem Getreide und Mais platziert. Die Methode sollte Rückschlüsse zum Larvenvorkommen in tieferen Bodenschichten ermöglichen, erwies sich aber als erfolglos, da nur wenige Individuen gefangen werden konnten. Daher wurden in den folgenden Jahren die unter 5.2.4. (Abbildung 5.4) beschriebenen Köderfallen in dem Käfig platziert. Die so vorbereiteten Fallen (2 Stück) wurden in den mit zwei Kleereihen bepflanzten Käfig (Abbildung 5.5) in 15 cm Tiefe eingegraben und mit Erde überdeckt (Abbildung 5.6). Alle 3-4 Tage wurden die Fallen gewechselt und auf Drahtwürmer untersucht. Bei starkem Bodenfrost fand kein Fallenwechsel statt.



**Abbildung 5.5: Mit Klee bepflanzter Zuchtkäfig**    **Abbildung 5.6: Einsetzen einer Köderfalle**

Einen weiteren Käfig mit der gleichen Anzahl an Larven der Art *A. sordidus* zu füllen gelang aufgrund eines mangelnden Auftretens dieser Art im Jahr 2010 erst im darauffolgenden Sommerhalbjahr. Gesammelt wurden die Larven auf einem biologisch bewirtschafteten Zuckerrüben-Schlag der Gemeinde Westhofen. Dieser wies einen überdurchschnittlich hohen Drahtwurmbesatz auf. Da das Feld aufgrund der lang anhaltenden Frühjahrstrockenheit mehrfach bewässert wurde, hielten sich die Larven über einen längeren Zeitraum in der Fraßzone auf. Mit Hilfe des Köderfalleneinsatzes und Drahtwurmgrabungen an mehreren Terminen gelang es die nötige Menge an Larven zu gewinnen. Aufgrund der ausgesprochen trockenen Witterung im Frühjahr 2011, musste der Käfig vor dem Einsetzen der Larven künstlich beregnet werden um das Eingraben der Tiere in den Boden zu gewährleisten und einer hohen Mortalität vorzubeugen. Die Datenerhebung wurde somit erst im Herbst 2011 begonnen. Verwertbare Daten werden ab dem Frühjahr 2012 erwartet.

### **5.2.6. Aufbau einer Laborzucht**

Im ersten Projektjahr sollte mit dem Aufbau einer Laborzucht begonnen werden. Mit Hilfe der Drahtwurmfallen konnten jedoch nicht ausreichend Larven gefangen werden. Im folgenden Jahr wurden daher die unter 5.2.4. erläuterten Zuchtkäfige installiert. Zwei Freilandkäfige wurden im Jahr 2010 mit je 500 Adulten der Art *A. sordidus* bzw. *A. obscurus* bestückt. Bei den eingesetzten Käfern handelt es sich um männliche Individuen, die mit Hilfe der Pheromonfallen gefangen werden konnten. Es gelang vereinzelt Weibchen mit Hilfe von Grasfallen zu fangen. Diese bestehen aus einer Folie, die abends ausgelegt und mit Rasenschnitt bestreut wurde. Am darauffolgenden Morgen wurden die Fallen eingesammelt, auf Schnellkäfer untersucht sowie Art und Geschlecht im Labor bestimmt. Die gefangenen Tiere wurden anschließend zu den zugehörigen Männchen in die Käfige eingesetzt um eine Eiablage zu erzielen. Im Herbst 2010 und auch an mehreren Terminen im Jahr 2011 wurden zur Kontrolle der Eiablage Drahtwurmfallen in die Käfige eingegraben, die nach dem oben angeführten Prinzip ausgewertet wurden.

Im Mai 2011 wurde zur Untersuchung des Käferschlupfes in dem mit Larven der Art *A. obscurus* besiedelten Käfig eine Pheromonfalle installiert.

### **5.2.7. Laborversuche zur Biologie**

In Laborversuchen sollte die Biologie der Entwicklungszyklen näher beleuchtet werden. Der Entwicklungszyklus vom Ei bis zum adulten Tier sollte bei verschiedenen Bodenfeuchte- und Temperaturbedingungen beobachtet werden. Im Jahr 2008 konnte im Freiland ein Eigelege gefunden werden. Um den Schlupf der Tiere und deren Jungentwicklung beobachten zu können, sollten diese 1-2 mal wöchentlich untersucht werden. Da die Drahtwürmer auf

Grund ihrer versteckten Lebensweise im Boden nur sehr schlecht zu beobachten sind und die Gefahr der Verletzung durch mechanische Einwirkung beim Durchsuchen des Substrats sehr hoch ist, wurden die Eier auf einer Gipsunterlage abgelegt, welche in regelmäßigen Abständen befeuchtet wurde, um der Austrocknung vorzubeugen und den Schlupf besser beobachten zu können.

### 5.2.8. Laborversuche Bodenfeuchte

Im Projektjahr 2008 wurde mit den Versuchen zur vertikalen Wanderung von Larven in Bezug zur Bodenfeuchte begonnen. 50 cm lange PVC-Rohre mit einem Durchmesser von 10 cm wurden in fünf gleich große Segmente (10 cm) unterteilt und mit Gewebekband wieder miteinander verbunden. Die Rohre wurden nach unten hin mit einer feinmaschigen Netz und einem stabilen Drahtgitter abgedichtet. Anschließend wurden die Rohre mit Erde einer Bodenart befüllt und bis zur vollständigen Wassersättigung in eine mit Wasser gefüllte Tonne gestellt. Das durchfeuchtete Rohr wurde im Anschluss für mehrere Stunden auf groben Sand gestellt, sodass das überschüssige Wasser, das nicht von dem Boden gehalten wird, aus den Kapillaren abfließen konnte. Mit dem so beschriebenen Verfahren wurde eine vollständige Wassersättigung erreicht. Anschließend wurden jeweils 20 Larven einer Art auf dem obersten Segment abgelegt (Abbildung 5.7, links). Zur Beschleunigung des Trockenprozesses wurden Lampen (40 Watt) über den Rohren installiert. Nach 7, 14 und 21 Tagen wurde jeweils eines der Rohre geöffnet. Der Inhalt der einzelnen Segmente wurde untersucht. Dabei wurden die Anzahl der Larven und die Bodenfeuchte eines jeden Segmentes bestimmt. Aufgrund der langsamen Abtrocknung der Rohre wurden die Leuchtstrahler in den folgenden Versuchen durch PC-Ventilatoren ersetzt (Abbildung 5.7 rechts). Zudem erfolgte das Öffnen der Rohre erst nach ca. sechs Wochen um größere Unterschiede in der Bodenfeuchte zwischen den Segmenten zu erzielen.



**Abbildung 5.7:** Einsetzen der Larven in das oberste Segment des Rohrversuchs (links) und Aufbau der Rohrversuche (teilw. bepflanzt) zur vertikalen Wanderung der Larven (rechts)

Gestetet wurden die Larvenarten *A. sordidus*, *A. ustulatus*, *A. obscurus* sowie eine undefinierte Gruppe, bestehend aus mehreren *Agriotes*-Arten. Jede Art bzw. Gruppe wurde in drei bis maximal elf Versuchsdurchläufen untersucht. Insgesamt wurde die vertikale Wanderung der Larven in den Bodenarten lehmiger Sand, sandiger Lehm, Lehm und schwerer Lehm beobachtet. Jede Bodenart wurde in fünf bis neun Rohren untersucht. Zusätzlich wurde mit den Arten *A. ustulatus* und *A. sordidus* sowie der undefinierten Gruppe eine bepflanzen Variante in der Bodenart Lehm getestet. Hierzu wurden jeweils drei Maiskörner im obersten Segment eines jeden Rohres zum Keimen gebracht um den Einfluss der Vegetation auf die vertikale Wanderung der Tiere zu untersuchen. Ziel der Rohrversuche war, den durch die Larven bevorzugten Feuchtebereich innerhalb einer Bodenart zu bestimmen.

**Tabelle 5.2: Übersicht über die Art / Boden-Kombinationen bei den Rohrversuchen**

Art \ Bodenart	lehmiger Sand	sandiger Lehm	Lehm	schwerer Lehm	Lehm bepflanzt
<i>A. sordidus</i>	2	3	3	2	1
<i>A. ustulatus</i>	2	-	3	2	1
<i>A. obscurus</i>	-	3	-	-	-
unbestimmt	2	-	3	1	1

### 5.2.9. Modellierung Drahtwurmaktivität

Mit der in den Drahtwurmkäfigen erhobenen Datenbasis wurden nicht-lineare Regressionen berechnet, wobei die Einflussfaktoren für die erste und zweite Jahreshälfte differierten. Ausschlaggebend für die Prognose aktiver Drahtwürmer in der ersten Jahreshälfte sind die Faktoren Bodentemperatur und Bodenfeuchte in 15 cm Tiefe. Für die zweite Jahreshälfte spielen die Faktoren Bodentemperatur in 15 cm und Bodenfeuchte in 80 cm Tiefe eine Rolle. Die Differenzierung der Einflussfaktoren ist nötig, da die Höhe der Bodenfeuchte nach der Sommerperiode zwischen 15 und 80 cm stark variiert (Abbildung 5.11, Kapitel 5.3.1.5). Da sich die Larven während der warmen und trockenen Sommerperioden in tiefere Bodenschichten mit für sie günstigeren Lebensbedingungen zurückziehen, muss die Durchfeuchtung des Bodens bis in diese tiefen Schichten erfolgen. Die modellierte Drahtwurmaktivität soll klassifiziert angegeben werden. Klasse 0 entspricht dabei keiner bzw. einer geringen Drahtwurmaktivität (weniger als 10 % der Drahtwürmer aktiv). Die Klasse 1 entspricht einer hohen Aktivität der Larven (mehr als 10 % der Drahtwürmer aktiv).

Mit den im Labor erhobenen Daten der Rohrversuche wurde zunächst eine Varianzanalyse durchgeführt um mögliche Unterschiede im Verhalten der untersuchten Arten festzustellen. Anschließend wurde die Korrelation zwischen dem prozentualen Anteil der Drahtwürmer und dem Wassergehalt jedes einzelnen Rohrsegmentes untersucht. Mit einer logistischen Regression für jede getestete Bodenart wurde eine Funktion zum quantitativen Auftreten der Drahtwürmer in Bezug zur Bodenfeuchte ermittelt.

### 5.2.10. Modellierung Schnellkäfer

#### Modellierung

Auf Basis der im Projektzeitraum gewonnenen Daten wurden erste Ansätze zur Modellierung der Schnellkäfer-Flugaktivität formuliert. Die Fangzahlen der Jahre 2008 bis 2010 wurden für die Modellerstellung zunächst relativiert und aufsummiert. Dies erfolgte separat für jede Art und jeden Standort. Insgesamt entstanden auf diese Weise 119 Beobachtungen (Flugverläufe pro Art und Standort). Die Datensätze wurden zufällig in zwei Hälften geteilt, wobei die eine Hälfte zur Modellierung und die andere Hälfte zur Validierung verwendet wurde. Um die Fangzahlen mit Wetterdaten verrechnen zu können, wurde für jeden Standort die Tages-Temperatursumme des Bodens in 5 cm Tiefe ab dem 1. Januar mit einer Basistemperatur von 0 °C gebildet. Mit den zur Modellierung herangezogenen Daten wurde eine nicht-lineare Regression durchgeführt.

#### Validierung

Die zweite Hälfte der Datenbasis von 2008 bis 2010 und die erhobenen Daten des Jahres 2011 wurden für eine unabhängige Validierung der Modelle genutzt. Insgesamt wurden vier unterschiedliche Methoden der Validierung eingesetzt um möglichst genaue Aussagen über die Qualität der Prognosen treffen zu können. Zunächst erfolgt eine Bewertung des Modells anhand einer visuellen Beurteilung. Der kumulierte relativierte Flugverlauf jeder Art wurde separat für jeden Standort graphisch abgebildet. Die Abweichung der Kurve des simulierten Flugverlaufes von der des bonitierten Flugverlaufes wurde subjektiv bewertet und als Überschätzung, Unterschätzung oder als korrekte Simulation eingruppiert. Des Weiteren

erfolgte eine Validierung über die Berechnung einer Trefferquote. Für jeden Boniturtermin wurde die Differenz zwischen modelliertem und bonitiertem Wert berechnet. Abweichungen zwischen 0 und  $\pm 10\%$  wurden als korrekte Prognosen klassifiziert. Differenzen außerhalb dieses Intervalls galten als Über- ( $> 10\%$ ) bzw. Unterschätzung ( $< -10\%$ ) des Modells. Im Anschluss an die Berechnung der Trefferquote erfolgte eine statistische Validierung der Modellansätze über lineare Regressionen. Die Korrelation zwischen simulierten und beobachteten Flugverläufen wurde erfasst sowie auf eventuell auftretende Signifikanzen geachtet. Zuletzt wurde das Modell einer Praxisvalidierung unterzogen. Dies erfolgte anhand einer Erstauftrittsbewertung. Das Käfererstauftreten wurde mit 10 % der Population definiert und die zeitliche Abweichung zwischen simuliertem und bonitiertem Erstauftreten in Tagen ermittelt. Bei einer errechneten Differenz von weniger als  $\pm 7$  Tagen wurde das Erstauftreten korrekt von dem Modell simuliert. Wichen die beiden Termine mehr als 7 Tage voneinander ab, wurde die Prognose als zu früh eingeschätzt. Bei einer Differenz von weniger als - 7 Tagen war die Prognose zu spät.

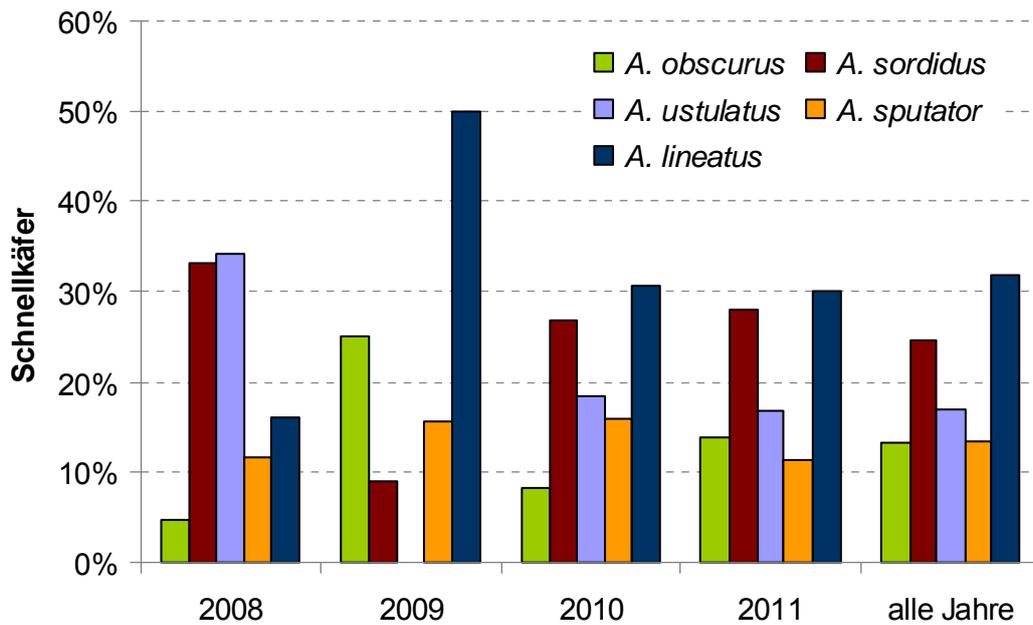
Mit unabhängigen Daten der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Vidal (Universität Göttingen) wurden die Modellansätze auf ihre überregionale Tauglichkeit überprüft. Die Datenbasis wurde im Jahr 2010 im Rahmen eines deutschlandweiten Monitorings an über 50 Standorten erhoben. Die Daten wurden nach oben beschriebenem Verfahren aufbereitet und in das Modell eingegeben. Die Validierung erfolgte anhand der Trefferquote, der statistischen Methode sowie der Erstauftrittsbewertung.

## 5.3. Ergebnisse

### 5.3.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

#### 5.3.1.1. Monitoring der Schnellkäfer

Während des gesamten Monitoringzeitraumes konnten auf den 40 Versuchsstandorten insgesamt 59.623 Käfer der fünf wichtigsten Agriotes-Arten gefangen werden. Die gefangenen Käfer wurden im Labor einzeln bestimmt und nach Arten getrennt ausgewertet. Im Jahr 2011 konnte die höchste Schnellkäfer-Aktivität verzeichnet werden. Auf den acht Flächen wurde ein Fangergebnis von 21.430 Käfern erzielt, was 36 % der Gesamtfangzahl entspricht. Mit einem durchschnittlichen Anteil von 32 % war die Art *A. lineatus*, gefolgt von *A. sordidus*, am häufigsten in Rheinland-Pfalz vertreten. Das Artenverhältnis der Jahre 2010 und 2011 sowie die Zusammensetzung aller Käferfänge im Projektzeitraum zeigte eine sehr ähnliche Verteilung der Arten. Im Jahr 2008 wurden vermehrt Käfer der Arten *A. ustulatus* und *A. sordidus* gefangen, da die Pheromonfallen größtenteils im Rheintal platziert wurden. Mit der geographischen Ausdehnung des Monitorings im Jahr 2009 wurden zunehmend auch *A. obscurus* und *A. lineatus* gefangen (Abbildung 5.8).



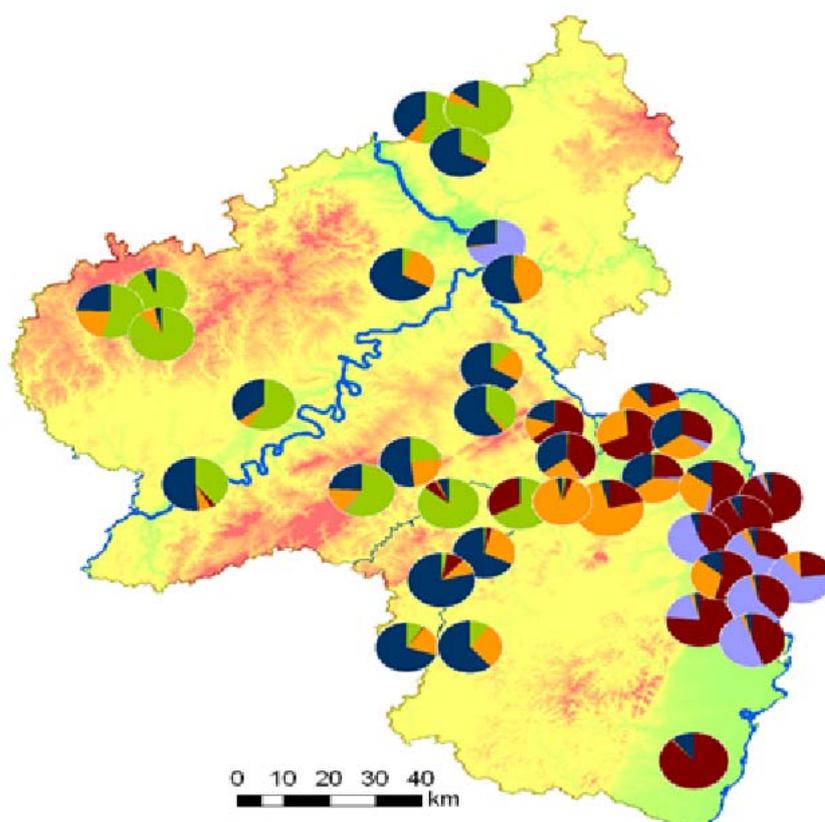
**Abbildung 5.8: Artenzusammensetzung der Schnellkäfer in den Pheromonfallen in den Monitoringjahren 2008 – 2011**

Tabelle 5.3 gibt die detaillierten Fangzahlen eines jeden Standortes nach Arten getrennt wieder. Die dominierenden Arten bzw. die fangreichsten Standorte sind jeweils fett gedruckt. Die höchsten Fangzahlen wurden im Jahr 2008 am Standort Bobenheim-Roxheim, im Jahr 2009 am Standort Asbach sowie im Jahr 2010 in Wiesweiler erreicht. Im Mittel lagen diese bei ca. 6350 Individuen. Meist tritt an jedem Standort je eine Art stark dominierend auf. Mehrjährige Versuchsergebnisse zeigen jedoch, dass dies von Jahr zu Jahr stark variieren kann. So ließen sich am Standort Asbach im Jahr 2009 67 % der gefangenen Käfer der Art *A. lineatus* zuordnen. In den folgenden zwei Jahren verschob sich diese Dominanz über 51 % in 2010 hin zu 79 % der Art *A. obscurus* im Jahr 2011. Von welchen Faktoren diese Varianz abhängt, konnte nicht geklärt werden.

Tabelle 5.3: Nach Arten getrennte Fangzahlen aller Standorte der Jahre 2008 - 2009

	Fläche	Jahr	A. obs.	A. sor.	A. ust.	A. spu.	A. lin.	Summe
1	Wallersheim	2008	<b>324</b>	0	0	2	23	349
2	Rayerschied	2008	199	0	1	370	<b>1114</b>	1684
3		2009	12	0	0	1	<b>19</b>	32
4	Nieder-Hilbersheim	2008	0	44	7	41	<b>50</b>	142
5	Sulzheim	2008	2	80	11	<b>126</b>	119	338
6	Gau-Odernheim	2008	0	<b>828</b>	46	497	232	1603
7		2008	2	1785	<b>3566</b>	265	261	<b>5879</b>
8	Bobenheim-	2009	1	<b>513</b>	6	308	129	957
9	Roxheim	2010	0	622	<b>923</b>	34	45	1624
10		2011	0	787	<b>2338</b>	314	42	<b>3481</b>
11	Lambsheim	2008	0	<b>1033</b>	250	23	39	1345
12		2009	1973	0	0	215	<b>4439</b>	<b>6627</b>
13	Asbach	2010	<b>798</b>	0	0	130	607	1535
14		2011	<b>2031</b>	0	0	162	375	<b>2568</b>
15	Koblenz	2009	8	2	0	227	<b>285</b>	522
16		2010	5	1	<b>494</b>	9	191	700
17	Fleringen	2009	<b>338</b>	0	1	31	13	383
18	Wittlich	2009	<b>83</b>	0	0	8	51	142
19	Gumbsheim	2009	0	130	0	<b>474</b>	24	628
20	Kirn	2009	<b>156</b>	12	0	2	11	181
21	Großwinternheim	2009	0	<b>344</b>	0	151	7	502
22		2010	0	194	0	<b>698</b>	102	994
23	Abtweiler	2009	<b>305</b>	140	0	0	9	454
24	Kenn	2009	122	5	0	19	<b>160</b>	306
25	Hütschenhausen	2009	189	3	0	564	<b>1184</b>	<b>1940</b>
26	Polch	2010	2	0	0	13	<b>30</b>	45
27	Weinsheim	2010	<b>75</b>	0	0	30	34	139
28	Hottenbach	2010	162	0	2	181	<b>372</b>	717
29		2011	<b>737</b>	1	6	206	303	1253
30	Windesheim	2010	6	<b>280</b>	4	153	246	689
31		2011	2	<b>626</b>	0	156	195	979
32	Gimbsheim	2010	0	<b>1532</b>	42	28	61	1663
33	Mettenheim	2010	0	854	<b>1134</b>	3	95	<b>2086</b>
34	Wiesweiler	2010	29	82	9	778	<b>1899</b>	<b>2797</b>
35		2011	161	588	0	622	<b>5180</b>	<b>6551</b>
36	Elschbach	2010	83	4	0	190	<b>644</b>	921
37	Herxheim	2010	0	<b>238</b>	0	2	29	269
38	Weinsheim	2011	17	43	0	<b>886</b>	34	980
39	Frankenthal	2011	0	1147	<b>1267</b>	59	97	<b>2570</b>
40	Mettenheim	2011	3	<b>2807</b>	7	21	210	<b>3048</b>

Abbildung 5.9 gibt die Artenzusammensetzung auf allen Flächen über den gesamten Monitoringzeitraum wieder. Die Art *A. sordidus* überraschte mit einem außerordentlich starken Vorkommen im Oberrheingraben. Aber auch in anderen Flusstälern, wie dem der Mosel, Nahe oder Glan, zeigte sich eine fortschreitende Ausbreitung und beginnende Etablierung der Wärme liebenden Art. Ein ähnliches Verhalten zeigte die Art *A. ustulatus*, jedoch mit deutlich reduzierten Fangzahlen und der Beschränkung auf das Rheintal. In Höhenlagen, wie denen des Hunsrücks, des Westerwaldes oder denen der Eifel, wurde verstärkt *A. obscurus* gefangen. Käfer der Arten *A. lineatus* und *A. sputator* traten an nahezu jedem Standort auf, wobei *A. lineatus* anteilmäßig deutlich häufiger vorkam.



- *A. sordidus*
- *A. sputator*
- *A. obscurus*
- *A. lineatus*
- *A. ustulatus*

Abbildung 5.9: Anteile der Schnellkäferarten in den Pheromonfallen in Rheinland-Pfalz 2008 – 2011

### 5.3.1.2. Flächenwahl der Käfer bei der Eiablage

Insgesamt ließen sich mit Hilfe der Grasfallen fünf Schnellkäferweibchen fangen. Diese wurden anschließend zu den artgleichen Männchen in die Zuchtkäfige gebracht. Aufgrund der wenigen weiblichen Individuen und des daraus resultierenden unausgeglichenen Geschlechterverhältnis kam es vermutlich nicht zu einer Eiablage in den Freilandkäfigen.

### 5.3.1.3. Horizontale Wanderung der Drahtwürmer

Der Gradient der Bodenfeuchte bei der Beobachtung der horizontalen Wanderung der Drahtwürmer konnte linear eingestellt werden. Die Ergebnisse des Versuchs sind in

Abbildung 5.10 dargestellt. Von den ursprünglich 20 Larven konnten nach Ablauf der Zeit nur noch 17 der Larven wieder gefunden werden. Mit Hilfe von Zeitraffer-Aufnahmen konnte beobachtet werden, dass die fehlenden Larven über die seitliche Begrenzung entkommen konnten. Die Auswertung der Gefäße zeigte, dass sich ein Großteil der Drahtwürmer bei einer Bodenfeuchte von 42 Vol% (Trocken +++) aufhielt. In der staunassen Erde sowie in der trockenen Variante konnten keine Larven gefunden werden.

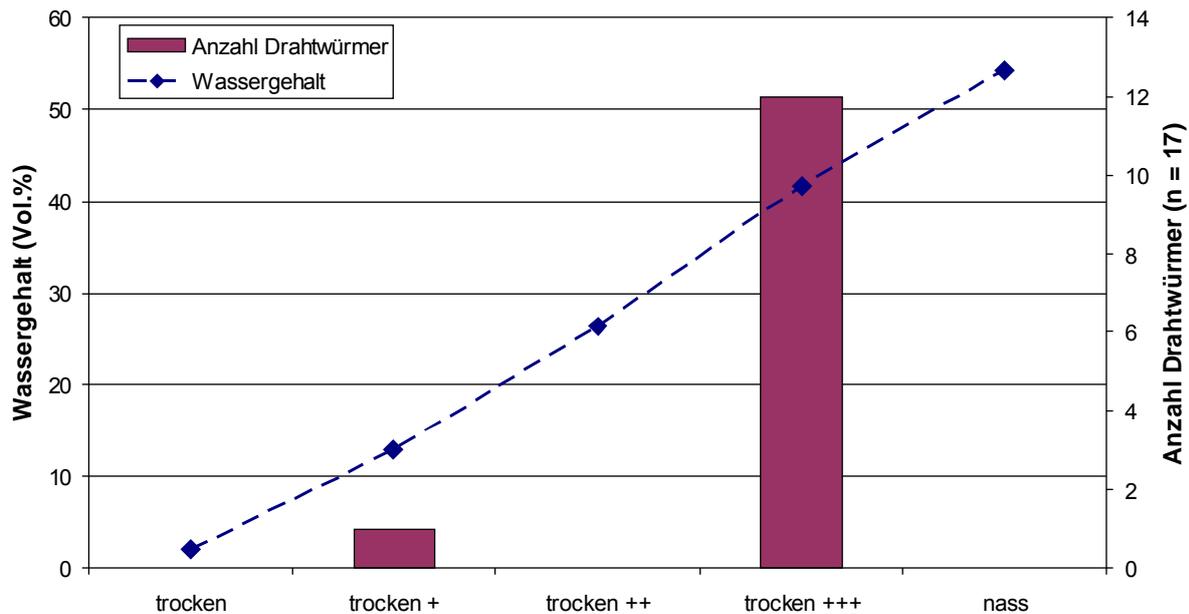


Abbildung 5.10: Ergebnisse der Untersuchung zur horizontalen Wanderung von Drahtwürmern in Bezug zur Bodenfeuchte

#### 5.3.1.4. Vertikale Verteilung der Drahtwürmer im Feld

Im Rahmen der Felduntersuchungen im Jahr 2010 konnten insgesamt 327 Larven gefangen werden. Über 70 % stammten dabei von einem Zuckerrüben-Schlag am Standort Bobenheim-Roxheim. Die Larven gehörten überwiegend der Art *A. ustulatus* an. Im Jahr 2011 konnten 266 Drahtwürmer gefangen werden, wovon nahezu 60 % von einem Sommer-Gerste-Feld am Standort Mettenheim (überwiegend *A. sordidus* und *A. ustulatus*) und knapp 20 % aus Bobenheim-Roxheim (Erbse) stammten. An den restlichen drei Standorten konnten kaum Drahtwürmer gefangen werden. Die Fangzahlen beider Jahre sind in Tabelle 2 wiedergegeben. Die Differenzierung zwischen den Arten *A. sputator*, *A. obscurus* und *A. lineatus* erwies sich jedoch aufgrund hoher Ähnlichkeit der Larven als sehr schwierig.

In beiden Jahren ließen sich alle fünf Arten im Boden finden. Sofern die Larvenarten eindeutig bestimmbar waren, ähnelten sich die Artzusammensetzung der im Boden lebenden Larven und die auftretende Käferpopulation eines Standortes. In Mettenheim konnten während der Saison 2011 insgesamt 154 Larven gesammelt werden, wobei 89 % der Art *A. sordidus* angehörten. 11 % konnten der Art *A. ustulatus* zugewiesen werden. Die Betrachtung der Käferpopulation zeigt, dass mit 92 % *A. sordidus* ein ähnliches Verhältnis vorliegt.

Tabelle 5.4: Drahtwurmfangzahlen der Saison 2010 und 2011

Jahr	Standort	Anzahl Larven
2010	Windesheim	42
	Großwinternheim	19
	Gimbsheim	32
	Mettenheim	5
	Bobenheim-Roxheim (Hecke) (Damm)	102 127
2011	Weinsheim	17
	Windesheim	26
	Frankenthal	19
	Bobenheim-Roxheim	50
	Mettenheim (Lehm) (sandiger Lehm)	22 132

Da die Köderfallen an jedem Austauschtermin räumlich versetzt wurden und der Drahtwurmbefall innerhalb eines Schlages meist sehr inhomogen ist, kann im Gegensatz zu den Zuchtkäfigen, im Freiland mit keinem festen Ausgangsbestand gerechnet werden. Die im Freiland erhobenen Daten konnten daher nicht zur Modellierung herangezogen werden. Das Monitoring wurde jedoch weiterhin fortgeführt und diente maßgeblich der Larvensammlung für Laborversuche.

### 5.3.1.5. Vertikale Verteilung der Drahtwürmer im Freilandkäfig

Das Ergebnis des Halbfreilandversuchs mit *A. obscurus* und die zugehörigen Messwerten der Bodenfeuchte und -Temperatur sind in Abbildung 5.11 dargestellt. Anfang März 2010 ließ sich ein erster Anstieg in der Aktivität der Drahtwürmer feststellen, der sich bis Mitte April zu einem deutlichen Peak entwickelte. In den Monaten Juni bis Oktober ließ sich kaum Drahtwurmakktivität verzeichnen. Auch im März 2011 konnte eine erhöhte Aktivität beobachtet werden.

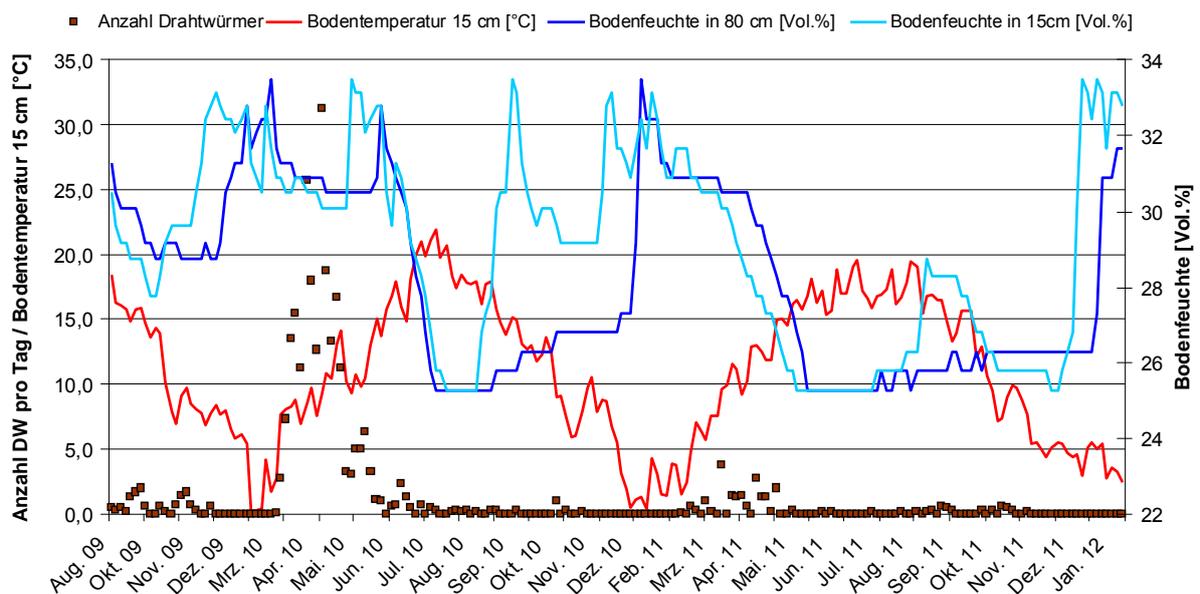


Abbildung 5.11: Daten zur Bodenfeuchte und Temperatur in den Zuchtkäfigen sowie zum Drahtwurmauftreten von *A. obscurus*

Aufgrund der erheblichen Trockenheit und der Entwicklung einiger Larven zum adulten Tier, jedoch deutlich reduzierter und über einen kürzeren Zeitraum als im Vorjahr, was die Gewinnung von Daten maßgeblich einschränkte. Bei einem Vergleich der Tage mit der höchsten Drahtwurmaktivität beider Jahre zeigten sich deutliche Parallelen in Bezug auf die Bodenfeuchte- und Temperaturbedingungen. Im Jahr 2010 konnten bei einer Temperatur von 9,27°C die meisten Larven gezählt werden. Im Folgejahr wich diese mit 9,64°C nur geringfügig von diesem Messwert ab. Die Bodenfeuchte in 15 cm Tiefe betrug in beiden Fällen 30,05 Vol%.

#### **5.3.1.6. Aufbau einer Laborzucht**

Die unter 5.3.2 berichteten fünf weiblichen Käfer genügten nicht, um eine Eiablage beobachten zu können. Daher wurden im Herbst 2010 und an mehreren Terminen im Jahr 2011 Drahtwurmfallen in die beiden Käfige eingegraben um diese auf das Auftreten von jungen Larven (L1) untersuchen zu können. Zu keinem der Termine konnten L1-Larven in den Käfigen gefunden werden. Es ist daher davon auszugehen, dass im Jahr 2010 keine Eiablage der eingesetzten Weibchen stattfand bzw. nur in sehr geringem und damit nicht nachweisbarem Maß.

Bei der Kontrolle des Käferschlupfes anhand der eingesetzten Pheromonfalle im Käfig der *A. obscurus*-Larven, konnte der Käferschlupf erfolgreich nachgewiesen werden. Innerhalb eines Tages ließen sich mehr als 30 Schnellkäfer in der Falle finden. Da die Lockwirkung des Pheromons lediglich männliche Insekten betrifft, kann davon ausgegangen werden, dass etwa ebenso viele weibliche Tiere zum Käfer entwickeln konnten und damit ein Geschlechterverhältnis von 1:1 vorliegt, so wie es auch unter natürlichen Bedingungen beobachtet wird. Um eine Verwirrung der männlichen Tiere zu vermeiden, wurde die Falle zügig wieder entfernt.

Im September 2011 konnte erstmals eine L1-Larve in einer der eingesetzten Drahtwurmfallen gefunden werden. Es konnte somit erfolgreich eine Zucht der Art *A. obscurus* und vermutlich auch der Art *A. sordidus* aufgebaut werden.

#### **5.3.1.7. Laborversuche zur Biologie**

Bei den auf feuchtem Gips abgelegten *Agriotes*-Eiern konnte nur sehr vereinzelt ein Schlupf junger Drahtwürmer beobachtet werden. Die hohe Mortalität der jungen Larven und der erhebliche Zeitaufwand zur Beobachtung der Larvenentwicklung führten zu einem Abbruch der Untersuchungen.

#### **5.3.1.8. Laborversuche Bodenfeuchte**

Bei der Auswertung der Rohrversuche konnten zunächst keine Unterschiede im Verhalten der Larvenarten in Bezug zur Bodenfeuchte festgestellt werden. Auch zwischen der unbepflanzten Variante und der Variante mit simuliertem Bewuchs durch junge Maispflanzen konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden. Abbildung 5.12 gibt die Korrelationen zwischen dem kumulierten Drahtwurmorkommen und dem zugehörigen Anteil der max. Wasserkapazität in den vier getesteten Bodenarten wieder.

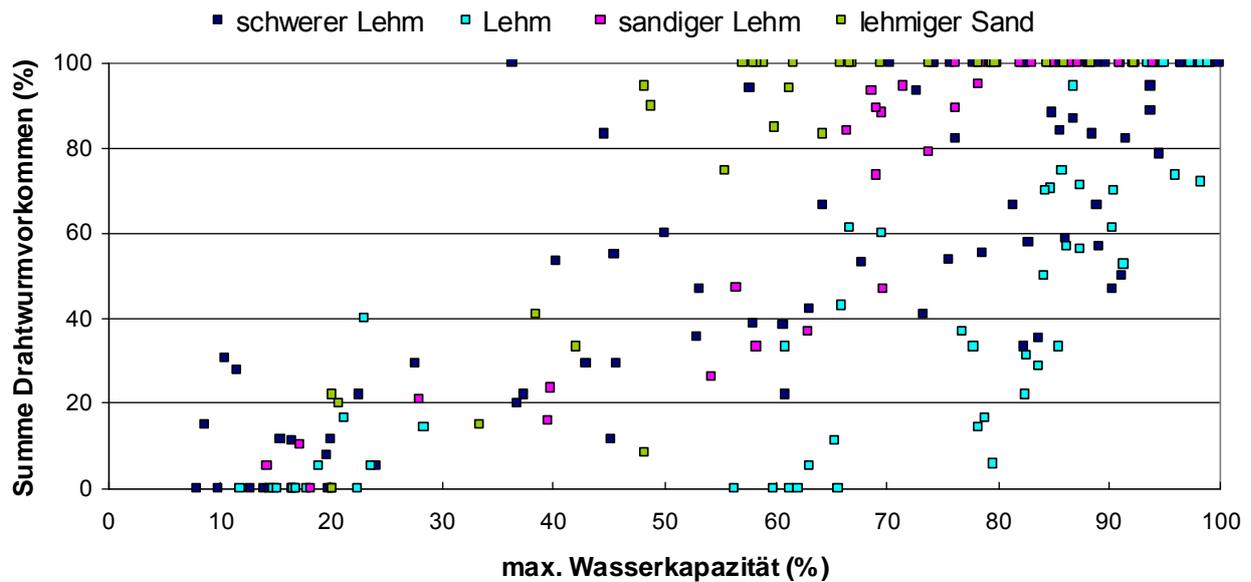


Abbildung 5.12: Darstellung der Korrelationen zwischen der Summe des Drahtwurmorkommens und dem zugehörigen Anteil der max. Wasserkapazität in den getesteten Bodenarten

Abbildung 5.13 zeigt die Versuchsdaten der Bodenart Lehm und die daraus resultierende logistische Regressionskurve mit einem Bestimmtheitsmaß von 92 %. Die maximale Wasserkapazität von 100 % entspricht hier 32 Vol.%. Bei der gestesteten Bodenart handelt es sich um den Boden der Freilandkäfige. Das Maximum der Drahtwurmaktivität im Käfig lag bei einer Bodenfeuchte von 31 Vol.% (rot gekennzeichnet). Damit ist der bevorzugte Bodenfeuchtebereich in den Laborversuchen mit dem der Freilangkäfige vergleichbar. Die Laborergebnisse der anderen Bodenarten sind daher ins Freiland übertragbar.

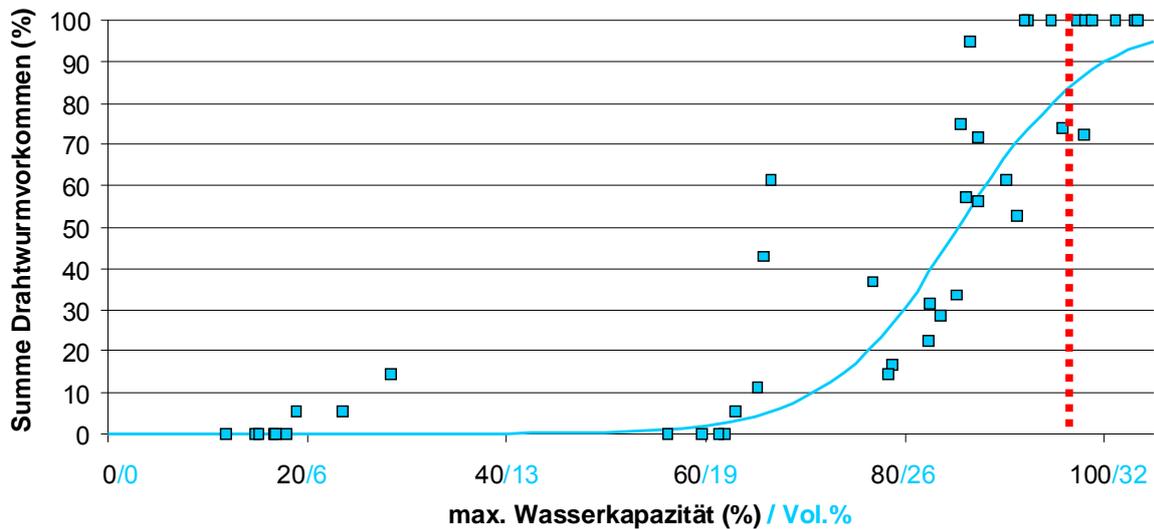


Abbildung 5.13: Darstellung der Korrelation zwischen der Summe des Drahtwurmorkommens und der zugehörigen maximalen Wasserkapazität sowie der aus der logistischen Regression abgeleiteten Funktion für die Bodenart Lehm

### 5.3.1.9. Modellierung der Drahtwurmaktivität

#### Freilandkäfige

Mit der in den Drahtwurmkäfigen erhobenen Datenbasis konnte mit den Parametern Bodenfeuchte, Bodentemperatur und der relativen Drahtwurmpopulation (relativiert am Maximum der Saison) eine nichtlineare Regression durchgeführt werden. Der daraus resultierende Modellansatz geht aus Abbildung 5.14 hervor. Mit der errechneten Funktion kann eine Vorhersage zur Drahtwurmaktivität in der Fraßzone in Bezug zur Bodenfeuchte und zur Bodentemperatur mit einem Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,54$  angegeben werden. Sie zeigt ein Maximum der Drahtwurmaktivität in der Fraßzone bei 10 °C und 32 Vol. % Bodenfeuchte in dem vorliegenden Boden der Drahtwurmkäfige (Bodenart Lehm).

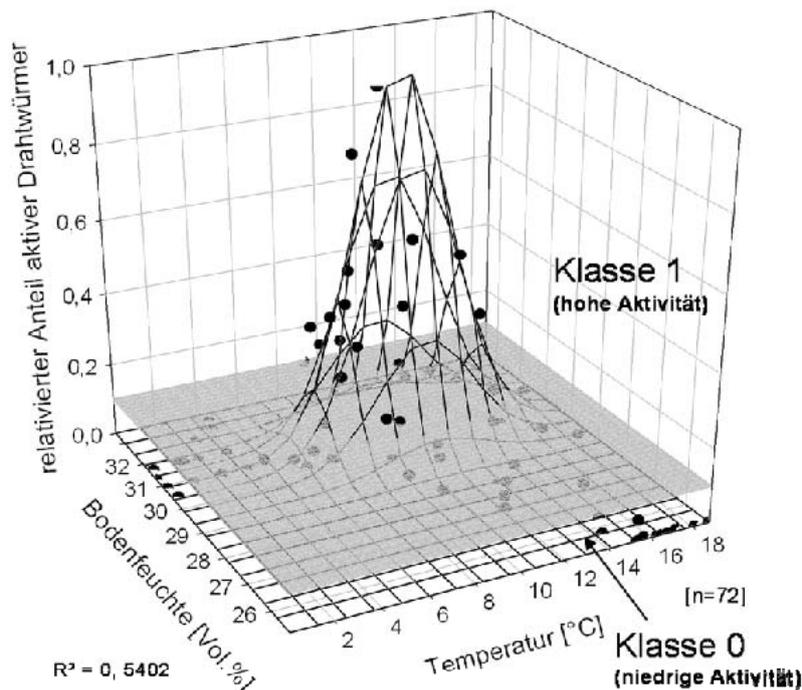
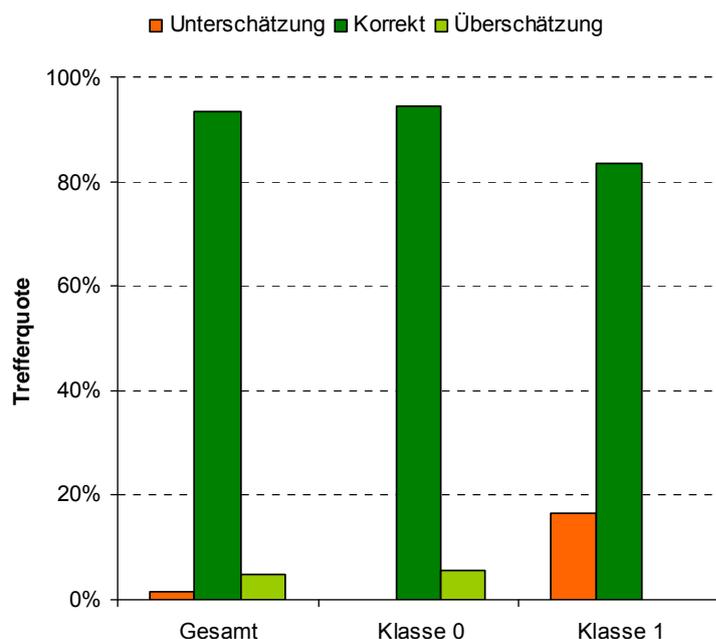


Abbildung 5.14: Darstellung des Modellansatzes zur Prognose der Drahtwurmaktivität in der Fraßzone innerhalb der ersten Jahreshälfte

Die Übereinstimmung der Klasseneinteilung der Boniturwerte mit den Werten der errechneten Funktion ergab insgesamt eine Trefferquote von nahezu 94 % korrekter Prognosen. In Klasse 0 lag die Trefferquote mit fast 95 % korrekten Prognosen etwas höher, in Klasse 1 erreichte der Anteil korrekter Prognosen 83 %. In nur 1,5 % der Fälle lag eine Modellunterschätzung vor (Abbildung 5.15). Damit liegt ein erster Ansatz zur Prognose einer Drahtwurmaktivität in der Fraßzone in Abhängigkeit von Bodentemperatur und Bodenfeuchte vor. Der Ansatz ist durch eine größere Datenbasis zu überprüfen. Zusätzlich könnten mit einer erweiterten Datengrundlage auch Aussagen über die genaue Stärke der Drahtwurmaktivität getroffen werden.



**Abbildung 5.15: Trefferquote des Modellansatzes zur Prognose der Drahtwurmaktivität in der Fraßzone über beide Jahreshälften**

### Rohrversuche

Die Funktionen der Regressionen aller untersuchten Bodenarten sind in Abbildung 5.16 dargestellt. Das Bestimmtheitsmaß der Regressionen lag zwischen 0,81 und 0,92. Es scheint, dass in der Bodenart lehmiger Sand eine niedrigere Wasserkapazität toleriert wird, als in den schwereren Bodenarten. Das Risiko von Kulturschäden besteht in leichteren Böden somit über einen größeren Feuchtebereich. 10 % aller Drahtwürmer hielten sich in dieser Bodenart bei einer Wasserkapazität von 30 % auf. Im sandigen Lehm wurde dieser Wert erst bei einer Wasserkapazität von 45 % erreicht, in der Bodenart Lehm sogar erst bei 70 %. Die Kurven der drei Bodenarten zeigen einen sehr ähnlichen Verlauf, sind aber mit zunehmender Schwere des Bodens entlang der X-Achse verschoben. Das simulierte Drahtwurmorkommen der Bodenart schwerer Lehm unterscheidet sich jedoch deutlich von den logistischen Kurvenverläufen der restlichen Bodenarten und zeigt einen fast linearen Zusammenhang zwischen der maximalen Wasserkapazität und der Summe des Drahtwurmorkommens. Eine Analyse der Wasserspannungskurven der verschiedenen Bodenarten ergab einen Zusammenhang zwischen dem permanenten Welkepunkt des Bodens und dem einsetzenden Drahtwurmorkommen.

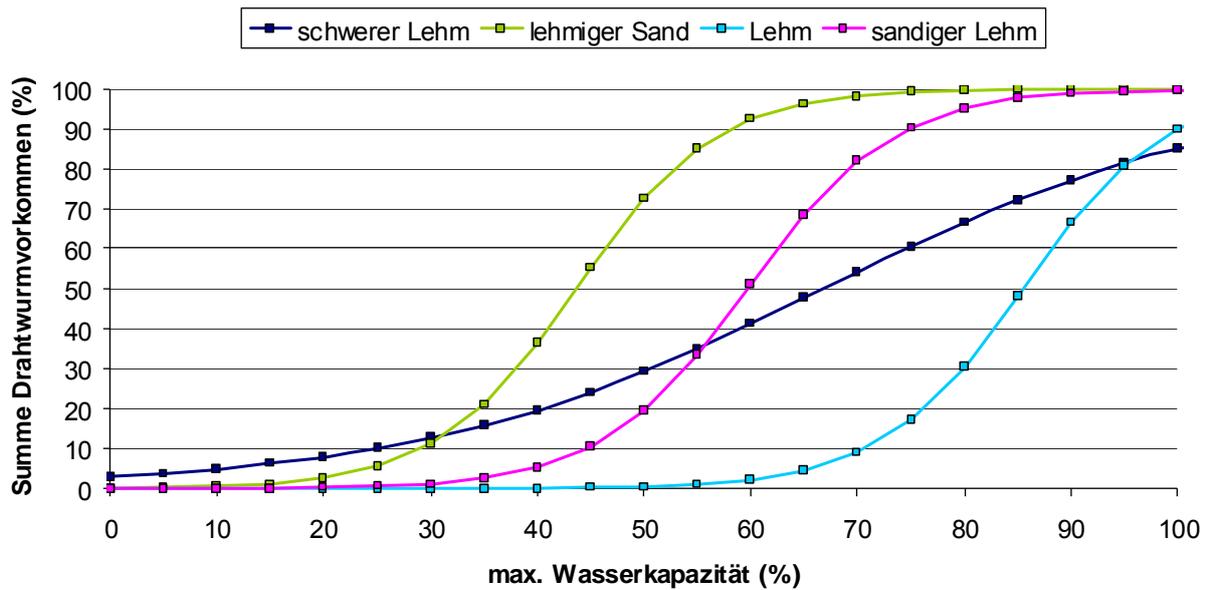


Abbildung 5.16: Modellansatz der Prognose des Drahtwurmorkommens in Abhängigkeit der maximalen Wasserkapazität

### Ablauf der Prognose der Drahtwurmaktivität

Aus den durchgeführten Untersuchungen und den daraus resultierenden Ergebnissen wurde ein möglicher Prognoseablauf entwickelt (Abbildung 5.17). Dieser beinhaltet zwei Modelle, die in einem zeitlichen Ablauf miteinander verknüpft sind. Ausgehend von einem unquantifizierbaren Drahtwurmbefall eines Feldes, soll im ersten Modell überprüft werden, ob die in der Fraßzone für eine Aktivität der Drahtwürmer festgelegten Schwellenwerte von Temperatur und Bodenfeuchte überschritten sind. Mit dem auf Basis der Daten aus den Freilandkäfigen entwickelten Modellansatz wird also berechnet ab welcher Bodentemperatur- und -feuchte der Anteil von 10 % aktiven Drahtwürmern in der Fraßzone überschritten wird. Die Bodenfeuchte wird dabei nach Eingabe der Wetterparameter durch das Simulationsmodell SIMPEL simuliert. Werden die Grenzwerte nicht überschritten, wird die Prognose abgebrochen und am darauf folgenden Tag erneut gestartet. Im Falle einer Schwellenwertüberschreitung folgt ein zweites Modell, basierend auf den Daten der Laborversuche zur vertikalen Verteilung der Drahtwürmer. Es soll die Stärke des Drahtwurmauftretens in Bezug zur Bodenfeuchte und Bodenart angeben und stützt sich dabei ebenfalls auf simulierte Bodenfeuchtwerte. Die Verknüpfung beider Modellansätze war möglich, da die Ergebnisse der Freilandkäfige mit denen der Laborversuche zu einem gleichen bevorzugten Bodenfeuchtebereich in der Bodenart Lehm führten. Der von den Larven favorisierte Feuchtebereich von 31 Vol.% Feldkapazität in den Freilandkäfigen konnte dem entsprechend mit den Ergebnissen der Rohrversuche bestätigt werden. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse der beiden Versuche miteinander vergleichbar sind. Darauf stützend wurden die Ergebnisse zum Drahtwurmorkommen in den anderen Bodenarten ins Freiland übertragen und im Modellansatz integriert. Zum Ende des Prognoseablaufs soll ein täglicher Wert der prozentualen Stärke des Auftretens des Drahtwurmopotentials eines ausgewählten Feldes von dem Modell ausgegeben werden. Der Modellansatz wird derzeit programmiert und soll zukünftig auf der Onlineplattform ISIP (Informationssysteme Integrierter Pflanzenschutz) unter dem Namen SIMAGRIO-W als Beraterversion zum Test zur Verfügung stehen.

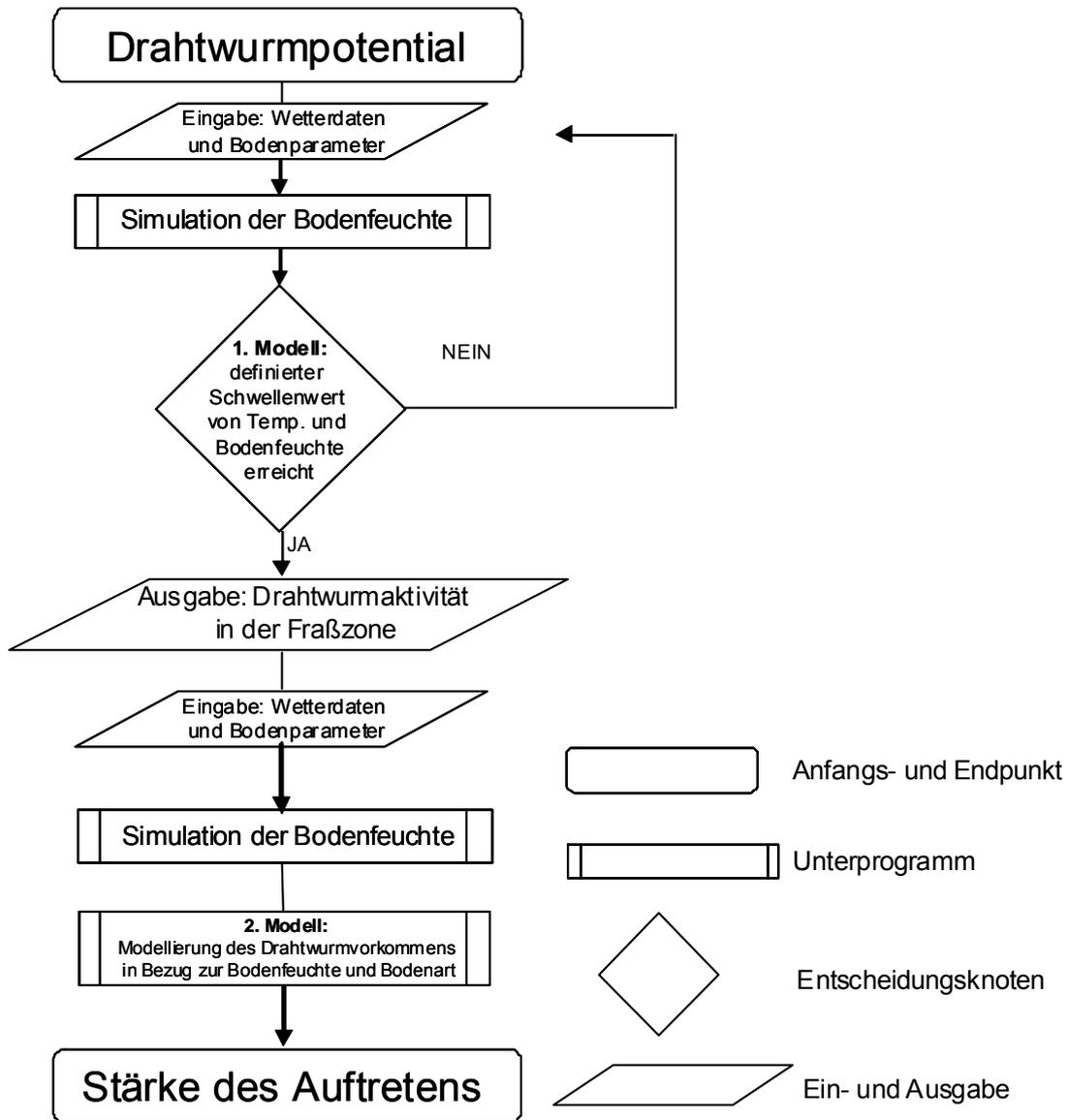


Abbildung 5.17: Ablaufdiagramm der möglichen Drahtwurmprognose

### 5.3.1.10. Modellierung Schnellkäfer

Auf Basis der unter Kapitel 5.3.1 ermittelten Ergebnisse zur Überwachung der Flugaktivität der Schnellkäfer-Männchen mit Hilfe von Pheromonfallen wurden erste Ansätze zur Prognose der Schnellkäfer-Flugaktivität modelliert. Abbildung 5.18 zeigt die zur Modellierung verwendeten und mit der Bodentemperatursumme korrelierten Boniturdaten sowie den daraus resultierenden simulierten Flugverlauf der Art *A. sordidus* mit logistischen Kurvenverlauf und einem Bestimmtheitsmaß von 0,91.

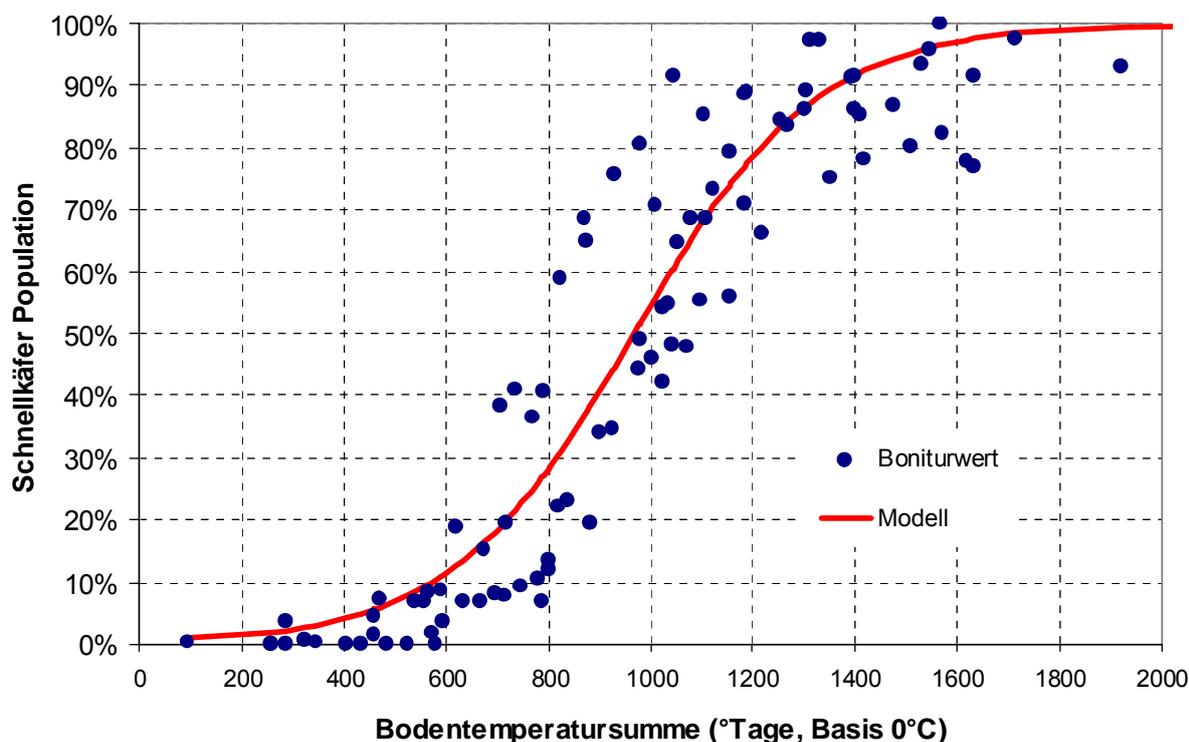


Abbildung 15.8: Darstellung der Korrelation zwischen der prozentualen Schnellkäferaktivität und der zugehörigen Bodentemperatursumme sowie der abgeleiteten Funktion für die prognostizierte Aktivität der Schnellkäferart *A. sordidus*

Die korrelierten Daten wurden anhand einer nicht-linearen (logistischen) Regression [1] mit folgender Gleichung modelliert:

$$[1] \quad \% \text{ Pop} = 1/(1+\text{Exp}(-(a + b * \sum T_{\text{Boden}})))$$

mit:

% Pop            Prozent der erschienenen *Agriotes*-Population

$\sum T_{\text{Boden}}$         Bodentemperatursumme ab dem 1. Januar (Basis 0° C)

a, b                Regressionsparameter

Für die Arten *A. lineatus*, *A. sputator*, und *A. obscurus* konnten ebenfalls Modellansätze formuliert werden. Insgesamt entstanden somit vier unterschiedliche artspezifische Modellansätze (Abbildung 5.19). Das Modell trägt vereinfachend den Namen SIMAGRIO-B. Ein Vergleich der vier Kurven zeigt, dass deutliche Unterschiede im zeitlichen Auftreten der einzelnen Arten vorliegen. *A. sputator* wird bereits bei einer Bodentemperatursumme von

ca. 400 Gradtagen aktiv. Während *A. obscurus* nur leicht verzögert auftritt, zeigt sich zwischen dem zeitlichen Auftreten von 50 % der Population von *A. sputator* und 50 % der Population der Arten *A. sordidus* und *A. lineatus* eine Differenz von etwa 300 Gradtagen. Bei einer angenommenen Tagesdurchschnittstemperatur von 20°C entspricht diese Differenz einer Verzögerung von 15 Tagen, was die Notwendigkeit der Entwicklung mehrerer artspezifischer Modelle unterstreicht. *A. sordidus* zeigte erst ab einer Bodentemperatursumme von ca. 600 Gradtagen eine raschere Aktivitätszunahme. Die Wärme liebende *Agriotes*-Art hat demnach höhere Temperatursprüche als andere Arten und benötigt eine höhere Bodentemperatursumme für ihre Entwicklung. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Beobachtungen des regionalen Auftretens dieser Art in der Rheinebene und anderen wärmeren Flusstälern.

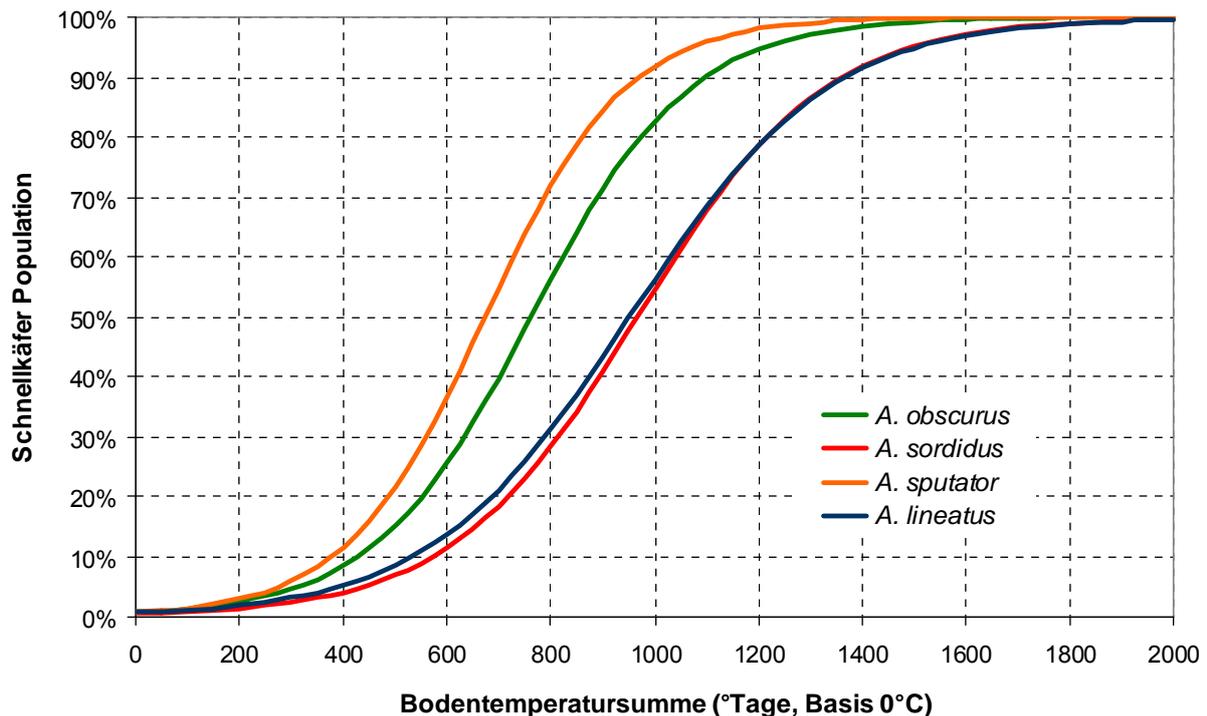


Abbildung 5.19: Modellierte Aktivitätsverläufe der vier *Agriotes*-Arten

Die visuelle Validierung zeigte in 56 % der Fälle eine korrekte Vorhersage durch das Modell. Lediglich 14 % der Prognosen unterschätzten die tatsächliche Situation. In 30 % der Fälle lag eine Überschätzung vor.

Die berechnete Trefferquote auf Basis der im Projektzeitraum erhobenen Daten lag bei durchschnittlich 58 %. An weniger als 10 % der Boniturtermine unterschätzte das Modell. In 32,3 % der Fälle überschätzte das Modell das Käferauftreten (Abbildung 5.20). Der Modellansatz für die Art *A. lineatus* wies dabei mit etwa 62 % die beste Trefferquote auf. Die Validierung anhand der im Jahr 2010 deutschlandweit erhobenen Daten (Prof. Dr. S. Vidal, Universität Göttingen) zeigte in den meisten Fällen eine höhere Trefferquote. Durchschnittlich 61,6 % aller Boniturwerte wurden korrekt von dem Modell prognostiziert.

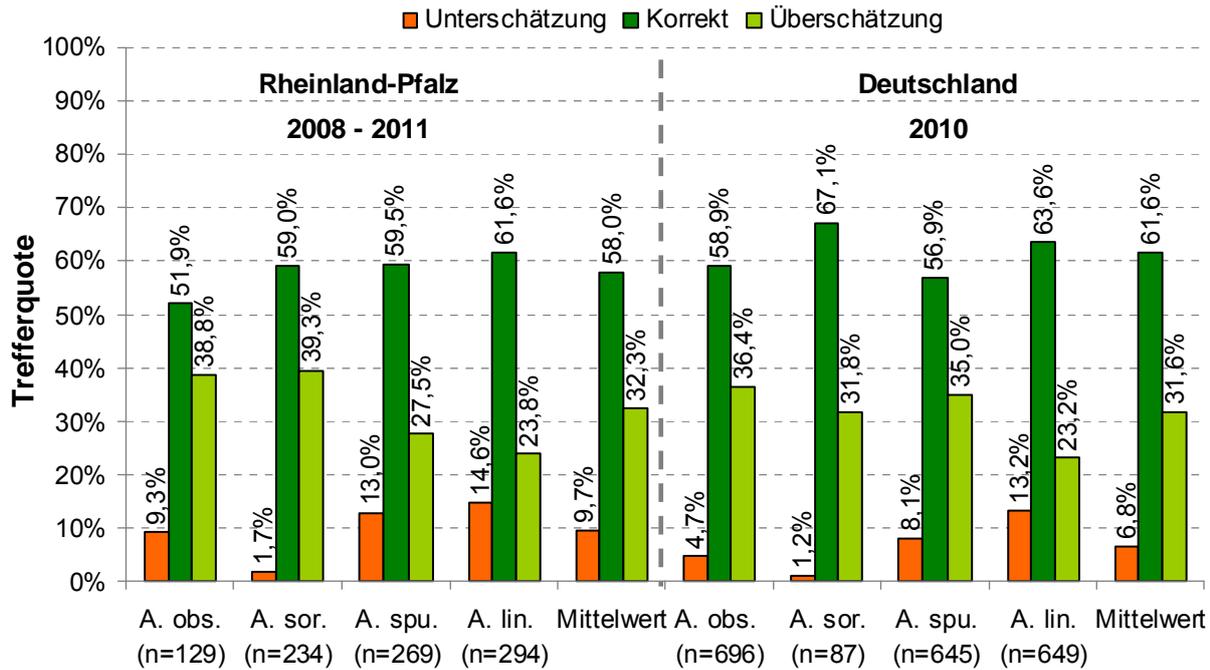


Abbildung 5.20: Ergebnisse der Validierung anhand der Trefferquote (links: im Projektzeitraum in Rheinland-Pfalz erhobene Daten, rechts: auf Basis deutschlandweit erhobener Daten)

Des Weiteren erfolgte eine statistische Validierung der Modellansätze mit Hilfe der Berechnung linearer Regressionen. Die Korrelation zwischen simulierten und beobachteten Flugverläufen ergab eine Übereinstimmung im Bereich zwischen 85 % und 91 % bei den in Rheinland-Pfalz erhobenen Daten und eine Übereinstimmung zwischen 86 % und 93 % bei den deutschlandweit erhobenen Daten. In allen Fällen lag eine hoch signifikante Korrelation der beiden Parameter vor.

Die Validierung anhand des zeitlichen Vergleichs zwischen simuliertem und bonitiertem Erstaufreten, definiert als 10 % aller auftretenden Käfer einer Population ergab eine Übereinstimmung in 40 % der Fälle (Abbildung 5.21). In nur 9 % der Fälle wurde das Erstaufreten zu einem späteren Zeitpunkt prognostiziert als es bonitiert wurde. Jedoch wurde das Käfererstaufreten in 51 % aller Fälle überschätzt. Die durchschnittliche Unterschätzung des Erstaufretens lag bei 12,6 Tagen. Mit 48 % korrekten Prognosen wurde das Erstaufreten der Arten *A. obscurus* und *A. sputator* am besten durch das Modell abgebildet. Der ebenso große Anteil zu früher Prognosen zeigt jedoch, dass das Modell prinzipiell zu früh auslöst und zum Überschätzen neigt.

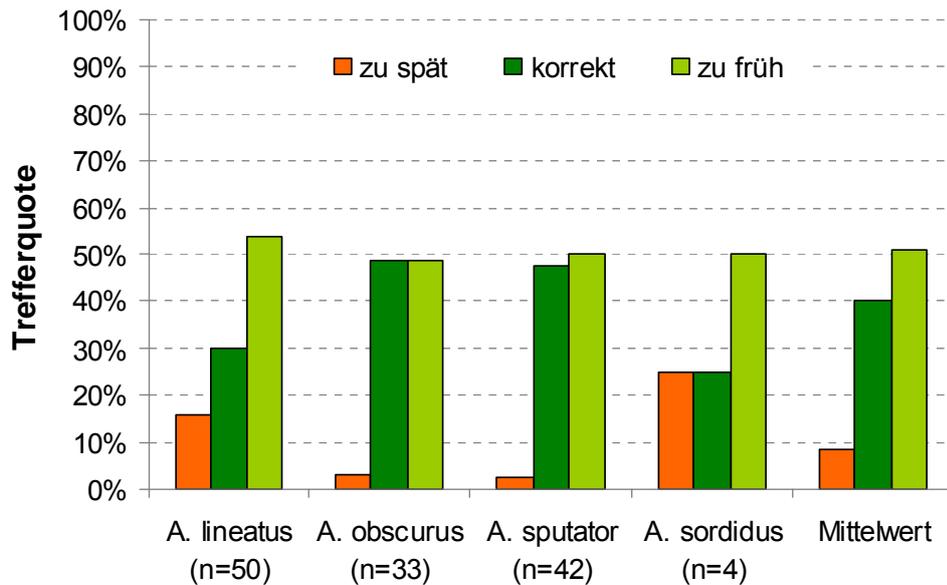


Abbildung 5.21: Ergebnisse der Validierung anhand des Käfererstauftritts, definiert als 10 % der Käfer einer Population auf Basis der deutschlandweit erhobenen Daten

### 5.3.2. Voraussichtlicher Nutzen und Verwendbarkeit der Ergebnisse

Mit Hilfe des Monitorings zur Überwachung der Schnellkäfer-Flugphasen konnte die Wissensbasis über das Auftreten der fünf bedeutendsten *Agriotes*-Arten *A. lineatus*, *A. obscurus*, *A. sordidus*, *A. sputator* und *A. ustulatus* in Rheinland-Pfalz maßgeblich verbreitet werden. Es liegen nun Informationen zur Artenverteilung in vielen Regionen von Rheinland-Pfalz vor. Unter anderem konnte festgestellt werden, in wie weit die Wärme bevorzugende Art *A. sordidus* vorgedrungen ist und wo sie vorzugsweise auftritt. Durch die wöchentliche Leerung der artspezifischen Pheromonfallen konnten die Flugphasen der einzelnen Arten genau untersucht und abgebildet werden. Auf Basis dieser Daten wurde das Modell SIMAGRIO-B entwickelt, welches das Erstauftreten und die Flugaktivität der vier wichtigsten Arten anhand von Wetterdaten prognostiziert. Mit dem Modell wurde ein wichtiger Grundstein für die Terminierung weiterer Monitoringaktivitäten gelegt. ESTER und VAN ROZEN (2005), die Versuche zur Reduktion der Schnellkäferpopulationen durch den Einsatz von Pyrethroiden durchführten, forderten weitere Forschungsvorhaben zur Bestimmung einer Behandlungsschwelle. Nach Definition einer solchen Schwelle, kann diese zukünftig von dem Modell SIMAGRIO-B ausgegeben werden.

Die vierjährigen Untersuchungen zur vertikalen Verteilung der Drahtwürmer im Boden in Freiland und Labor resultierten in neuen Informationen bezüglich der Migration der Larven in Abhängigkeit der Bodenfeuchte und Bodentemperatur. Des Weiteren konnte ein neuartiges Falldesign zur Untersuchung der Drahtwurmaktivität in der Fraßzone entwickelt werden, welches gute Fangerfolge erzielt. Anhand der in den Freilandkäfigen und im Labor erhobenen Daten konnte das wetterbasierte Modell SIMAGRIO-W entwickelt werden. Bestehend aus zwei Modellansätzen wird zunächst das Risiko einer Drahtwurmaktivität prognostiziert. Durch ein zweites, darauf folgendes Modell wird die Stärke des Drahtwurmauftretens in Bezug zur Bodenfeuchte und Bodenart angegeben, sofern der Schwellenwert im ersten Modell überschritten wurde. Die Terminierung von Pflanzenschutzmaßnahmen, Bodenbearbeitungsmaßnahmen oder des Erntezeitpunktes von Kartoffeln soll zukünftig durch das Modell unterstützt und erleichtert werden. Das Modell SIMAGRIO-W stellt somit einen bedeutenden Schritt in Richtung der Umsetzung integrierter Pflanzenschutzstrategien dar.

## 5.4. Zusammenfassung

Im Rahmen des vierjährigen Forschungsteilprojektes „Erarbeitung von Basisdaten zur Drahtwurmprognose“ wurden von 2008 bis 2011 weitreichende Untersuchungen zur Erweiterung der Wissensbasis über die wichtigsten Schnellkäfer-Arten und deren Larven, den Drahtwürmern, durchgeführt. Mit Hilfe artspezifischer Pheromonfallen wurde die Flugaktivität der bedeutendsten Arten an 40 Standorten überwacht. Insgesamt konnten 59.623 Schnellkäfer gefangen werden, die einzeln bestimmt und nach Arten getrennt ausgewertet wurden. Anschließend wurde die relative kumulierte Schnellkäferaktivität mit der Bodentemperatursumme korreliert. Anhand von nicht-linearen Regressionen wurde ein erstes artspezifisches und wetterbasiertes Modell für *A. lineatus*, *A. obscurus*, *A. sordidus* und *A. sputator* entwickelt, welches das Erstauftreten und die Flugaktivität dieser Arten prognostiziert. Mit Bestimmtheitsmaßen von 0,86 bis 0,90 konnte das Auftreten der Käferpopulationen sehr gut abgebildet werden.

In Kooperation des bei der ZEPP durchgeführten und durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt geförderten Projektes: „Möglichkeiten zur standortspezifischen Simulation der Bodenfeuchte und zur Integration von Bodenfeuchte- und Bodenartmodulen in die Prognosemodelle der ZEPP anhand von drei ausgewählten Schaderregern“ wurden Untersuchungen zur Drahtwurmaktivität in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte, Bodentemperatur und Bodenart durchgeführt. In einem zweijährigen Halbfreilandversuch wurde die Drahtwurmaktivität in Bezug zur Bodenfeuchte und –Temperatur analysiert. Im Labor wurde die von den Larven bevorzugte Bodenfeuchte in vier Bodenarten untersucht. Auf Basis von logistischen und nicht-linearen Regressionen wurde das Modell SIMAGRIO-W entwickelt. Bestehend aus zwei Modellen wird in einem ersten Schritt das Risiko einer Drahtwurmaktivität in der oberen Bodenschicht berechnet. In über 90 % wurde dieses korrekt durch das Modell prognostiziert. In einem zweiten Modellschritt wird für die vier Bodenarten die sich am Ausgangsbefall orientierende Stärke des Drahtwurm-vorkommens ausgegeben. Mit Bestimmtheitsmaßen zwischen 0,81 und 0,89 konnte der prozentuale Anteil des Drahtwurm-vorkommens sehr gut durch das Modell simuliert werden. Die Korrelationen waren bei allen Bodenarten hoch signifikant.

## 5.5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen

Das Monitoring zur Überwachung der Schnellkäferaktivität wurde im Projekt erfolgreich über vier Jahre hinweg durchgeführt. Auf 40 Flächen wurden Artenzusammensetzung und Flugphasen der fünf wichtigsten *Agriotes*-Arten untersucht. *A. lineatus* und *A. sordidus* traten dabei mengenmäßig am häufigsten auf, wobei sich *A. sordidus* regional auf den oberen Rheingraben konzentrierte. *A. obscurus* erwies sich als Art, die vorzugsweise in Gebirgslagen auftritt. *A. lineatus* und *A. sputator* zeigten sich dagegen weniger standortspezifisch. Auf Basis der Monitoringdaten wurde das Temperatursummenmodell SIMAGRIO-B entwickelt. Bestimmtheitsmaße zwischen 0,86 und 0,90 lassen auf eine hohe Qualität des Modells schließen. Mit einer Erstauftretensüberschätzung in 51 % der Fälle und 32 % zu früher Prognosen, besteht jedoch immer noch großer Bedarf an weiteren Erhebungen, um eine ausreichende Menge von Basisdaten für eine Optimierung des Modells gewinnen zu können. Im Rahmen der Projektverlängerung bis Ende 2014 sollen diese Daten gewonnen werden, um das Modell neu parametrisieren und validieren zu können. Zudem soll ein weiterer Modellparameter integriert werden, um den Einfluss des Niederschlages auf die Aktivität der Käfer zu berücksichtigen zu können und so eine bessere Anpassung des Modells zu erzielen. Das Modell ist zunächst nur für Rheinland-Pfalz

optimiert. Eine Parametrisierung und Validierung für alle Bundesländer erfolgt, sobald hinreichend Daten zur Verfügung stehen. Um die Nutzungsmöglichkeiten des Modells zu erweitern und damit eine Behandlungsempfehlung ausgeben zu können, sind weitere Untersuchungen zur Definition einer Bekämpfungsschwelle unumgänglich.

Intensive Freiland- und Laborversuche resultierten in einem zweiten wetterbasierten Modell zur Prognose der Drahtwurmaktivität in Abhängigkeit von der Bodentemperatur, Bodenfeuchte sowie der Bodenart. Dabei konnten bisher keinerlei Unterschiede im Verhalten der einzelnen Drahtwurmartarten festgestellt werden. Ebenso scheint das Nahrungsangebot keinen signifikanten Einfluss auf das Verhalten der Drahtwürmer zu haben. Die fraßaktiven Phasen werden demnach hauptsächlich durch die drei Parameter Temperatur, Bodenfeuchte und Bodenart initiiert. Durch weitere Untersuchungen in den Freilandkäfigen sollen bis 2014 zusätzliche Daten gewonnen werden, die der weiteren Parametrisierung und Validierung des Modells SIMAGRIO-W dienen.

Durch die Installation der Zuchtkäfige im Freiland konnten mehrere Ziele gleichzeitig verfolgt werden. Neben der Untersuchung der Drahtwurmaktivität in der oberen Bodenschicht konnten sich die eingesetzten Larven erfolgreich verpuppen und somit eine Zucht der Arten *A. obscurus* und *A. sordidus* aufgebaut werden. Dadurch wurden beste Voraussetzungen für die zukünftige Beobachtung der Eiablage in den Käfigen geschaffen, was bisher nicht erfolgreich umgesetzt werden konnte.

Die Erforschung ganzer Entwicklungszyklen in Abhängigkeit der Bodenfeuchte und Temperatur über mehrere Jahre konnte im Rahmen des Projektes bisher nicht durchgeführt werden. Der Aufbau einer Halbfreilandzucht bietet zwar beste Voraussetzungen für das Sammeln von Eigelegen, jedoch bedarf es der Entwicklung einer Methode, die das Überleben der jungen Larven gewährleistet und Beobachten der Tiere erleichtert, um den Zeitaufwand für diese Untersuchungen senken zu können. Zudem wird bei den langen Entwicklungszeiten der Larven von drei bis fünf Jahren ein langjähriger Forschungszeitraum von mindestens sechs Jahren benötigt.

## 5.6. Literaturverzeichnis

- Christen, C., Paffrath, A., Schepl, U., Neuhoff, D. (2006): Approaches to wireworm control in organic potato production. Proc. IOBC/wprs – Workshop “Entomopathogens and entomoparasitic nematodes”; Subgroup: “Soil Insect Pests”, 16.-18.10.2006, Auer, Italien; S. 29.
- Ellis, J.S., Knight, M.E., Blackshaw, R.P. (2006): Diagnostic genetic tools for positive species identification of cryptic wireworms (click-beetle larvae, *Agriotes* spp.). Proc. IOBC/wprs – Workshop “Entomopathogens and entomoparasitic nematodes”; Subgroup: “Soil Insect Pests”, 16.-18.10.2006, Auer, Italien; S. 42.
- Ester, A., Van Rozen, K. (2005): Monitoring and control of *Agriotes lineatus* and *A. obscurus* in arable crops in the Netherlands. IOBC – Bulletin 28 (2): 81-85.
- Furlan, L. (1996): The biology of *Agriotes ustulatus* Schaller (Col., Elateridae). I. Adults and oviposition. Journal of Applied Entomology 120: 269-274.
- Furlan, L. (1998): The biology of *Agriotes ustulatus* Schaller (Col., Elateridae). II. Larval development, pupation, whole cycle description and practical implications. Journal of Applied Entomology 122: 71-78.

- Furlan, L. (2005): An IPM approach targeted against wireworms: What has been done and what has to be done. IOBC – Bulletin 28 (2): 91-100.
- Ghormade, V., Jossi, W., Widmer, F., Keller, S., Enkerli, J. (2006): Evaluation of *Metarhizium anisopliae* isolates for biocontrol of *Agriotes* based on virulence, biochemical and genetic characteristics. Proc. IOBC/wprs – Workshop “Entomopathogens and entomoparasitic nematodes”; Subgroup: “Soil Insect Pests”, 16.-18.10.2006, Auer, Italien; S. 31.
- Jossi, W., Schweizer, C., Keller, S. (2008): Schnellkäferarten und biologische Bekämpfung der Drahtwürmer. Agrarforschung 15 (2): 76-81
- Kabaluk, T., Goettel, M., Erlandson, M., Ericsson, J., Duke, G., Vernon, B. (2005): *Metarhizium anisopliae* as a biological control for wireworms and a report of some other naturally-occurring parasites. IOBC – Bulletin 28 (2): 109-115.
- Kabaluk, T., Goettel, M., Vernon, B., Jaronski, S. (2006): Promise versus performance: Working towards the use of *Metarhizium anisopliae* as a biological control for wireworms. Proc. IOBC/wprs – Workshop “Entomopathogens and entomoparasitic nematodes”; Subgroup: “Soil Insect Pests”, 16.-18.10.2006, Auer, Italien; S. 30.
- Katzur, K., Heimbach, U. (2006): Evaluation of different baits to assess wireworm densities in agricultural soil. Proc. IOBC/wprs – Workshop “Entomopathogens and entomoparasitic nematodes”; Subgroup: “Soil Insect Pests”, 16.-18.10.2006, Auer, Italien; S. 36.
- Landl, M., Furlan, L., Glauning, J. (2005): Bait and pheromone trapping of *Agriotes* sp. In Lower Austria (first results). IOBC – Bulletin 28 (2): 123-126.
- Parker, W.E., Howard, J.J. (2001): The biology and management of wireworms (*Agriotes* spp.) on potato with particular reference to the UK. Agricultural and Forest Entomology 3: 85-98.
- Schepl, U., Paffrath, A. (2005a): Strategies to regulate the infestation of wireworms (*Agriotes* spp.) in organic potato farming: Results. IOBC – Bulletin 28 (2): 101-104.
- Schepl, U., Paffrath, A. (2005b): Status-Quo-Analysis and development of strategies to regulate the infestations of wireworms (*Agriotes* spp. L.) in organic potato farming. IOBC – Bulletin 28 (2): 105-108.
- Schepl, U., Paffrath, A. (2010): Der Drahtwurm...Ein Schädling auf dem Vormarsch – Möglichkeiten der Regulierung. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Bonn, Germany.  
[http://www.oekolandbau.nrw.de/pdf/pflanzenbau/Broschuere\\_Drahtwurm2010.pdf](http://www.oekolandbau.nrw.de/pdf/pflanzenbau/Broschuere_Drahtwurm2010.pdf)
- Subchev, M., Toshova, T., Tóth, M., Furlan, L. (2004): Click beetles (Coleoptera: Elateridae) and their seasonal swarming as established by pheromone traps in different plant habitats in Bulgaria: 1. Meadow. Acta zool. Bulg. 56 (2), 187-198
- Tóth, M., Furlan, L. (2005): Pheromone composition of European click beetle pests (Coleoptera, Elateridae): common components – selective lures. IOBC – Bulletin 28 (2): 133-142.
- Tóth, M., Imrei, Z., Furlan, L., Yatsynin, V.G., Ujváry, I., Szarukán, L., Subchev, M., Tolasch, T., Francke, W. (2002): Identification of the sex pheromone composition of the click beetle *Agriotes brevis* Candeze (Coleoptera: Elateridae). J. Chem. Ecology 28: 1641-1652.

- Tóth, M., Furlan, L., Yatsynin, V.G., Ujváry, I., Szarukán, L., Imrei, Z., Tolasch, T., Francke, W., Jossi, W. (2003): Identification of pheromones and optimization of bait composition for click beetle pests in Central and Western Europe (Coleoptera: Elateridae). *Pest Management Science* 59: 1-9.
- Tóth, M., Furlan, L., Xavier, A., Vuts, J., Toshova, T., Subchev, M., Szarukán, I., Yatsynin, V. (2006): New sex attractant for *Agriotes proximus*: similarities in pheromonal communication with *A. lineatus* (Coleoptera: Elateridae). *Proc. IOBC/wprs – Workshop “Entomopathogens and entomoparasitic nematodes”*; Subgroup: “Soil Insect Pests”, 16.-18.10.2006, Auer, Italien; S. 15.
- Vernon, R.S., Van Herk, W., Tolman, J. (2005): European wireworms (*Agriotes* spp.) in North America: Distribution, damage, monitoring, and alternative integrated pest management strategies. *IOBC – Bulletin* 28 (2): 73-79.
- Vernon, R.S., Van Herk, W., Moffat, C., Harding, C. (2006): European wireworms in North America: Toxicity and repellency of novel insecticides in the laboratory and field. *Proc. IOBC/wprs – Workshop “Entomopathogens and entomoparasitic nematodes”*; Subgroup: “Soil Insect Pests”, 16.-18.10.2006, Auer, Italien; S. 11.
- Vidal, S., Petersen, H.H. (2011): Prognosemodell für Fraßschäden. *DLG-Mitteilungen* 4, 42-45

## 5.7. Bisherige Publikation der Ergebnisse

### Artikel

- Burghause, F., Schmitt, M. (2011): Monitoringergebnisse der Schnellkäfergattung *Agriotes* (Elateridae, Coleoptera) in den Jahren 2008 bis 2010 in Rheinland-Pfalz. *Gesunde Pflanzen* 63, 27-32

### Weitere Einreichungen

- Jung, J., Racca, P., Schmitt, J., Kleinhenz, B. (2012): SIMAGRIO-W: Development of a prediction model for wireworms in relation to soil moisture, temperature and type. Contribution from the IWGO Conference. *Journal of Applied Entomology*
- Schmitt, J., Burghause, F., Racca, P., Jung, J., Kleinhenz, B. (2012): SIMAGRIO-B: First approaches of a simulation model predicting first appearance and activity of selected *Agriotes*-species. Contribution from the IWGO Conference. *Journal of Applied Entomology*
- Jung, J., Racca, P., Kleinhenz, B., Schmitt, J. (2012): Ansätze zur Prognose des Auftretens von Drahtwürmern mit SIMAGRIO-W. *DLG-Verlag. Kartoffelbau* 6
- Jung, J., Racca, P., Kleinhenz, B., Schmitt, J. (2012): Ansätze zur Prognose des Auftretens von Drahtwürmern mit SIMAGRIO-W. *Rheinische Bauernzeitung* 4
- Jung, J., Racca, P., Kleinhenz, B., Schmitt, J. (2012): Ansätze zur Prognose des Auftretens von Drahtwürmern mit SIMAGRIO-W. *Landwirtschaftliches Wochenblatt* 9

## Vorträge

- Kaub, M. (2009): Geographische Ausbreitung verschiedener Drahtwurmart. Seminar „Integrierter Pflanzenbau und Pflanzenschutz im Ackerbau und Grünland“. 3. November 2009, Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, Bad Kreuznach
- Jung, J., Schmitt, M. (2010): Erarbeitung von Basisdaten für zwei Drahtwurm-Prognosemodelle. DPG Arbeitskreis Integrierter Pflanzenschutz Projektgruppe Schädlinge in Getreide und Mais. 24. - 25. Februar 2010. Julius Kühn-Institut, Braunschweig
- Burghause, F. (2010): Einführung in die Biologie der Drahtwürmer. DPG Arbeitskreis Integrierter Pflanzenschutz Projektgruppe Schädlinge in Getreide und Mais. 24. - 25. Februar 2010. Julius Kühn-Institut, Braunschweig
- Jung, J., Schmitt, M. (2010): Erarbeitung von Basisdaten für zwei Drahtwurm-Prognosemodelle. DPG Arbeitskreis Integrierter Pflanzenschutz Projektgruppe Kartoffel. 3. - 4. März 2010. Julius Kühn-Institut, Braunschweig
- Schmitt, M., Burghause, F., Kleinhenz, B., Racca, P. (2010): Erste Modellierungsansätze zur Prognose des Erstauftretens und zur Flugaktivität ausgewählter *Agriotes*-Arten. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung. 6. - 9. September 2010 Humboldt-Universität zu Berlin
- Burghause, F., Schmitt, M. (2010): Schnellkäferarten auf Ackerflächen in Rheinland-Pfalz. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung. 6. - 9. September 2010 Humboldt-Universität zu Berlin
- Jung, J. and M. Schmitt (2010): Untersuchungen zum Einfluss der Bodenfeuchte auf die vertikale Verteilung von Drahtwürmern. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung. 6. - 9. September 2010 Humboldt-Universität zu Berlin
- Jung, J. (2010): Untersuchungen zum Einfluss der Bodenfeuchte auf die vertikale Verteilung von Drahtwürmern. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung. 6. - 9. September 2010 Humboldt-Universität zu Berlin
- Jung, J., Schmitt, M., Racca, P. (2010): Untersuchungen zum Einfluss der Bodenfeuchte auf die vertikale Verteilung von Drahtwürmern. Seminar „Integrierter Pflanzenbau und Pflanzenschutz im Ackerbau und Grünland“. 8. - 10. November 2010, Bad Kreuznach
- Jung, J., Schmitt, J., Schmitt, M., Racca, P. (2011): Untersuchungen zum Einfluss der Bodenfeuchte auf die vertikale Verteilung von Drahtwürmern – Erste Modellansätze. Arbeitskreis Integrierter Pflanzenschutz Arbeitsgruppe „Schädlinge in Getreide und Mais“ 23.-24. Februar 2011, Julius Kühn-Institut, Braunschweig
- Schmitt, M., Schmitt, J., Racca, P., Kleinhenz, B., Burghause, F. (2011): Erste Modellierungsansätze zur Prognose des Erstauftretens und zur Flugaktivität ausgewählter *Agriotes*-Arten. Arbeitskreis Integrierter Pflanzenschutz Arbeitsgruppe „Schädlinge in Getreide und Mais“ 23.-24. Februar 2011, Julius Kühn-Institut, Braunschweig

- Schmitt, J., Burghause, F., Racca, P., Kleinhenz, B. (2011): First approaches to design a simulation model predicting first appearance and flight activity of some selected *Agriotes*-species. 24. IWGO Conference, 24. - 26. Oktober 2011, Regierungspräsidium Freiburg
- Jung, J., Racca, P., Schmitt, J. (2011): Studies on the influence of soil moisture on the vertical distribution of wireworms. 24. IWGO Conference, 24. - 26. Oktober 2011, Regierungspräsidium Freiburg
- Schmitt, J., Burghause, F., Racca, P., Jung, J., Kleinhenz, B. (2011): Erste Modellansätze zur Prognose des Erstauftretens und der Flugaktivität ausgewählter *Agriotes*-Arten. Seminar „Integrierter Pflanzenbau und Pflanzenschutz im Ackerbau und Grünland“. 7. - 9. November 2010, Bad Kreuznach
- Jung, J., Racca, P., Kleinhenz, B. (2011): Modellansätze zur Prognose der Migration von Drahtwürmern in Abhängigkeit der Bodenfeuchte. Seminar „Integrierter Pflanzenbau und Pflanzenschutz im Ackerbau und Grünland“. 7. - 9. November 2010, Bad Kreuznach

## 6. Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren zur Bekämpfung von Drahtwürmern und Erdräupen im Gemüsebau

Förderkennzeichen: 2808HS005  
Institut: Kompetenzzentrum Freilandgemüsebau des Gartenbaukompetenzzentrums (GKZ) der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (LFA) in Gülzow  
Projektleitung: Dr. Kai-Uwe Katroschan  
Bearbeitung: Claudia Ritter

### 6.1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

Ziel des Teilvorhabens war die Entwicklung von Strategien zur Bekämpfung bzw. Regulierung von Drahtwürmern und Erdräupen im Freilandgemüsebau. Hierzu sollten sowohl neue Methoden entwickelt als auch bereits bestehende Ansätze weiterentwickelt und präzisiert werden.

Folgende Teilaspekte wurden dabei berücksichtigt:

- Drahtwürmer (*Agriotes* spp.)
  - Anfälligkeit bzw. Fraßtoleranz von Gemüsekulturen
  - Kulturspezifische Schadschwellen
  - Bekämpfungspotenzial von Nutzorganismen, Dünger, Pflanzenschutzmitteln (PSM) und sonstiger Substanzen (z. B. Pflanzenstärkungsmittel)
  - Entwicklung einer verhaltensbasierten Larven-Bestimmungsmethode (Projektverlängerung)
- Erdräupen (*Agrotis segetum*)
  - Test eines dänischen Prognosemodells auf dessen Anwendbarkeit im deutschen Klimaraum
  - Einfluss der Bodenfeuchte auf ältere Larvenstadien
  - Bekämpfungspotenzial von Nutzorganismen und Insektiziden

#### 6.1.1. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die im Projektantrag beschriebene Zielsetzung wurde zu Beginn des Teilvorhabens in Fachgesprächen und mittels Literaturrecherche konkretisiert. Die sich daraus ergebenden Fragestellungen wurden anschließend gezielt in Labor-, Gewächshaus- und Freilandversuchen bearbeitet. Die Ergebnisse wurden auf wissenschaftlichen Tagungen und Praktikerveranstaltungen vorgestellt und diskutiert sowie bisher in praxisorientierten Zeitschriften veröffentlicht. In Tabelle 6.1 sind die wesentlichen Versuchstätigkeiten und Meilensteine dargestellt.

**Tabelle 6.1: Übersicht über die wesentlichen Versuchstätigkeiten und Meilensteine des Teilvorhabens**

durchgeführte Tätigkeiten / Versuchsjahr	2008	2009	2010	2011
<i>Drahtwürmer:</i>				
Laborversuche – entomopathogene Nematoden (e~nema)				
Laborversuch – entomopathogene Pilze (JKI Darmstadt)				
Laborversuche – verhaltensbasierte Bestimmungsmethode (GKZ, JKI Braunschweig, Universität Rostock)				
Labor- und Feldversuche – Anfälligkeit von Gemüsekulturen (GKZ, Biolandhof Gensheimer Offenbach/Queich, Agrargenossenschaft Güstrow)				
Feldversuche – Bodenbearbeitung				
Feldversuche – Dünger, PSM und sonstiger Substanzen (GKZ, Biolandhof Gensheimer, Rostocker Obst GmbH, Agrargenossenschaft Güstrow)				
Feldversuche – entomopathogene Pilze gegen Drahtwürmer (Biolandhof Gensheimer, Rostocker Obst GmbH)				
<i>Erdräupen:</i>				
Prognose und Erfassung der Schäden durch Erdräupen in Gemüsebauregionen, Erfassung des Falterfluges (Kooperationspartner siehe Kapitel 6.2.2.1 Befallsprognose)				
Laborversuche – entomopathogene Nematoden (e~nema)				
Gewächshaus-/Laborversuche – entomopathogene Pilze (JKI Darmstadt)				
Labor- und Feldversuch – Bodenfeuchte				
Gewächshausversuche – PSM				
Feldversuch – entomopathogene Nematoden				
Unterhaltung einer Erdräupenzucht, Bereitstellung von Versuchstieren (JKI Darmstadt)				
<i>Allgemeines:</i>				
Literaturrecherche und -auswertung (JKI Braunschweig, Universität Rostock, GKZ)				
Auswertung von Versuchsergebnissen				
Wissenstransfer – Publikations- und Vortragstätigkeiten				
Erstellung des Abschlussberichtes				

Alle Tätigkeiten ohne Angaben eines Partners fanden am GKZ statt.

## 6.1.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

### 6.1.2.1. Drahtwürmer (*Agriotes* spp.)

Als Drahtwürmer werden die Larven von Schnellkäfern (Familie: Elateridae) bezeichnet. In Mitteleuropa existieren etwa 150 Arten, von denen 15 bis 20 als pflanzenschädigend gelten. In Deutschland kommen hauptsächlich die drei Arten *Agriotes lineatus*, *A. obscurus* und *A. sputator* vor. Im im Südwesten Deutschlands werden aber auch lokal starke Schäden durch *A. ustulatus* und *A. sordidus* verursacht (Vidal und Petersen 2011). Die zwei erstgenannten Arten benötigen für ihre Entwicklung 3 bis 5 Jahre, die anderen dagegen 1 bis 3 Jahre. Die Lebenszyklen von *A. ustulatus* (Furlan 1996 und 1998) und *A. sordidus* (Furlan 2004) sind in der Literatur ausführlich protokolliert. Drahtwürmer fressen an den unterirdischen Teilen fast aller Kultur- und Zierpflanzen sowie an Unkräutern. Typisch sind die dabei entstehenden runden, z. T. tiefen Bohrlöcher im Stengelgrund oder Erntegut (Kartoffel, Möhre), sowie an- oder abgefressene Wurzeln deren Pflanzen man dadurch leicht aus dem Boden ziehen kann. Diese mechanischen Verletzungen stellen zusätzlich Eintrittspforten für pilzliche oder bakterielle Erreger dar. Neben Mais, Kartoffeln und Rüben sind auch Gemüsekulturen betroffen. In der Regel werden zwei fraßaktive Phasen pro Jahr beobachtet, eine erste von März bis Mai und eine zweite von September bis Oktober. Bei Trockenheit oder Kälte wandern die Drahtwürmer in tiefere Bodenschichten ab. Bei der Produktion von Gemüse ist die Bewässerung zur Sicherung der Qualität eine Routinemaßnahme. Das aus diesem Grunde vorherrschende, relativ gleichmäßige und hohe Bodenfeuchteniveau begünstigt die Fraßaktivität der Drahtwürmer auch im Sommer. Mit einem Drahtwurmbefall ist vorwiegend auf Flächen zu rechnen, die zuvor brach lagen, als Weideflächen oder für den Anbau von Getreide genutzt wurden.

Als bodenlebende Insektenlarven gehören Drahtwürmer unter anderem zum natürlichen Wirtsspektrum insektenpathogener Nematoden (Peters 1996). Drahtwürmer werden zwar gelegentlich von Nematoden befallen, gelten aber insgesamt als wenig anfällig (Eidt and Thurston 1995). In diesem Teilprojekt sollte die Eignung verschiedener Nematodenarten zur Bekämpfung von Drahtwürmern und auch den Schnellkäfern untersucht werden.

Im Rahmen eines Screenings mehrerer entomopathogener Pilzisolat identifizierten Kölliker et al. (2008) das *Metarhizium anisopliae* Isolat 2825-ART als besonders wirksam gegenüber den Larven der in der Schweiz vorkommenden *Agriotes*-Arten. Dabei erwies sich *Agriotes obscurus* mit etwa 75 % infizierten Drahtwürmern nach sechs Wochen am anfälligsten. *A. lineatus* und *A. sputator* waren dagegen mit etwa 25 und 30 % infizierten Drahtwürmern weniger anfällig (Kölliker et al. 2008).

In den letzten Jahren ist eine stetige Zunahme von Drahtwurm-Schäden zu beobachten (Burghause & Schmitt 2011). Im Jahr 2000 wurde der Einsatz von persistenten Insektiziden aus Organochlor-Derivaten wie z. B. Lindan, aus umwelt- und humantoxikologischen Gründen verboten (Richtlinie 2000/801/EG). Seither fehlt eine effektive Bekämpfungsmöglichkeit. Ein Einfluss von Klimaveränderungen auf die Ausbreitung und das Schadpotenzial von Drahtwürmern kann nicht ausgeschlossen werden (Dedryver et al. 2009).

### 6.1.2.2. Erdräupen (*Agrotis segetum*)

Erdräupen sind polyphage Bodenschädlinge, welche mit 2 bis 3 Generationen pro Jahr auftreten. Das Schadbild der Erdräupen ähnelt dem durch Drahtwürmer hervorgerufenen Schaden. Die Pflanzen werden vorwiegend am Stengelgrund an- oder abgefressen, jedoch entstehen hierbei keine typischen Bohrlöcher. Gefährdet sind vor allem frühe Pflanzenstadien, bei denen ein starker Befall zu einem Totalausfall der Kultur führen kann.

Da die Falter über weite Distanzen zufliegen können, gestaltet sich eine Befallsvorhersage schwierig. Zudem ist die Überlebensrate der Junglarven (L1-L2) sehr witterungsabhängig. Diese sind sehr empfindlich gegenüber Kälte und Bodenfeuchte (Esbjerg et al. 1986, Esbjerg 1988) und lassen sich daher am einfachsten bekämpfen. Da die kleinen Larven jedoch noch keinen sichtbaren Schaden anrichten und aufgrund ihrer geringen Größe im Bestand nur schwer zu erkennen sind, wird der optimale Behandlungszeitpunkt in der Regel verpasst. Im Gegensatz zu den Junglarven, leben die späteren Stadien versteckt im Boden und sind deutlich robuster.

Auch die Erdräupen gehören zum natürlichen Wirtsspektrum insektenpathogener Nematoden (Peters 1996). In der Literatur werden erfolgreiche Labor- und Freilandversuche gegen Erdräupen beschrieben (z. B. Theunissen and Franssen 1984, van Sloun and Sikora 1986). Dennoch ist der Einsatz entomopathogener Nematoden gegen Erdräupen als Pflanzenschutzverfahren im Gemüsebau nicht etabliert. Im Teilvorhaben sollte die Eignung verschiedener Nematodenarten zur Bekämpfung von Erdräupen untersucht werden.

Das Auftreten des Schädling und damit seine pflanzenbauliche Relevanz variiert stark von Jahr zu Jahr. Nach einer Vegetationsperiode mit massiven Erdräupen-bedingten Ertragseinbußen folgen häufig mehrere Jahre ohne nennenswerte Schäden. Nach dramatischen Schäden durch Erdräupen in Dänemark begannen Mikkelsen & Esbjerg (1981) ein Prognosemodell für den Erdräupen-Befall auf Basis langjähriger Wetter- und Befallsanalysen zu entwickeln. Erkenntnisse aus diesem Modell bilden in Verbindung mit Pheromonfallen noch heute die Grundlage für eine effiziente Befallsvorhersage in Dänemark (Esbjerg, pers. Kom.). Eine Befallsprognose ist in Deutschland noch nicht vorhanden. Da dies gegenwärtig der einzige verfügbare Prognoseansatz ist, bietet es sich an, das Modell auf dessen Vorhersagekraft im deutschen Klimaraum bzw. unseren Anbauregionen zu testen.

## **6.2. Material und Methoden**

### **6.2.1. Drahtwürmer (*Agriotes* spp.)**

#### **6.2.1.1. Bekämpfung**

##### ***Freilandversuche***

##### **Bodenbearbeitung**

Zur Untersuchung der Auswirkung von Bodenbearbeitungs-Maßnahmen wurden 2008 zwei zeitlich versetzte Versuche auf Flächen des GKZ durchgeführt, auf denen in vergangenen Jahren ein hoher Drahtwurmbefall verzeichnet worden war. Im ersten Versuch wurde mit fünf unterschiedlichen Geräten zur Pflanzbeetvorbereitung (Tabelle 6.2, Abbildung 6. bis Abbildung 6.5), angelegt als randomisierte Blockanlage (n = 4), gearbeitet. Eine kleine Kreiselegge (Abbildung 6.1) wurde als Kontrollbehandlung gewählt, da sie mit nur ca. 6 cm Bearbeitungstiefe und rührend-rotierenden horizontalen Bewegungen den geringsten Einfluss auf den Boden und somit auch auf die Drahtwürmer hat. Es wurde vermutet, dass die Fräse (Abbildung 6.5) bedingt durch die vertikal schlagend-rotierenden Bewegungen ihrer Messerwerkzeuge den größten Einfluss hat. Der Versuchszeitraum begann mit der Bodenbehandlung und Pflanzung Mitte Mai und endete Mitte Juli. Verwendet wurde die Eissalat-Sorte 'Ardinas' mit 9 Pflanzen/m<sup>2</sup>. Die Parzellengröße betrug 12 m<sup>2</sup>. Zur Auswertung sollte der Pflanzenausfall bedingt durch Drahtwürmer erfasst werden. Da jedoch kein Befall eintrat, wurde das Kopfgewicht (ohne Umblätter) zum Erntezeitpunkt gewogen.

**Tabelle 6.2: Geräte und Bearbeitungstiefen im ersten Bodenbearbeitungsversuch**

<b>Versuchsglieder</b>	<b>Bearbeitungstiefen:</b>
1. kleine Kreiselegge (Kontrolle)	06 cm
2. Kompaktor (Grubber, Walze)	10 cm
3. Feingrubber	10 cm
4. Scheibengraber (Smaragd)	15 cm
5. Fräse	17 cm



**Abbildung 6.1: Kleine Kreiselegge**



**Abbildung 6.2: Kompaktor (Grubber, Walze)**



**Abbildung 6.3: Feingrubber**



**Abbildung 6.4: Scheibengraber (Smaragd)**



**Abbildung 6.5: Fräse**

Der zweite Bodenbearbeitungsversuch wurde in leicht modifizierter Form von Anfang September bis Mitte Oktober auf einer anderen Fläche des GKZ durchgeführt. Dabei kamen dieselben Geräte, mit Ausnahme des Kompaktors, aus dem ersten Versuch zum Einsatz. Dieser wurde auf Grund seiner großen Ähnlichkeit zum Feingrubber mit einer größeren Kreiselegge (tiefere Bearbeitung als bei der "kleinen Kreiselegge") ersetzt. Durch andere Bodenverhältnisse zum Zeitpunkt der Bearbeitung ergaben sich z. T. andere Bearbeitungstiefen im Vergleich zur ersten Behandlung (Tabelle 6.3). Auch hier wurde die kleine Kreiselegge als Kontrollvariante festgelegt.

Aufgrund einer technisch besseren Handhabbarkeit wurde dieser Versuch nicht als Blocksondern als Streifenanlage angelegt (je 3 m x 32 m pro Streifen). Jede Variante bestand aus einem bearbeiteten Streifen. Zusätzlich wurde der Kontrollstreifen (kleine Kreiselegge) nach je zwei Bearbeitungsvarianten wiederholt (= 3 Streifen). Zur Auswertung wurde jeder Streifen in 4 Wiederholungen unterteilt. Eingesetzt wurde die Kopfsalatsorte 'Ovation' mit 9 Pflanzen/m<sup>2</sup>. Zum natürlichen Flächenbesatz wurden zusätzlich Drahtwürmer ausgebracht, sodass insgesamt ca. 8 Drahtwürmer je m<sup>2</sup> auf der Versuchsfläche vorhanden waren. Bei der Auswertung wurden in der Kontrollvariante zwei Streifen zusammengefasst (= 8 Wiederholungen). Die dritte Streifenbehandlung lag direkt an einem Grünstreifen und wies mit fast 8 % einen vergleichsweise hohen Drahtwurm-Schaden auf. Da aus der Graszone Drahtwürmer nachträglich in den Versuch hätten eingewandert sein können, oder die Drahtwurm-Dichte in diesem Grenzbereich bereits vorher höher war, wurde dieser Streifen bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

**Tabelle 6.3: Geräte und Bearbeitungstiefen im zweiten Bodenbearbeitungsversuch**

Versuchsglieder	Bearbeitungstiefen:
1. kleine Kreiselegge (Kontrolle)	05 cm
2. Feingrubber	12 cm
3. Scheibenegge (Smaragd)	12 cm
4. große Kreiselegge	12 cm
5. Fräse	17 cm

#### Produktvergleich in Offenbach, Güstrow und Rostock

Da es derzeit keine Lösung der Drahtwurmbekämpfung im Gemüsebau gibt, aber bereits viele Bekämpfungsansätze existieren, wurden in mehreren Freilandversuchen verschiedene sich in der Diskussion befindliche biologische und chemische Präparate auf ihre Wirkung untersucht. Bei Güstrow (GÜ) und Offenbach/Queich (OF) im Frühjahr 2010, sowie in Rostock (HRO) im Herbst 2010 wurden folgende Versuchspräparate in Kopfsalat eingesetzt:

- Naturalis (*Beauveria bassiana*, Angießen mit 3 l/ha)  
→ GÜ
- NeemCake (Dünger, Einarbeiten mit 40 kg N/ha)  
→ GÜ
- SpinTor (Spinosad, Angießen mit 300 ml/ha)  
→ OF, GÜ
- BioZell-2000B (Pflanzenstärkungsmittel auf Basis von Thymianöl, Tauchbehandlung mit 500 ml/ha)  
→ OF

- *Metarhizium anisopliae* 2825-ART (Testpräparat aus der Schweizer Bundesforschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tännikon, Reihenbehandlung mit 75 kg Pilzgerste/ha)  
→ OF, HRO
- Goldor Bait als chemische Referenz (Fipronil, BASF, Reihenbehandlung mit 10 kg/ha)  
→ HRO

Alle Versuche wurden als randomisierte Blockanlage (n = 4) angelegt. Pro Parzelle (5 x 6 m) wurden wöchentlich für 6 Wochen über 100 Salate im Hinblick auf Pflanzenausfall durch Drahtwurm-Fraß bonitiert. Die vorherrschenden Drahtwurm-Arten waren in Güstrow *Agriotes lineatus*, in Offenbach *A. ustulatus* und in Rostock *A. sputator*.

### *Metarhizium anisopliae* und Weizenstreifen im Spargel

Im Rahmen eines Screenings mehrerer entomopathogener Pilzisolat identifizierten Kölliker et al. (2008) das *Metarhizium anisopliae* Isolat 2825-ART als besonders wirksam gegenüber den Larven der in der Schweiz vorkommenden *Agriotes*-Arten. Im Laufe des Teilvorhabens wurde unter anderem dieses Pilzisolat in zwei Feldversuchen getestet. Die dabei erzielten, viel versprechenden Ergebnisse (vgl. Kapitel 6.2.1.1. Seite 240) ließen eine weitere Beschäftigung mit dem Pilz als sinnvoll erscheinen. Daher wurde der Pilz erneut im Freiland getestet. Ein weiterer Versuchsansatz beruhte auf der Ablenkung der Drahtwürmer von der Gemüsekultur durch eine attraktive Pflanzenart wie z. B. Weizen. Dadurch kann möglicherweise der Schaden an den Kulturpflanzen indirekt reduziert werden (vgl. z. B. Vernon et al. 2000).

Der Versuch fand im Frühjahr 2011 in einer Spargelanlage (*Asparagus officinalis* 'Gijnlim', 6. Anbaujahr) in Offenbach/Queich statt. Eine nachträgliche morphologische und genetische Untersuchung der in der Anlage gefundenen Drahtwürmer ergab einen 100 %igen Befall mit *A. sordidus*. Das Versuchspräparat von *M. anisopliae* bestand aus sterilen Getreidekörnern, die mit Pilzmyzel bewachsen waren. Es wurde von den Kooperationspartnern der Schweizer Bundesforschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon in autoklavierbaren Beuteln produziert. Nach Erhalt wurden die Säcke bis zur weiteren Verarbeitung bei 4 °C gelagert. Die Applikation von *Metarhizium anisopliae* 2825-ART erfolgte von Hand. Das Versuchspräparat wurde direkt vor dem Häufeln und Abdecken der Spargeldämme flach in die Dammmitte eingearbeitet in den Aufwandmengen 40 und 75 kg/ha, entsprechend 3,75 g und 2 g pro lfd. Meter. Die geringere Aufwandmenge entsprach der für Bodenbehandlungen mit ähnlichen Präparaten (z. B. Melocont®, ein *Beauveria brongniartii*-Präparat) gegen andere Bodenschädlinge (z. B. Engerlinge) empfohlenen Aufwandmenge (vgl. u. a. Keller 2000). Als Lockkultur wurde Winterweizen (Futterweizen, *Triticum* sp.) einreihig (ca. 200 Körner/lfd. m) am Fuße beider Dammseiten ausgesät. Die Parzellengröße betrug 20 lfd. m. Jede Variante wurde fünffach als randomisierte Blockanlage wiederholt. Zur Auswertung wurden alle geernteten Spargelstangen jeder Parzelle (n = 10-47) auf Drahtwurm-Schäden untersucht. Dabei wurde die Anzahl Drahtwurm-Löcher pro Stange an 3 Boniturterminen im Abstand von 2 Tagen erfasst. Da sich nachträglich bei der Qualitätskontrolle des *Metarhizium*-Versuchspräparates herausstellte, dass es kein *Metarhizium* enthielt, wurden die Ergebnisse der beiden Pilz-Varianten nicht weiter ausgewertet oder dargestellt.

### **Laborversuche**

#### Kalkstickstoff (CaCN<sub>2</sub>)

Ein weiterer, immer wieder diskutierter, Bekämpfungsansatz ist der gezielte Einsatz von CaCN<sub>2</sub>. Zwar wurden hierzu bereits Freilanduntersuchungen durchgeführt (z. B. Demmler 1999, Zellner et al. 2003), jedoch variierten die erreichten Wirkungsgrade stark. Ferner gibt keine der Studien Auskunft über den Wirkungsmechanismus des Düngers hinsichtlich seines Effekts auf Drahtwürmer. In zwei Laborexperimenten wurde daher der Einfluss von Kalkstickstoff auf die Drahtwurm-Mortalität und die Repellenz untersucht.

Zur Untersuchung der Mortalität wurden in geschlossenen, transparenten Plastikgefäßen (500 cm<sup>3</sup>, Abbildung 6.6) 100 mg CaCN<sub>2</sub> pro 100 g Trockenmasse Ackererde beigemischt. Dies entspricht, bezogen auf einen Einarbeitungshorizont von 5 cm, etwa 150 kg N/ha. Bei dem verwendeten Boden handelte es sich um sandigen Lehm, welcher sowohl „feucht“ (15 % gravimetrischer Wassergehalt) als auch „trocken“ (10 % Wassergehalt) zum Einsatz kam. Jedes Gefäß enthielt einen Drahtwurm der Art *A. ustulatus* (Länge: 1,0-1,8 cm). Je 20 Gefäße pro Variante wurden für 14 Tage bei 10 ± 0,6 °C ohne Licht in einem Klimaschrank aufgestellt. Es folgten zwei Bonituren im Abstand von 7 Tagen. Erfasst wurden die Anzahl

toter Larven und der Aufenthaltsbereich (in der Erde oder am Gefäßrand) der noch vitalen Larven.

Zur Überprüfung einer möglichen repellenten Wirkung wurde ein Versuch in PVC-Rohren (Länge 70 cm, Ø 5 cm) durchgeführt (Abbildung 6.7). Zehn Rohre wurden mit "feuchter" Ackererde (15 % Wassergehalt, gleicher Bodentyp und Herkunft wie im vorherigen Versuch) befüllt, wobei  $\text{CaCN}_2$  nur in je einer Hälfte des Rohres beigemischt wurde. In jedes Rohr wurden über eine Öffnung in der Rohrmitte fünf Drahtwürmer eingesetzt. Nach 7 Tagen bei 10 °C erfolgte die Bestimmung des Aufenthaltsortes der Drahtwürmer.



**Abbildung 6.6:** Versuchsgefäß zur Bestimmung der Drahtwurm-Mortalität durch  $\text{CaCN}_2$



**Abbildung 6.7:** Rohrkonstruktion zur Bestimmung einer repellenten Wirkung von  $\text{CaCN}_2$

#### Entomopathogene Nematoden (e~nema GmbH)

Die Versuche zur Bekämpfung von Drahtwürmern mittels verschiedener Nematodenarten wurden von der Firma e~nema GmbH durchgeführt. Als Versuchsgefäße dienten Plastikschaalen (10 x 10 cm), welche 2 cm tief mit feuchtem Sand (8 % Wassergehalt) befüllt wurden. Nach dem Einsetzen der Drahtwürmer wurden die Nematoden in unterschiedlichen Dosierungen zugegeben. Da aus der Literatur bekannt ist, dass die Drahtwürmer weniger anfällig sind als Erdräupen, wurde die Dosis mit 200, 400 und 800 Nematoden pro Drahtwurm entsprechend hoch gewählt. In einem der Versuche wurde den Drahtwürmern gequollener Weizen als Nahrung angeboten.

Folgende Nematodenstämme wurden eingesetzt:

- *Steinernema carpocapsae* All-Strain (identisch mit dem in Europa im Handel verfügbaren Stamm)
- *S. feltiae* EN02 (Mischstamm aus Isolaten verschiedener europäischer Herkünfte, identisch mit dem kommerziell verfügbaren Stamm der e~nema GmbH)
- *Heterorhabditis bacteriophora* EN01 (Mischstamm aus verschiedenen nordamerikanischen und 3 deutschen Isolaten, identisch mit dem kommerziell verfügbaren Stamm der e~nema GmbH)

Die Nematoden wurden der kommerziellen Produktion der e~nema GmbH entnommen. Die Infektivität der Nematoden wurde im Rahmen einer standardisierten Qualitätssicherung an Mehlwürmern geprüft.

In einer weiteren Versuchsreihe wurden die Schnellkäfer mit *S. carpocapsae* in einer speziell für adulte Insekten entwickelten Formulierung behandelt. Die Formulierung bestand aus Polyacrylat-Kügelchen, die als Wasserspeicher fungieren, und Sandpartikeln, die das Substrat für die Fortbewegung der Nematoden darstellten. Die Nematodendosis im Granulat betrug 123.000 Nematoden/g. Die Schnellkäfer wurden für einen definierten Zeitraum von 10 Minuten bis zu 20 Stunden mit diesem „Nematodengel“ in Kontakt gebracht. Die Tiere in der unbehandelten Kontrolle wurden der gleichen Formulierung, jedoch ohne Nematoden, ausgesetzt. Die Käfer wurden danach weitere 7 Tage auf feuchtem Filterpapier inkubiert, bevor die Mortalität ausgewertet wurde.

## Entomopathogene Pilze (JKI Darmstadt)

Begleitend zum Spargel-Feldversuch wurden in Laborversuchen einige Fragen zur Infektionsfähigkeit von *Metarhizium anisopliae* 2825-ART untersucht. Es fanden eine Qualitätskontrolle des im Feldversuch eingesetzten Versuchspräparates, eine Reisolierung des Pilzes aus Bodenproben und Versuche zur Produktivität des Isolates statt. Ferner wurde im Biotest die Wirksamkeit verschiedener Pilzisolare gegenüber unterschiedlichen Drahtwurm-Arten untersucht.

### **Qualitätskontrolle des Versuchspräparates *Metarhizium anisopliae* 2825-ART**

Bei dem eingesetzten Versuchspräparat (mit Pilz bewachsene, zuvor sterilisierte Getreidekörner) handelte es sich nicht um ein kommerzielles Präparat. In diesem Fall ist die Überprüfung der Qualität von herausragender Bedeutung für das Versuchsergebnis. Aufgrund eines Missverständnisses mit dem Hersteller wurde das Präparat erst zum Zeitpunkt der Applikation geliefert. Dadurch konnte die Qualitätskontrolle erst im Nachhinein durchgeführt werden.

Zur Untersuchung der Keimfähigkeit des Versuchspräparates wurden je 25-45 Körner auf steriles feuchtes Filterpapier in Kunststoff-Petrischalen (Ø 90 mm) gelegt und in Klimaschränken bei 6, 9, 12, 15 und 25 °C über zwei Wochen im Dunkeln inkubiert. Je drei Petrischalen wurden bei einer Temperatur aufgestellt.

### **Reisolierung von *Metarhizium anisopliae* 2825-ART aus Bodenproben**

Bei der Applikation biologischer Präparate, wie den Sporen eines entomopathogenen Pilzes, stellt sich die Frage nach der Überdauerung der infektiösen Einheiten, vergleichbar der Persistenz eines chemischen Insektizids. Daher wurde im Rahmen des Spargel-Feldversuches 2011 ein Nachweis vitaler Sporen im Boden qualitativ mittels Köderinsekten (*Galleria*-Köder nach Zimmermann 1986) und quantitativ durch Ausplattieren auf Selektivnährmedien durchgeführt.

Nach einem Standardverfahren wurden vor der Applikation (am 16.03.2011) und zu Versuchsende, vier Wochen nach der Applikation (am 15.04.2011), mit einem Pürkhauer Bohrstock qualifizierte Mischproben (mind. 10 Einstiche/Parzelle, 20 cm tief) in den Versuchspartellen genommen. Zur Reisolierung auf Selektivnährmedien wurden von jeder Mischprobe 20 g Boden mit sterilem Tween 80 (0,5 %ig) für 20 Minuten auf einem Reziprok-Schüttler geschüttelt. Mit einer Probe von 10 ml der erhaltenen Suspension wurde eine Verdünnungsreihe (10-1000fache Verdünnung) hergestellt und von jeder Verdünnungsstufe eine Probe auf Selektivnährmedium in drei Wiederholungen ausplattiert. Als Selektivmedium wurde das „*Beauveria*-Selektivmedium“ (BSM) nach Strasser et al. (1996) verwendet, da sich dieses erfahrungsgemäß gut für *Metarhizium* eignet (Jung, unveröffentl.). Zusätzlich wurde ein neues, speziell für *Metarhizium* entwickeltes Medium (CTC) (Fernandes et al. 2010) getestet. Nach der Entnahme der 20 g für die o. g. Untersuchung wurde die gesamte verbliebene Mischprobe einer Parzelle im *Galleria*-Köder-Verfahren eingesetzt. Dazu wurde die Erde in Gläser (ca. 250 ml) gefüllt und jeweils fünf Raupen (5. Larvenstadium) der Großen Wachsmotte, *Galleria mellonella*, zugefügt (Abbildung 6.8). Die Gläser wurden auf den Kopf gestellt und im Verlauf der ersten Woche täglich gewendet. Insgesamt verblieben die Wachsmottenraupen für zwei Wochen bei 20 °C in Dunkelheit. Danach wurde die Mortalität der Raupen erfasst. Tote wurden entweder direkt seziiert, oder, bei Verdacht auf Pilz- oder Nematodenbefall, in Feuchteammern oder auf sog. White-Fallen (Abbildung 6.9) weiter inkubiert.

Die Proben vom 15.04. wurden frisch vom Feld untersucht, während die Proben vom 16.03. dagegen vor der Verwendung in der Ködermethode für 10 Tage bei Raumtemperatur getrocknet und mit 10 % (v/w) Wasser wieder angefeuchtet wurden. Bis zur Verarbeitung wurden die Proben bei 4 °C gelagert.



Abbildung 6.8: *Galleria*-Ködermethode: Die Raupen der Großen Wachsmotte kriechen durch die Bodenprobe und können sich dabei mit entomopathogenen Pilzen oder Nematoden infizieren. Links: Wachsmottenraupe am Grund des Probenglas. Rechts: Untersuchung der Raupen nach zwei Wochen



Abbildung 6.9: Inkubation auf einer sog. White-Falle bei Verdacht auf Infektion mit entomopathogenen Nematoden

### Produktivität von *Metarhizium anisopliae* 2825-ART

#### (Temperaturoptimum für Wachstum und Sporulation auf Festmedien)

Für die Entwicklung eines kommerziellen Pilzpräparates ist neben der Wirksamkeit die Leistung bei der Sporenproduktion von großer Bedeutung. Diese kann von Isolat zu Isolat variieren und wird darüber hinaus von den Kulturbedingungen beeinflusst (vgl. u. a. Vega et al. 2003). Standardkulturbedingungen im Labor sind ein nährstoffreiches Medium, wie Malzextrakt-Pepton Agar (MPA) und eine Temperatur von 25 °C. Manche Pilzisolat bilden auf nährstoffreichen Medien aber kaum Sporen, sondern überwiegend Myzel und das Temperaturoptimum kann etwas unter oder über 25 °C liegen. Zur Gewinnung erster Eindrücke zum Verhalten des Isolates wurde das radiale Wachstum auf MPA und einem Minimalmedium (SNA) bei vier verschiedenen Temperaturen untersucht.

Ausgehend von einer Sporensuspension ( $10^7$  Sporen/ml) wurden MPA-Platten hergestellt, aus denen nach drei Tagen Inkubation bei 25 °C mit einem Korkbohrer ( $\varnothing$  6 mm) „plugs“ ausgestanzt wurden. Die plugs wurden jeweils in die Mitte einer Agarplatte gesetzt, die auf der Rückseite mit zwei sich kreuzenden Linien markiert war. Die Platten wurden in Klimaschränken bei 20, 22, 24 und 26 °C inkubiert. Über zwei Wochen wurde der Durchmesser der Pilzkolonien an zwei Achsen auf der Plattenrückseite in regelmäßig gemessen. Zur Auswertung wurde der Mittelwert der beiden Durchmesser genommen. Die Medien wurden in vier Wiederholungen getestet. Der Versuch wurde einmal wiederholt.

### Biotest mit verschiedenen Pilzisolaten und Drahtwurmarten

In diesem Versuch wurde die Wirksamkeit des *Metarhizium*-Isolates gegenüber verschiedenen Drahtwurm-Arten im Vergleich zu weiteren, von Drahtwürmern isolierten entomopathogenen Pilzen im Labor untersucht.

**Tabelle 6.4: Herkunft und Art der getesteten Pilzisolat und Drahtwürmer**

Isolat-Nr.	Pilzart	Wirt (isoliert von)	Herkunft
JKI-M.a. 161 (= 2825-ART)	<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Agriotes obscurus</i> , 2008	U. Kölliker, Reckenholz-Tänikon, Schweiz
JKI-B.ba. 167	<i>Beauveria bassiana</i>	<i>A. lineatus</i> oder <i>A. obscurus</i> , 2009	C. Ritter, Gülzow
JKI-B.ba. 171	<i>B. bassiana</i>	<i>A. gallicus</i> , 2010	F. Burghause, Bad Kreuznach

Schnellkäferart	Herkunft	Sammeljahr
<i>A. obscurus</i>	C. Ritter, Freiland, Steinhagen bei Bützow, Erdbeeren	2011
<i>A. lineatus</i>	U. Kölliker, Laborhaltung, ART, Schweiz	2009
<i>A. sordidus</i>	C. Ritter, Freiland, Offenbach/Queich, Spargel	2011
<i>A. ustulatus</i>	C. Ritter, Freiland, Offenbach/Queich, Salat	2011

Tabelle 6.4 gibt einen Überblick zu den im Versuch eingesetzten Isolaten sowie die Herkunft der Versuchstiere. Einen Tag vor der Behandlung wurden von jedem Pilzisolat die Sporen einer MPA-Platte (90 mm Ø) mit Tween 80 (0,1 %) abgeschwemmt und die Keimfähigkeit nach 24 Stunden bei 25 °C bestimmt.

Am Tag der Behandlung wurden je Pilzisolat 15 Drahtwürmer pro Art für 3-5 Sekunden in eine Sporensuspension mit  $5 \times 10^7$  Sporen/ml getaucht. Zur Kontrolle wurden ebenso viele Drahtwürmer in eine Tween 80 (0,1 %) Suspension ohne Sporen getaucht. Die behandelten Drahtwürmer wurden einzeln in Kunststoffbecher gesetzt, die mit 30 g eines Erde-Sand-Gemisches (Fruhstorfer Erde Typ 0, 1:1) gefüllt waren und mit einem Stück Karotte gefüttert. Erde und Sand waren zuvor bei Raumtemperatur getrocknet und mit 10 % Wasser wieder angefeuchtet worden. Die behandelten Drahtwürmer wurden im Klimaschrank bei  $21 \pm 1$  °C im Dunkeln inkubiert. Im wöchentlichen Rhythmus wurde der Zustand der Drahtwürmer kontrolliert, die Erde nachgefeuchtet und das Futter erneuert. Tote Drahtwürmer wurden zum Auswachsen einer Verpilzung in Feuchtekammern bei Raumtemperatur weiter inkubiert. Nach sechs Wochen wurde der Versuch beendet.

### Analyse erkrankter und toter Drahtwürmer

Während der Projektlaufzeit wurden von insgesamt etwa 4.600 Drahtwürmern aus Handgrabungen, Zuchten oder Zusendungen 283 erkrankte oder bereits tote Drahtwürmer identifiziert. Diese überwiegend älteren Larvenstadien wurden an das Labor für Histopathologie und Diagnose von Dr. Kleespies (JKI – Institut für Biologischen Pflanzenschutz) gesendet, um nach pathogenen Erregern zu suchen, welche im günstigen Fall als Grundlage neuer Bekämpfungsmöglichkeiten dienen könnten.

## 6.2.1.2. Fraßtoleranz von Gemüsekulturen

### Freilandversuche

#### Auflaufrate und Fraßschäden in Gemüsekulturen

Das Meiden von anfälligen Kulturen auf Flächen mit Drahtwurm-Besatz im Rahmen des betrieblichen Flächenmanagements, stellt eine vorbeugende Maßnahme zur Vermeidung von Drahtwurmschäden dar. Ziel der Untersuchung war die Bewertung gemüsebaulicher Kulturen in Bezug auf ihre Toleranz gegenüber Drahtwurm-Fraß.

An den Standorten Offenbach/Queich (Biohof Gensheimer, Rheinpfalz) und Güstrow (Agrargenossenschaft, Mecklenburg) wurden im Herbst 2009 Freilandversuche mit je 12 verschiedenen Gemüsekulturen (Tabelle 6.5) durchgeführt. Die Versuche waren als randomisierte vollständige Blockanlage mit je 4 Wiederholungen angelegt. Bonituren des Pflanzenaufbaus und der Drahtwurm-Schäden bzw. des Pflanzenausfalls erfolgten zweimal wöchentlich über einen Zeitraum von sechs Wochen. Mittels PCR-Analyse wurde folgendes, natürliches Drahtwurm-Artenvorkommen festgestellt: Güstrow: *Agriotes lineatus* (90 %) und *A. obscurus* (10 %) und Offenbach: *A. ustulatus* (100 %).

Zur Überprüfung der Saatgut- bzw. Jungpflanzenqualität unter vergleichbaren Freilandbedingungen ohne Drahtwurm-Befall wurde in Gülzow, in unmittelbarer Nähe zum Versuchsfeld in Güstrow (ca. 10 km), je eine Kontroll-Parzelle jeder Kultur angelegt

**Tabelle 6.5: Im Freiland untersuchte Gemüsekulturen**

Familie	Kultur	Botanischer Name	Anzahl Pflanzen/Wdh.	Bestandes-etablierung
Alliaceae	Zwiebel	<i>Allium cepa</i>	1000	Drillsaat
Amaranthaceae	Rote Bete	<i>Beta vulgaris</i> subsp. <i>vulgaris</i> var. <i>conditiva</i>	1000	Drillsaat
	Spinat	<i>Spinacia oleracea</i>	1000	Drillsaat
Apiaceae	Knollen-fenchel	<i>Foeniculum vulgare</i> var. <i>azoricum</i>	300 bzw. 60	Drillsaat bzw. Pflanzung
	Möhre	<i>Daucus carota</i>	600	Drillsaat
Asteraceae	Endivie	<i>Cichorium endivia</i>	40	Pflanzung
	Kopfsalat	<i>Lactuca sativa</i> var. <i>capitata</i>	60	Pflanzung
Brassicaceae	Kohlrabi	<i>Brassica oleracea</i> convar. <i>acephala</i> var. <i>gongylodes</i>	40	Pflanzung
	Radies	<i>Raphanus sativus</i> subsp. <i>sativus</i>	1000	Drillsaat
Cucurbitaceae	Kürbis	<i>Cucurbita maxima</i>	12	Einzelsaat
Fabaceae	Buschbohne	<i>Phaseolus vulgaris</i>	200	Reihensaat
Valerianaceae	Feldsalat	<i>Valerianella locusta</i>	1000	Drillsaat

## Schadsschwellen im Gemüsebau

Gegenwärtig existieren Schadensschwellen für einen Befall mit Drahtwürmern (DW) nur für ackerbauliche Kulturen wie z. B. Mais und Kartoffeln (2 bzw. 6 DW/m<sup>2</sup>, Lauenstein 1991). Daher wurde im Teilvorhaben die Schadensschwelle für zwei anfällige Gemüsekulturen, Möhre und Kopfsalat, untersucht.

Zur Herstellung einer definierten Ausgangspopulation, wurden auf einer drahtwurmfreien Ackerfläche 2, 6 und 12 fraßaktive DW/m<sup>2</sup> der Art *A. ustulatus* in 1 m<sup>2</sup>-Parzellen eingesetzt. Möhre (*Daucus carota* 'Desiree') wurde mit je 100 Korn in zwei Reihen gesät, während Kopfsalat (*Lactuca sativa* var. *capitata* 'Maditta') mit 9 Pflanzen pro Parzelle gepflanzt wurde. Bonituren zum Pflanzenausfall (Kopfsalat) bzw. zur Auflauftrate (Möhre) erfolgten zweimal wöchentlich für 6 Wochen. Dabei wurden alle Parzellen manuell unkrautfrei gehalten. Zusätzlich erfolgte für jede Drahtwurm-Dichte die Anlage von zwei Parzellen zum Drahtwurm-Rückfang. In diesen wurde der Boden schwarz gehalten und jeweils mit nur einer Topfalle (Weizen-Mais-Vermiculit-Füllung, nach Chabert & Blot 1992) bestückt, welche alle 14 Tage kontrolliert und ausgetauscht wurde. Um eine horizontale Wanderung der Larven zu unterbinden, wurde als Parzelleneinfassung eine Baufolie ca. 25 cm tief in die Erde eingegraben. Beide Kulturen wurden als getrennte Versuche mit je 4 Wiederholungen plus der Rückfangparzellen in einer randomisierten Blockanlage angelegt.

### **Laborversuche**

Furlan (2011) zeigte, dass die Drahtwurm-Art einen entscheidenden Einfluss auf das Schadpotenzial haben kann. Nach dieser Studie bewirkten die Arten *Agriotes brevis* und *A. sordidus* mit einem Drahtwurm (DW) bzw. zwei DW/Falle in Mais einen höheren Schaden als *A. ustulatus*. Bei letzter Art wurde die Schadensschwelle erst ab einem Fallenfang von 5 DW/Falle erreicht. Die Frage nach einem unterschiedlichen Schadpotenzial der Drahtwurm-Arten wurde im Teilprojekt für die Kulturen Salat, Möhre, Bohne und Kohlrabi beispielhaft aufgegriffen.

Die gewählten Gemüsekulturen wurden in mehreren Versuchen nacheinander untersucht. Dabei wurden die folgenden Drahtwurm-Arten miteinander verglichen: *A. lineatus*, *A. obscurus*, *A. sputator*, *A. sordidus* und *A. ustulatus*. Die Larven wurden vorwiegend aus Handgrabungen an verschiedenen Orten (Tabelle 6.6) gewonnen. Die Artbestimmung erfolgte morphologisch und mit der neuentwickelten Methode nach ihrem Verhalten. In Vorbereitung der Versuche wurden die Drahtwürmer zur "Gewöhnung" für mindestens 14 Tage mit allen 4 Gemüsekulturen gefüttert. Einen Tag vor Versuchsbeginn wurden die verfügbaren Drahtwürmer jeder Art einzeln, mittels eines vorgequollenen Weizenkorns, auf Fraßaktivität untersucht. Nur wenn eindeutig Fraßspuren am Weizenkorn sichtbar waren, wurde der entsprechende Drahtwurm im Experiment verwendet. Je 3 Drahtwürmer wurden in Glaspetrischalen gesetzt (Ø 10 cm, je 10 pro Drahtwurm-Art und Gemüsekultur) mit feuchter Anzuchterde (Klasmann Substrat 1) und je ca. 20, auf feuchtem Filterpapier vorgezogenen Sämlingen von Kohlrabi bzw. Kopfsalat (BBCH 9), einer vorgekeimten Buschbohne (BBCH 9) oder einer ca. 1 cm dicken Möhrenscheibe.

Die Petrischalen wurden verschlossen und auf den Deckel gestellt, um eine Keimung in der Erde zu simulieren und das Entwischen der Larven zu erschweren. Als Kontrolle dienten Petrischalen ohne Drahtwürmer. Direkt vor und nach dem Versuch wurde das Pflanzen-Frischgewicht mittels Feinwaage erfasst. Die Differenz aus den Gewichten wurde nach Verrechnung mit der Gewichtsänderung der Kontrollen als Drahtwurm-Fraß gewertet. Zur Verrechnung wurde der Mittelwert der Gewichtsänderung der Wiederholungen aus der jeweiligen Kontrolle zum Ausgangsgewicht aller Petrischalen (auch bei den Kontrolleinzelwerten = "Nullsetzen" der Werte) dazugezählt. Anschließend wurden die einzelnen Endgewichte von den ersten Werten abgezogen. Um möglichst sicher zu stellen, dass die Drahtwürmer nicht aus der fraßaktiven in eine nicht-fraßaktive Phase wechseln, betrug die

Versuchsdauer nur 24 Stunden. Die Petrischalen wurden im Klimaschrank bei  $25 \pm 1$  °C ohne Licht aufgestellt.

**Tabelle 6.6: Art und Herkunft der in den Laborversuchen zum Schadpotenzial in Gemüsekulturen verwendeten Drahtwürmer**

Drahtwurm-Art	Drahtwurm-Herkunft
<i>A. lineatus</i>	Zucht von Dr. U. Kölliker (2010) und Gülzow (Sorghum, 2011)
<i>A. obscurus</i>	Steinhagen b. Bützow (Erdbeeren, 2011)
<i>A. sputator</i>	Groß Lüsewitz (Sorghum, 2011), Rostock (Salat, 2010) und Steinhagen b. Bützow (Erdbeeren, 2011)
<i>A. sordidus</i>	Offenbach/Queich (Spargel, 2011)
<i>A. ustulatus</i>	Offenbach/Queich (Kopfsalat, 2011)

### 6.2.1.3. Verhaltensbasierte Larvenbestimmung

Derzeit gibt es für die Bestimmung der lebenden *Agriotes*-Larven keine befriedigende Lösung. Diese unterscheiden sich nur in geringfügigen morphologischen Details, die selbst für das geübte Auge nicht immer erkennbar sind. Dennoch ist es zur Schadenserfassung und für zukünftige Bekämpfungsmethoden notwendig, bereits die Larven-Arten möglichst schnell und sicher voneinander unterscheiden zu können. In Deutschland spielen insbesondere fünf *Agriotes*-Arten eine pflanzenbaulich wichtige Rolle: *A. lineatus*, *A. obscurus*, *A. sputator*, *A. sordidus* und *A. ustulatus*. In zufälligen Beobachtungen zeigte sich, dass das Verhalten der Larven unter den Arten variierte und dies eventuell eine weitere Möglichkeit zur morphologischen Bestimmung bietet, einige *Agriotes*-Arten voneinander zu unterscheiden. Dieser Hypothese wurde in gezielten Versuchen nachgegangen.

Zur Erfassung der Verhaltensmerkmale (Eingrabezeit, Bewegungsstarre und Bewegungsart) wurde jeder Drahtwurm einzeln aus ca. 5 cm Höhe auf feuchtes Substrat in einem 12er Topf mit einer Federstahlpinzette fallen gelassen und im Folgenden beobachtet. Um einen Einfluss des Substrates zu minimieren, wurde in den Versuchen standardisierter Weißtorf verwendet (Standardisierung der Dichte, Feuchte und Korngröße nach VDLUFA Methodenbuch I: Hoffmann 1991).

Da beispielsweise die Eingrabezeit der Drahtwürmer sehr temperaturabhängig ist, wurde ein Klimakammerversuch (JKI Braunschweig) zur Erfassung des Verhaltens bei 7, 20 und 27 °C durchgeführt, um zu klären, bei welcher Temperatur die Unterschiede am deutlichsten sichtbar sind. Je etwa 40 Larven wurden dazu pro Art und Temperaturstufe verwendet. Die Arten wurden vorher morphologisch voneinander getrennt. Erfasst wurden die Parameter Bewegungsstarre nach Aufprall und Eingrabezeit je in Sekunden.

Anhand der Daten des Klimakammerversuches wurde ein vorläufiger Bestimmungsschlüssel erstellt, welcher in einer Blindstudie von drahtwurm-erfahrenen und – unerfahrenen Personen unabhängig angewendet wurde. Dazu bekamen die Testpersonen codiert nummerierte Larven, die sie anhand ihres Verhaltens mittels Bestimmungsschlüssel einer bestimmten Art zuordnen mussten. Anschließend wurde die getroffene Entscheidung mit der vorher erfolgten morphologischen Bestimmung abgeglichen. Erfasst wurden die Parameter Bewegungsstarre nach Aufprall und Eingrabezeit je in Sekunden und zusätzlich die Bewegungsart (ruckartig oder fließend).

## 6.2.2. Erdräupen (*Agrotis segetum*)

### 6.2.2.1. Befallsprognose

In den Jahren von 2009 bis 2011 wurde ein in Dänemark entwickeltes und an dortige Klimaverhältnisse angepasstes Prognosemodell (Mikkelsen & Esbjerg, 1981) in Zusammenarbeit mit verschiedenen Kooperationspartnern auf seine Vorhersageleistung an unterschiedlichen Standorten in Deutschland getestet (Tabelle 6.7). Das multiple lineare Regressionsmodell nutzt Wetterdaten definierter Zeiträume sowie die Befallsstärke des Vorjahres als Modellinput:

$$\text{PrCW} = 8,61 + 0,35 \times \text{CWL} + 0,42 \times \text{T7} - 0,02 \times \text{P234} - 0,04 \times \text{P5} - 0,31 \times \text{PD6} - 0,24 \times \text{PD7} - 0,06 \times \text{PD8} - 0,01 \times \text{P11L}$$

**Parameter:**

- PrCW = zu erwartender Erdräupenbefall
- CWL = Erdräupenbefall im Vorjahr
- T7 = mittlere Temperatur (°C) im Juli
- P234 = Summe Niederschlag (mm) im Februar, März und April
- P5 = Summe Niederschlag (mm) im Mai
- PD6 = Anzahl Regentage im Juni
- PD7 = Anzahl Regentage im Juli
- PD8 = Anzahl Regentage im August
- P11L = Summe Niederschlag (mm) im November des Vorjahres

Die prognostizierte Befallsintensität variiert dabei zwischen 1 und 11. Bei "1" wird im laufenden Jahr kein Erdräupenschaden erwartet, während der Wert "11" sehr starke Fraßschäden vorhersagt. Zur Überprüfung der Vorhersage wurde eine visuelle Einschätzung des tatsächlichen Erdräupenschadens in gefährdeten Beständen (z. B. Kopfsalat, Kohl, Astern) durch die Kooperationspartner vor Ort durchgeführt (Tabelle 6.7). Zur Steigerung der Genauigkeit bei der Bestimmung des tatsächlichen Erdräupenschadens wurden den Boniturwerten 1-11 entsprechende Bewertungskriterien gegenübergestellt (Tabelle 6.8). Um den Flugverlauf von *A. segetum* zu erfassen, wurden zusätzlich drei Pheromonfallen pro Standort installiert, deren Fangzahlen gemittelt wurden. Die Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm R. Für eine besser vergleichbare Darstellungsweise wurde die maximale Anzahl der Falter des ersten Flughöhepunktes pro Standort und Jahr auf eine Skala von 1 bis 11 transformiert. Dazu wurde der höchste Falterwert aller Standorte und Jahre durch 11 dividiert, die übrigen Faltermaxima wurden anschließend mit dem neu entstandenen Wert multipliziert. Die Auswertung erfolgte mit den Falter-Originalwerten.

**Tabelle 6.7: Monitoring-Standorte und Kooperationspartner in den Jahren 2009 bis 2011**

Jahr			Standorte	Institution	Kooperationspartner vor Ort
2009	2010	2011			
X	X	X	Braunschweig	Julius Kühn-Institut (JKI)	R. Schaarschmidt, Dr. M. Hommes
		X	Breisach a. Rhein	Landratsamt Breisgau-Hochschwarzwald	A. Altmann
	X	X	Crivitz b. Schwerin	Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei MV (LALLF) - Pflanzenschutzdienst	M. Rehm

Jahr			Standorte	Institution	Kooperationspartner vor Ort
2009	2010	2011			
				Agrargenossenschaft Crivitz	T. Dreyer
		X	Dresden-Pillnitz	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)	E. Harbrecht
X	X	X	Erfurt-Kühnhausen	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)	M. Ganze
X	X	X	Gülzow b. Güstrow	Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (LFA)	C. Ritter, I. Knölck
X	X	X	Hamburg	Pflanzenschutzdienst Hamburg	M. Scharf, J. Rychlik
		X	Schallstadt b. Freiburg im Breisgau	Betreuungsdienst Nützlingseinsatz Baden e.V.	M. Hilgensloh

**Tabelle 6.8: Boniturskala zur Erfassung des Pflanzenausfalls bedingt durch Erdräupen**

Boniturwert	Bewertungskriterien	
	Befallsgrad	% geschädigte Pflanzen
1-2	kein bis sehr geringer Befall	< 10
3-4	geringer bis mäßiger Befall	10-30
5-6	mittelstarker Befall	30-50
7-9	starker Befall	50-70
10-11	sehr starker Befall	> 70

### 6.2.2.2. Bekämpfung

#### ***Entomopathogene Nematoden***

Laborversuche e~nema GmbH

Die Anfälligkeit verschiedener Larvenstadien von *A. segetum* wurde gegenüber den Nematodenstämmen *Steinernema carpocapsae*, *S. feltiae* und *Heterorhabditis bacteriophora* (vgl. Kapitel 6.2.1.1, Seite 226, „Entomopathogene Nematoden (e~nema GmbH)“) in 4 Versuchen vom Kooperationspartner e~nema erforscht.

In der ersten Versuchsreihe wurden die Larven in mit feuchtem Sand (8 % Wassergehalt) gefüllte Plastikdosen gesetzt und mit frischen Salatblättern gefüttert. Nach Zugabe der Nematoden (je nach Versuch 2-50 Nematoden/Larve) wurden die Gefäße mit Aluminiumfolie abgedeckt und bei 23 °C für 7 Tage inkubiert. Anschließend erfolgte die Auswertung anhand der Anzahl überlebender Erdräupen sowie anhand der visuellen Prüfung des Fraßschadens an den Salatblättern.

In einem weiteren Versuch wurde die Wirkung der Nematoden unter praxisnäheren Bedingungen untersucht. Die Erdräupen wurden an junge Maispflanzen gesetzt und der

Schaden an den Maispflanzen mit und ohne Nematodenbehandlung ausgewertet. Dazu wurden je 3 Maiskörner in Töpfen (10 x 10 x 10 cm) mit Komposterde ausgesät. Nach 14 Tagen wurden Nematoden in verschiedenen Dosierungen (entsprechend 120.000 bzw. 140.000 N/m<sup>2</sup>) appliziert und je 2 Erdräupen (L4) pro Topf zugesetzt. Pro Variante wurden 15 Töpfe behandelt. Die Bonitur des Schadens erfolgte nach weiteren 7 Tagen anhand einer zuvor festgelegten Skala von 1 (kein Fraßschaden) bis 5 (Pflanze komplett abgefressen). Die Beurteilung der Wirkung anhand der Anzahl überlebender Erdräupen war nicht möglich, da das Abwandern der Larven während der Inkubationszeit nicht verhindert werden konnte.

#### Freilandversuch mit *Steinernema carpocapsae*

In Anlehnung an die Laborversuche von *S. carpocapsae* wurde im Freiland eine Konzentration von 100.000 Nematoden/m<sup>2</sup> an L4-Erdräupen getestet. Der Versuch wurde am GKZ mit Kopfsalat (*Lactuca sativa* var. *capitata* 'Maditta') durchgeführt. Dabei wurden zwei verschiedene Nematoden-Ausbringungsverfahren miteinander verglichen. Die Nematoden (*S. carpocapsae*) wurden entweder als Ballenbehandlung, d. h. mittels Angießen der Jungpflanzenpaletten (in Auffangwanne ohne Wasserüberschuss über Nacht), oder als Reihenbehandlung nach der Pflanzung ausgebracht. Als Vergleichsvarianten wurden eine unbehandelte Kontrolle und ein chemischer Standard (Karate Zeon, Syngenta) angelegt. Die jeweiligen Aufwandmengen sind in Tabelle 6.9 zusammengefasst. Um einen gleichmäßigen, hohen Erdräupenbefall zu simulieren, wurden 8 L4-Erdräupen/m<sup>2</sup> aus der Zucht des JKI Darmstadt ausgebracht. Zum Schutz vor Prädatoren wurden Netze über die Parzellen gespannt. Der Versuch wurde mit 4 Wiederholungen (je 18 m<sup>2</sup>) als randomisierte Blockanlage angelegt. Bonituren zum Pflanzenausfall bedingt durch Erdräupen erfolgten wöchentlich für 4 Wochen. Die Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm R.

**Tabelle 6.9: Aufwandmengen zur Bekämpfung von L4-Erdräupen mit *S. carpocapsae* (S. c.)**

Nr.	Varianten	Aufwandmenge
1	Kontrolle	--
2	S. c. Reihenbehandlung	ca. 37 500 Nematoden/lfd. m
3	S. c. Ballenbehandlung	ca. 6 000 Nematoden/Pflanze
4	Karate Zeon (lambda-Cyhalothrin)	75 ml/ha (flächig)

#### **Entomopathogene Pilze**

Nicht immer ist der Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel möglich. Insbesondere der ökologische Anbau ist auf wirksame Alternativen angewiesen. Daher wurde die Wirksamkeit verschiedener, z. T. kommerziell verfügbarer entomopathogener Pilze (Tabelle 6.10) gegenüber L2- und L4-Larven in 5 Laborversuchen am JKI Darmstadt untersucht. Die Larven wurden dazu vollständig in die entsprechende Sporensuspension (10<sup>7</sup> keimfähige Sporen/ml) bzw. Tween 80 (Kontrolle) getaucht. Vor der Behandlung erfolgte eine Qualitätskontrolle der Sporen, um beim Ansatz der Suspension eine gleich bleibende Konzentration keimfähiger Sporen zu gewährleisten. Nach der Behandlung wurden die Raupen einzeln (je 5 L2 bzw. 10 L4) in quadratische Kunststoffbehälter (2x2 cm) mit einer dünnen Schicht Wasseragar (3%ig) und einem Stück Brokkoli als Futter überführt. Jede Variante bestand aus drei Wiederholungen. Bonituren zur Larvenmortalität erfolgten mehrfach wöchentlich über einen Zeitraum von 1-2 Wochen.

Da für *Metarhizium anisopliae* Isolat JKI-M.a. 43 (Mittel: Metapro, Agrifutur srl, Italien) und *Paecilomyces fumosoroseus* Isolat JKI-P.fr. 11 (Mittel: PreFeRal, Biobest, Belgien) fertige Formulierungen existieren, wurden diese Produkte zusätzlich unter Gewächshausbedingungen geprüft. Hierzu wurde Kopfsalat (*Lactuca sativa* 'Ovation') in je 4 Kunststoffkisten (36 x 57 cm) pro Variante mit Anzuchterde gepflanzt. Jede Schale enthielt 10 Jungpflanzen und 10 Erdraupen (L3). PreFeRal (0,2 %ige Suspension) wurde mit der Pipette (100 ml/m<sup>2</sup>) um den Wurzelballen gleichmäßig auf die Schalen verteilt. Das Metapro-Granulat (5 g/m<sup>2</sup>) wurde gleichmäßig in die Erde eingearbeitet. Die Kontrolle blieb unbehandelt. Zur Auswertung wurden die ausgefallenen Salatpflanzen nach 14 Tagen erfasst.

**Tabelle 6.10: Im Biotest an Erdraupen untersuchte entomopathogene Pilzisolat aus der Stammsammlung des JKI – Institut für Biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt**

Pilz	Isolat/Stamm	Produkt, Hersteller
<i>Beauveria</i> sp.	Isolat JKI-B.ba. 166 <sup>3</sup>	-
<i>Evlachovaea</i> sp. <sup>4</sup>		-
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Isolat JKI-M.a.79	-
<i>Paecilomyces tenuipes</i>	Isolat JKI-P.t.1	-
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Isolat JKI-M.a.43	Metapro®, Agrifutur srl., Italien
<i>Verticillium lecanii</i> <sup>1</sup>	Isolat JKI-V.I.23	Mycotal®, Koppert B.V., Niederlande
<i>Beauveria bassiana</i>	Stamm ATCC74040	Naturalis®, Intrachem Int., Italien
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i> <sup>2</sup>	Isolat JKI-P.fr.11, Stamm Apopka 97	PreFeRal® WG, Biobest, Belgien

<sup>1</sup> heute als *Lecanicillium muscarium* klassifiziert

<sup>2</sup> heute als *Isaria fumosorosea* neu klassifiziert

<sup>3</sup> Einsendenummer: E 1943/08

<sup>4</sup> E 1622/01

### **Insektizide**

Die Anfälligkeit von Altlarven (L4) gegenüber ausgewählten Pflanzenschutzmitteln (PSM, Auflistung in Tabelle 6.11) wurde in einem Gewächshausversuch ermittelt. Kunststoffkisten (33 cm x 58 cm x 10 cm) wurden mit Aussaaterde befüllt und mit je 6 Kopfsalatjungpflanzen (*Lactuca sativa* 'Fenston') bestückt. Je Variante wurden 10 Kisten (= Wiederholungen) mit je 6 L4-Erdraupen versehen. Nach der Anwendung wurden die Kisten mit Klettband und Gaze verschlossen, um die Raupen am Flüchten zu hindern.

Die Behandlung von Pflanzen und Bodenoberfläche erfolgte mit der jeweils zugelassenen Standardaufwandmenge und einer Wassermenge entsprechend 1.000 l/ha (ca. 60 ml/Kiste). Parallel dazu wurden eine Kontrolle mit Wasserbehandlung sowie eine völlig unbehandelte Kontrolle angelegt. Zwei Wochen nach der PSM-Ausbringung erfolgte die Bonitur. Hierbei wurde die Larvenvitalität in drei Kategorien erfasst: Vitale Erdraupen (1) waren muskulös und rollten sich bei Berührung zusammen. Apathische Raupen (2) fraßen und versteckten sich nicht mehr, besaßen ein schlaffes Muskelgewebe und bewegten sich bei Berührung, rollten sich aber nicht ein. Tote Erdraupen (3) bewegten sich nicht bei Berührung. Vereinzelt waren Exemplare nicht auffindbar. Diese wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt. Anlage und Auswertung des Versuches erfolgten in Anlehnung an die EPPO Richtlinie PP 1/58 (2).

**Tabelle 6.11: Varianten und Aufwandmengen im Gewächshausversuch mit Insektiziden gegen Altlarven (L4) von *A. segetum***

Variante (Produktname)	Wirkstoff	Applikation
Kontrolle	unbehandelt	-
Wasserkontrolle	Wasserbehandlung	1000 l/ha
XenTari®	<i>Bacillus thuringiensis</i> ssp. <i>aizawai</i>	1 kg/ha
SpinTor®	Spinosad	0,2 l/ha
Steward®	Indoxacarb	85 g/ha
Runner®	Methoxyfenozide	0,3 l/ha
Karate Zeon® (Standard)	lambda-Cyhalothrin	75 ml/ha

## 6.3. Ergebnisse

### 6.3.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

#### 6.3.1.1. Drahtwürmer (*Agriotes* spp.)

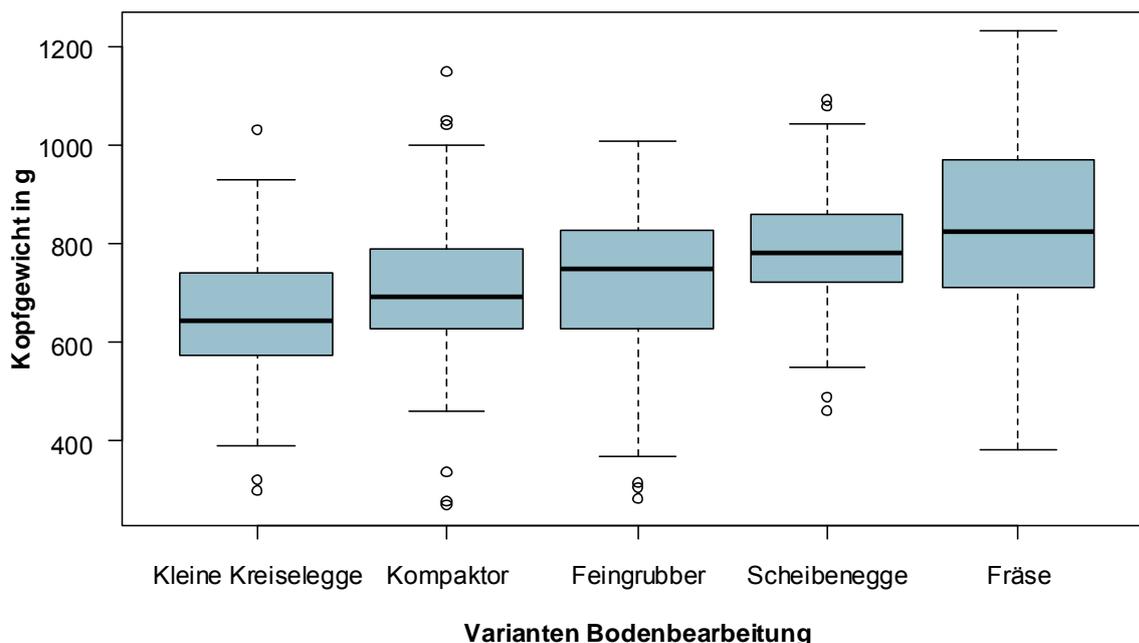
##### 6.3.1.1.1. Bekämpfung

##### *Freilandversuche*

##### Bodenbearbeitung

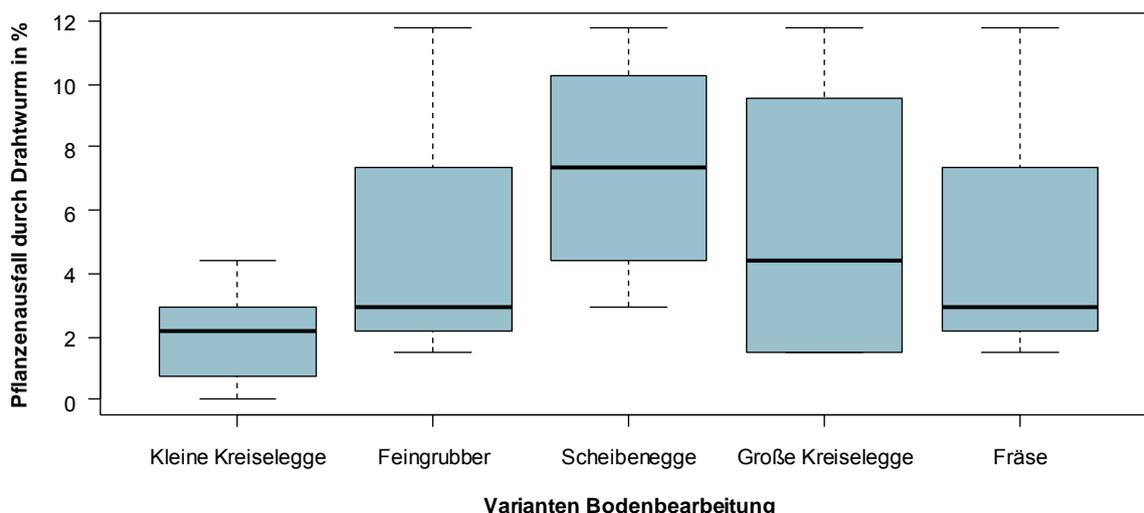
In zwei, zeitlich versetzt durchgeführten Versuchen wurden verschiedene Methoden der Bodenbearbeitung getestet. Im ersten Versuch kam es bis zur Endbonitur und Salaternte zu keinen Ausfällen durch Drahtwürmer oder sonstige Ursachen. Bei der Auswertung der Kopfgewichte zeigte sich jedoch ein signifikanter Einfluss der Bearbeitungstiefe. Je tiefer die Bodenbearbeitung erfolgte, desto größer war das Kopfgewicht (Abbildung 6.10).

Aus diesem Ergebnis wird ersichtlich, dass die Auswahl der Bodenbearbeitungsgeräte und infolge die Güte der Bodenvorbereitung einen deutlichen Einfluss auf das Wachstum der Kultur hatte. Mit einer optimalen Bodenbearbeitung wurde das Wachstum gefördert und die Erntereife in kürzerer Standzeit erreicht. Da die Fräse bei mehrmaliger Anwendung pro Jahr die Bodenstruktur jedoch zerstört mit der Folge von Verschlammungen, ist dieser Vorteil möglicherweise nur kurzfristig.



**Abbildung 6.10: Kopfgewichte in g im ersten Bodenbearbeitungsversuch ohne Schädlingsbefall, Bearbeitungstiefen: 6, 10, 10, 15, 17 cm, Signifikanzen nach Tukey: a, b, b, c, d**

Am Ende des zweiten Versuches wurden leichte Pflanzenausfälle durch Drahtwürmer festgestellt. Sie lagen zwischen 2 % (kleine Kreiselegge) und 8 % (Scheibenelegge) (Abbildung 6.6). Aufgrund des geringen Befalls waren jedoch die Mittelwertschwankungen zwischen den Parzellen größer als zwischen den Varianten. Es konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden. Rein visuell zeigte die Flächenbehandlung mittels kleiner Kreiselegge einen durchgängig geringen Pflanzenschaden im Vergleich zu den anderen Varianten (Abbildung 6.11).



**Abbildung 6.11: Prozentualer Pflanzenausfall pro Bodenbearbeitungsvariante im zweiten Versuch, keine signifikanten Unterschiede (Tukey)**

Grundsätzlich gestaltet sich die Bekämpfung der schädigenden Larvenstadien durch Bodenbearbeitung schwierig. Drahtwürmer sind, bedingt durch ihre harte chitinhaltige Haut,

sehr robust, sodass die Altlarven durch Bodenbearbeitung wahrscheinlich nur selten nachhaltig geschädigt werden. In Versuchen von Schepl & Paffrath (2010) führte erst der Spezialbau einer Mulchfräse mit einer enorm hohen Drehzahl von 3000 Umdrehungen pro Minute zu signifikanten Schäden an den Altlarven. Weiterhin können sich die Larven bei ungünstigen klimatischen Bedingungen in tiefere Bodenschichten von bis zu 45 cm (Furlan 1998) bzw. sogar bis 85 cm (M. Kaub, Versuchsergebnisse, Koordinationssitzung am 26/27.11.08) zurückziehen, wodurch sie für einen Einfluss durch Bodenbearbeitung unerreichbar sind. Erfolgsversprechender wäre es, die empfindlichen Entwicklungsstadien wie Eigelege, die noch sehr unbeweglichen frisch geschlüpften Larven oder die Puppen durch eine Bodenbearbeitung zu schädigen. Diese Stadien sind stark austrocknungsgefährdet. Da sich dieser Effekt jedoch erst nach frühestens zwei Jahren bemerkbar macht, wurde dies nicht im Teilvorhaben geprüft.

### Produktvergleich in Offenbach, Güstrow und Rostock

Bei der Auswertung der Versuche an den Standorten Offenbach/Queich, Güstrow und Rostock hoben sich nur *Metarhizium anisopliae* (Agroscope Reckenholz-Tännikon) und Goldor Bait von der jeweiligen Kontrolle ab (Abbildung 6.12). Das 2008 entdeckte *Metarhizium*-Isolat erzielte in Offenbach (vorwiegende Art: *Agriotes ustulatus*) einen Wirkungsgrad von 65 % sowie in Rostock (*A. sputator*) 21 %. Die chemische Vergleichsvariante Goldor Bait (Fipronil, BASF) führte zu einer Reduktion des Pflanzenausfalls um 49 % im Vergleich zur Kontrolle. Alle weiteren Produkte erwiesen sich im Test als wirkungslos, Pflanzenschäden bedingt durch Drahtwürmer zu mindern.

In Laborversuchen von Kölliker et al. (2008) hatte sich *A. sputator* mit einer Infektionsrate von ca. 20 % nach 4 Wochen als unanfällige der Arten *A. lineatus*, *A. obscurus* und *A. sputator* herausgestellt. *A. ustulatus* erwies sich in Laborversuchen des Teilvorhabens (vgl. Kapitel 6.3.1.1.1., Seite 251) als unanfällig bei einer direkten Sporenbehandlung. Die starke Wirkung im Freiland (Offenbach) könnte daher auf einer Repellenz beruhen.

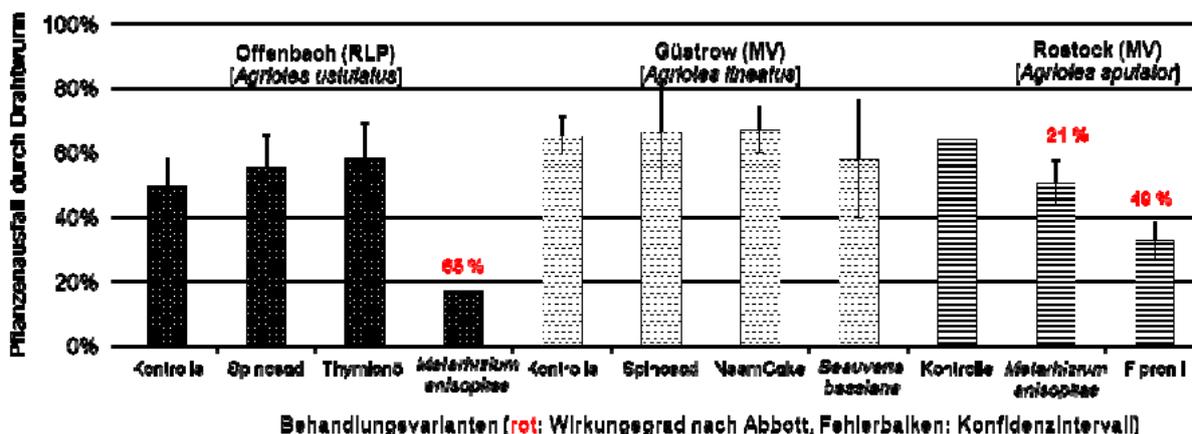


Abbildung 6.12: Pflanzenausfall in Kopfsalat durch Drahtwurm nach Behandlung mit verschiedenen Präparaten in drei Freilandversuchen, Prozentangaben über Balken = Wirkungsgrad nach Abbott

### *Metarhizium anisopliae* und Weizenstreifen im Spargel

In einer Spargelanlage der Sorte 'Gijnlim' wurde im Frühjahr 2011 in Offenbach/Queich ein Versuch mit *M. anisopliae* 2825-ART und Weizenstreifen zum Weglocken von der Kulturpflanze durchgeführt.

Da sich bei der Qualitätskontrolle des *Metarhizium*-Versuchspräparates herausstellte, dass es kein *Metarhizium* enthielt (siehe Kapitel 6.3.1.1.1, Seite 246), wurden diese Daten nicht weiter ausgewertet. In den Weizenstreifen-Parzellen gab es keinen Unterschied in der Anzahl Drahtwurm-Löcher pro Stange im Vergleich zur Kontrolle (Abbildung 6.13). Zu Versuchsende am 21.4. wurde pro Parzelle je 1 m im Weizenstreifen auf beiden Seiten des Damms sowie an 5 zufälligen Stellen im Damm nach Drahtwürmern durchsucht. Insgesamt wurden nur 8 Drahtwürmer gefunden, diese waren jedoch alle in den Weizenstreifen (Tabelle 6.12). Demnach war der Weizenstreifen zwar attraktiv, aber die Lockwirkung kam entweder zu spät oder sie war zu schwach, da der Schaden im Vergleich zur Kontrolle nicht reduziert werden konnte.

Nach den erzielten Ergebnissen können Weizenstreifen nicht für den Einsatz in Spargeldämmen empfohlen werden. Dennoch kann sich diese Technik in anderen Kulturen bewähren. So zeigten Versuche von Vernon (2000) erste Erfolge mit Weizenstreifen zwischen Erdbeerreihen. Thalinger et al. (2011) fanden heraus, dass Fangpflanzen wie z. B. Weizen die Drahtwürmer effektiv von Maispflanzen weglockten und der Mais daher signifikant weniger geschädigt wurde. Unter Umständen ist es hier nötig, nach individuellen Lösungen für die verschiedenen Kulturen zu suchen.

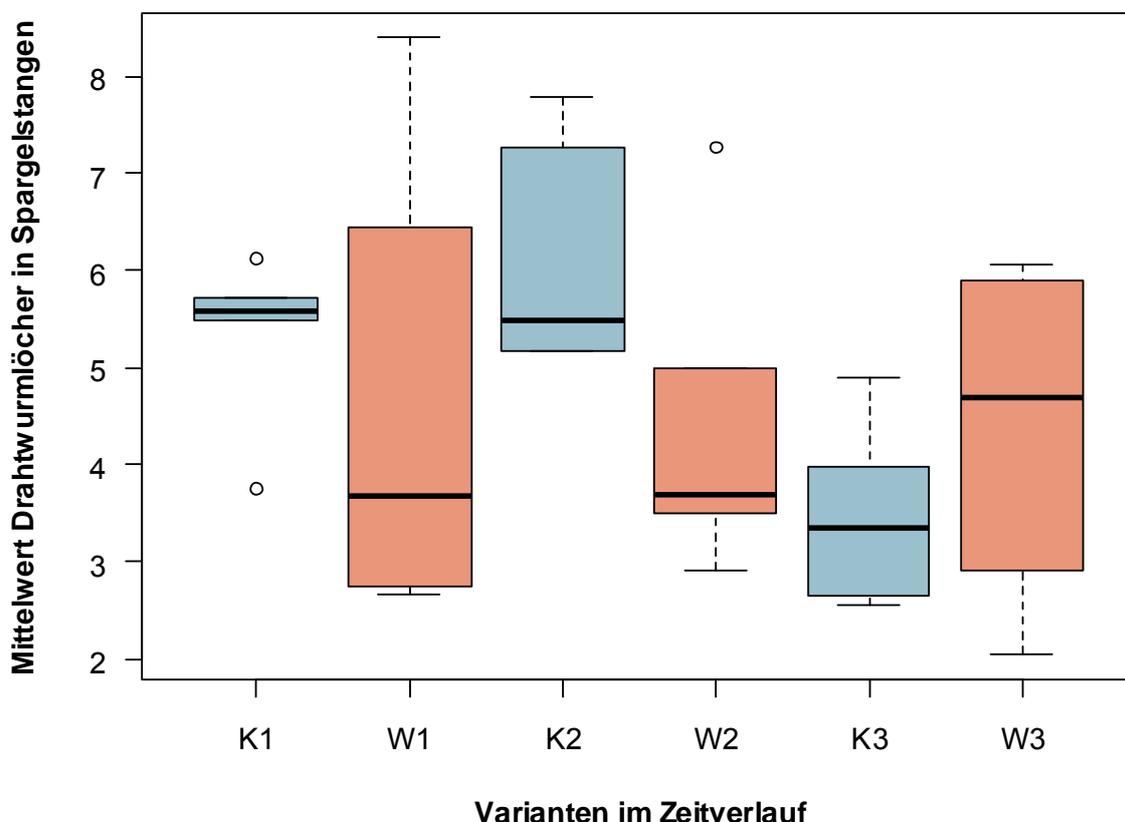


Abbildung 6.13: Anzahl Drahtwurmlöcher pro Spargelstange (Mittelwerte, n=10 bis n=47) an drei Boniturterminen (1-3), Feldversuch 2011, K = Kontrolle, W = Weizenstreifen, keine Signifikanzen (Tukey)

**Tabelle 6.12: Anzahl gefundener Drahtwürmer in Stichprobe-Grabungen in den Weizenstreifen-Parzellen zu Versuchsende**

Wiederholung	Anzahl Drahtwürmer	
	im Weizenstreifen	im Damm um Spargelstangen
A	0	0
B	3	0
C	0	0
D	4	0
E	1	0

### **Laborversuche**

#### Kalkstickstoff ( $\text{CaCN}_2$ )

Zum Ende des Versuchszeitraumes, d.h. nach 14 Tagen, waren sämtliche Drahtwürmer aus der mit  $\text{CaCN}_2$  behandelten Ackererde in beiden Varianten (10 bzw. 15 % Wassergehalt) vital (Tabelle 6.13). Demnach besaß  $\text{CaCN}_2$  unter den gegebenen Bedingungen keine abtötende Wirkung.

Jedoch war auffällig, dass sich die Larven in der feuchten  $\text{CaCN}_2$ -Variante nach 7 Tagen zu 70 % im äußeren Erdbereich des Gefäßes aufhielten und bereits von außen sichtbar waren (Abbildung 6.14, rechts). Dieses Verhalten wird als Hinweis auf eine repellente Wirkung gedeutet. Vermutlich hätten sich die Larven weiter vom  $\text{CaCN}_2$  entfernt, wenn die Möglichkeit dazu bestanden hätte. Nach 14 Tagen befanden sich in der gleichen Variante auffällig viele Drahtwürmer (95 %) im Inneren des Gefäßes (Abbildung 6.14). Hier liegt die Vermutung nahe, dass die repellente Wirkung nachgelassen hatte oder nicht mehr vorhanden war.  $\text{CaCN}_2$  wandelt sich zunächst zu Kalk und Cyanamid um, wobei letzteres weiter zu Harnstoff, Ammonium und schließlich zu Nitrat abgebaut wird (Wienhues 1940). Die letale, insektizide Wirkung wird von der Cyanamid-Phase verursacht, welche nach Themnitz (1956) bei Rohhumus, 2 °C und einer  $\text{CaCN}_2$ -Ausbringung von 84 bzw. 210 kg N/ha 6 bzw. 10 Tage anhält.

**Tabelle 6.13: Anteil toter Drahtwürmer im  $\text{CaCN}_2$ -Laborversuch bei 10 % („trocken“) bzw. 15 % („feucht“) Bodenfeuchte**

	$\text{CaCN}_2$	Kontrolle
<b>feucht</b>	0 %	5 %
<b>trocken</b>	0 %	0 %

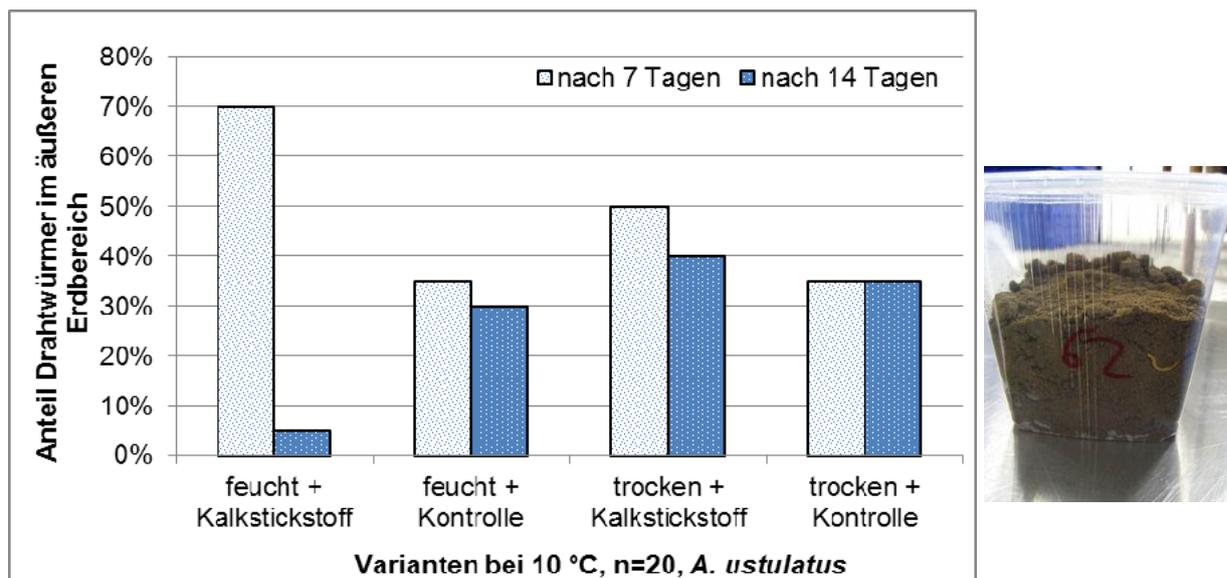


Abbildung 6.14: Links: Aufenthaltsort von Drahtwürmern unter Einwirkung von Kalkstickstoff, Rechts: exemplarische Darstellung eines Gefäßes mit Drahtwurm im äußeren Erdbereich

Die Prüfung auf das tatsächliche Vorliegen einer repellenten Wirkung von  $\text{CaCN}_2$  wurde in PVC-Rohren durchgeführt die jeweils nur auf einer Seite mit  $\text{CaCN}_2$ -behandelter Erde gefüllt waren. Ein Chi-Quadrat-Test ergab, dass sich signifikant mehr Larven auf der dem  $\text{CaCN}_2$  abgewandten Rohrseite befanden (Segmente B1 und B2, Abbildung 6.15). Die repellente Wirkung wurde hierdurch bestätigt.

Vernon & van Herk (2011) stellen eine "Push-Pull-Strategie" als Ansatz vor, in der die Larven in eine gewünschte Region, z. B. zwischen die Pflanzreihen, gelockt werden und entweder dort gezielt bekämpft oder zumindest von der angebauten Kultur ferngehalten werden. Aufgrund der repellenten Wirkung wäre  $\text{CaCN}_2$  als "Push"-Element geeignet. Jedoch ist zu bedenken, dass auf Grund von Phytotoxizität  $\text{CaCN}_2$  im Gemüsebau in der Regel nur vor Auflauf bzw. vor der Pflanzung eingearbeitet werden kann, sodass die Cyanamidphase bereits beendet ist und dadurch der repellente Effekt kaum genutzt werden kann.

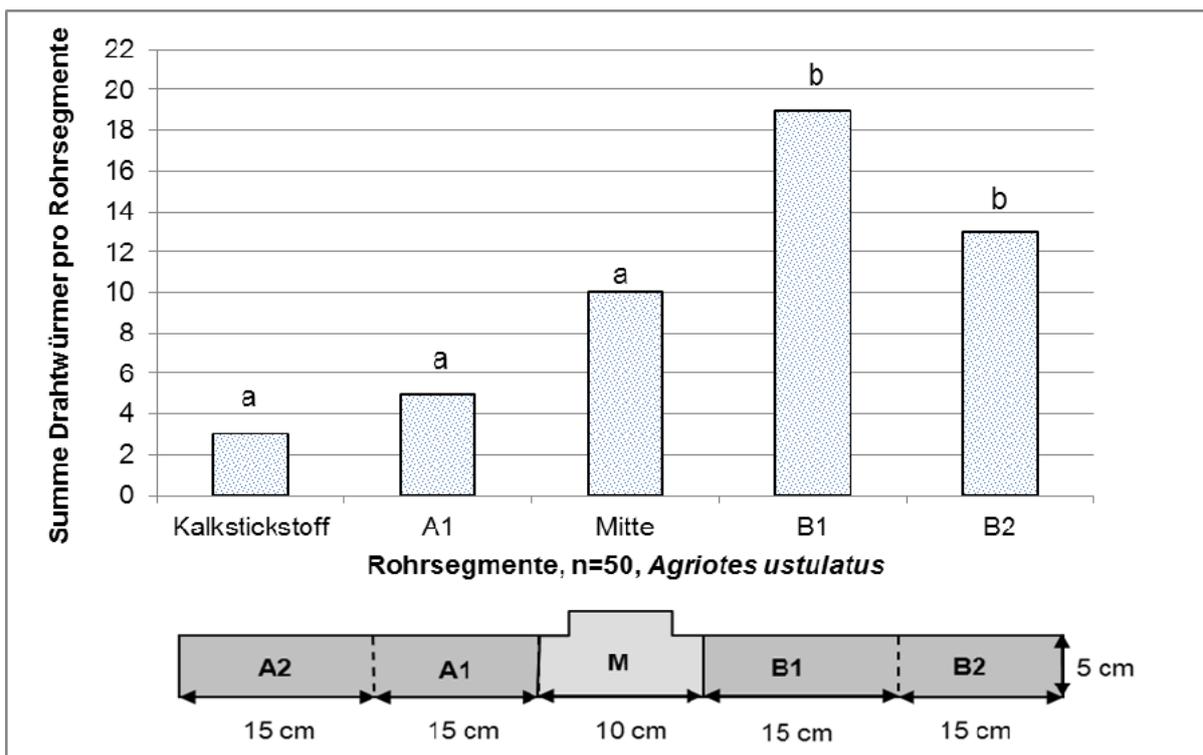


Abbildung 6.15: Verteilung von Drahtwürmern in Rohren nach 7 Tagen unter Einwirkung von Kalkstickstoff, Chi-Quadrat-Test, Alpha = 0,05

Entomopathogene Nematoden (e~nema GmbH)

### Versuche an Drahtwürmern

Zur Bekämpfung von Drahtwürmern mittels verschiedener Nematodenarten fanden Laborversuche bei der Firma e~nema statt. Die Drahtwürmer (*Agriotes ustulatus* und *A. lineatus*) wurden mit sehr hohen Nematodendosen (200-800 Nematoden/Larve) behandelt, dennoch wurde in keinem der Versuche eine signifikante Mortalität festgestellt (Tabelle 6.14). Die zum Vergleich behandelten Mehlwürmer wurden dagegen in gewohntem Maß infiziert (Tabelle 6.15). Durch die Kombination zweier Nematodenarten konnte die Wirkung nicht gesteigert werden. Die höchste verwendete Dosis (800 pro Drahtwurm) entsprach hier einer Dosis von 1,9 Mio. Nematoden/m<sup>2</sup>. Die praxisübliche Aufwandmenge z. B. gegen Dickmaulrüssler liegt bei 0,5 Mio. Nematoden/m<sup>2</sup>, wobei zudem aus Kostengründen eine weitere Reduktion der Dosis angestrebt wird.

**Tabelle 6.14 Mortalität [%] verschiedener Drahtwurmarten nach Behandlung mit zwei *Steinernema*-Arten und *Heterorhabditis bacteriophora* in verschiedenen Dosierungen, Laborversuch in mit feuchtem Sand (8 % Wasser) gefüllten Plastikschaalen**

Art	Herkunft	Drahtwürmer pro Schale	Nematodenart	Dosis/ Drahtwurm	Inkubationszeit [Tage]	Mortalität
<i>A. ustulatus</i>	Offenbach/ Queich	30	<i>S. feltiae</i>	200	14	0,0%
		30	<i>H. bacteriophora</i>	200		0,0%
		30*	<i>S. feltiae</i>	200	14	0,0%
		30*	<i>H. bacteriophora</i>	200		0,0%
		30*	unbehandelt		14	0,0%
<i>A. lineatus</i> cf.	Güstrow	24	<i>S. feltiae</i>	200	7	0,0%
		24	<i>H. bacteriophora</i>	200	7	4,2%
		24	<i>S. carpocapsae</i>	200	7	4,2%
		24	<i>H. bacteriophora</i> + <i>S. feltiae</i>	200 + 200	7	0,0%
		24	unbehandelt		7	4,2%
		24	<i>S. feltiae</i>	400	7	16,7%
		24	<i>H. bacteriophora</i>	400	7	8,3%
		24	<i>S. carpocapsae</i>	400	7	4,2%
		24	<i>H. bacteriophora</i> + <i>S. feltiae</i>	400 + 400	7	12,5%
		24	unbehandelt		7	0,0%
		24	<i>S. feltiae</i>	800	7	16,7%
		24	<i>H. bacteriophora</i>	800	7	20,8%
		24	<i>S. carpocapsae</i>	800	7	8,3%
		24	<i>H. bacteriophora</i> + <i>S. feltiae</i>	800 + 800	7	20,8%
24	unbehandelt		7	12,5%		

\* In diesem Versuch wurde den Drahtwürmern gequollener Weizen als Futter angeboten

**Tabelle 6.15: Qualitätskontrolle der im Drahtwurmversuch eingesetzten Nematodenchargen: Mortalität [%] von Mehlwürmern (*Tenebrio molitor*) nach Behandlung mit verschiedenen Nematodenarten in unterschiedlichen Konzentrationen**

Mehlwürmer	Nematodenart	Dosis/ Mehlwurm	Inkubationszeit in Tagen	Mortalität
40	<i>S. carpocapsae</i>	5	3	42,5%
40	<i>H. bacteriophora</i>	15	3	50,0%
40	<i>S. feltiae</i>	5	3	50,0%
40	<i>S. feltiae</i> + <i>S. carpocapsae</i>	5 +5	3	45,0%
40	<i>S. feltiae</i> + <i>H. bacteriophora</i>	5 +15	3	70,0%
40	unbehandelt	0	3	2,5%

Die Bekämpfung der Drahtwürmer mit insektenpathogenen Nematoden allein war angesichts der vorgelegten Ergebnisse nicht möglich. Dies deckt sich mit Literaturangaben. Ob eine Kombination von Nematoden mit anderen biologischen Mitteln für die Drahtwurmbekämpfung aussichtsreicher wäre ist unbekannt. Bislang wurden z. B.

synergistische Effekte bei einer Anwendung von Nematoden in Kombination mit *M. anisopliae* für die Scarabaeiden-Art *Hoplia philanthus* beschrieben (Ansari et al. 2006).

### Versuche an Schnellkäfern

Da die Behandlung der Elateriden-Larven aufgrund der erzielten Versuchsergebnisse wenig aussichtsreich schien, wurde die Behandlung der Käfer mit einer speziell für adulte Insekten entwickelten Formulierung von *S. carpocapsae* untersucht.

**Tabelle 6.16 Mortalität [%] von Schnellkäfern nach Kontakt mit *S. carpocapsae* in einer Polyacrylat-Formulierung mit 123.000 Nematoden pro Gramm bei unterschiedlichen Inkubationszeiten**

Art	Design	Inkubationsdauer	Anzahl behandelt	Anzahl infiziert	Mortalität
<i>A. lineatus cf.</i>	Plastikschale	10 min	20	14	70,0%
		20 min	42	22	52,4%
		60 min	21	20	95,2%
		20 h	19	19	100,0%
		unbehandelt	23	0	0,0%
<i>A. lineatus</i>	Plastikschale	60 min	13	11	84,6%
		unbehandelt	12	0	0,0%
<i>A. sordidus</i>	Dickmaulrüsslerfalle	20-30 min	5	0	0,0%
		30-40 min	5	0	0,0%
		40-50 min	5	3	60,0%
		50-60 min	5	1	20,0%
		60 min	5	2	40,0%
		60-70 min	6	1	16,7%
<i>A. sordidus</i>	Schnellkäferfalle	1 h	10	1	10,0%
		3 h	10	0	0,0%
		4 h	10	2	20,0%
		5 h	11	4	36,4%
		6 h	13	3	23,1%
		7 h	12	6	50,0%

Die Abtötung adulter Elateriden (Schnellkäfer) mit *S. carpocapsae* war in Versuchen möglich. Damit sich eine solche Behandlung deutlich auf die Population auswirkt, müssten vor allem die Weibchen infiziert werden, um eine Eiablage verhindern zu können. Derzeit stehen jedoch für die meisten Schnellkäferarten nur Sexuallockstoffe zur Verfügung, die ausschließlich Männchen anlocken. Mithin ist die Bekämpfung adulter Elateriden derzeit noch keine Option. Sobald aber Aggregationspheromone zur Verfügung stehen, mit denen auch die weiblichen Tiere angelockt werden können, ist die Bekämpfung von Schnellkäfern in Infektionsstationen zu überdenken.

### Entomopathogene Pilze (JKI Darmstadt)

#### Qualitätskontrolle des Versuchspräparates *Metarhizium anisopliae* 2825-ART

Das Aussehen der bei verschiedenen Temperaturen für zwei Wochen inkubierten, pilzbewachsenen Getreidekörner ist in Abbildung 6.16 dargestellt. Auf allen Körnern wuchs ein rosa-weißer Belag, der, wenn er bei den höheren Temperaturstufen 12, 15 und 25 °C zu wachsen begann, ein weiß-graues Myzel bzw. einen rosa-grauen Sporenträger-Rasen (Köpfchen auf Hyphen) bildete und somit Pilzen der Gattungen *Fusarium* oder *Penicillium*

ähnelte. Tatsächlich waren in keiner der Proben Sporen von *M. anisopliae* gekeimt. Vielmehr musste festgestellt werden, dass das Versuchspräparat komplett verunreinigt war. Daher unterblieben alle weiteren geplanten Versuche mit Sporen des Versuchspräparates. Abbildung 6.16



Abbildung 6.16: Keimfähigkeit der Sporen des *Metarhizium*-Versuchspräparates nach zwei Wochen Inkubation bei verschiedenen Temperaturen

#### Reisolierung von *Metarhizium anisopliae* 2825-ART aus Bodenproben

Zum Zeitpunkt vor der Applikation des *Metarhizium*-Versuchspräparates wurden Bodenproben nur in den zur Pilzbehandlung vorgesehenen Parzellen gezogen, um festzustellen ob dort bereits *Metarhizium* vorhanden war. Bei Versuchsende, vier Wochen nach der Applikation, wurden auch die unbehandelten Parzellen beprobt. Die Proben von diesem Zeitpunkt wurden sofort und unverändert untersucht. Dieses Vorgehen hatte zur

Folge, dass in der Galleria-Ködermethode etwa die Hälfte der toten Wachsmotten mit Nematoden infiziert waren. Daraufhin wurden die Proben des ersten Termins zuvor getrocknet um zu verhindern, dass die Wachsmotten wieder von Nematoden infiziert werden. Abbildung 6.17 zeigt die Mortalität der Wachsmotten in Bodenproben vor und nach der Behandlung mit dem *Metarhizium*-Versuchspräparat. In den zuvor luftgetrockneten Bodenproben starben im Mittel 8 % der Wachsmotten. Mit den Köderinsekten wurden keine entomopathogenen Pilze isoliert.

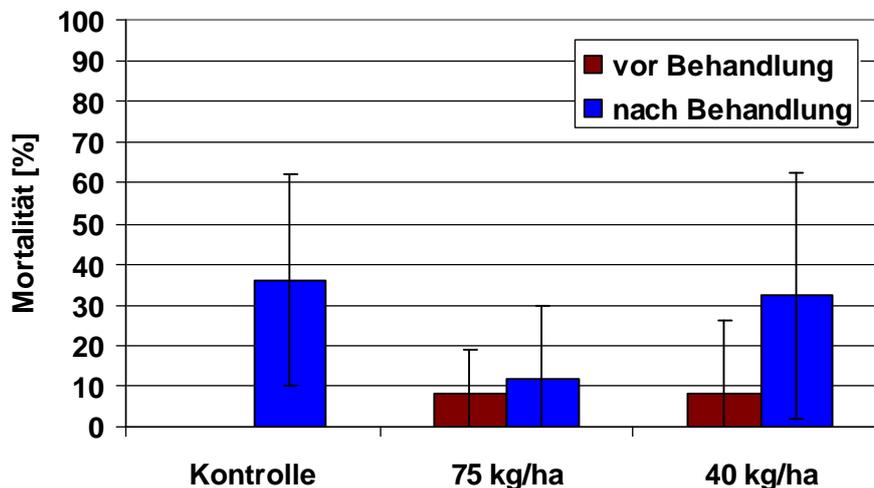


Abbildung 6.17: Prozentuale Mortalität von Wachsmottenraupen (Mittelwert und Standardabweichung, n=5) nach zwei Wochen Inkubation bei 20 °C aus Bodenproben, vor und nach Behandlung mit dem *Metarhizium*-Versuchspräparat in zwei Aufwandmengen, Kontrolle = unbehandelt

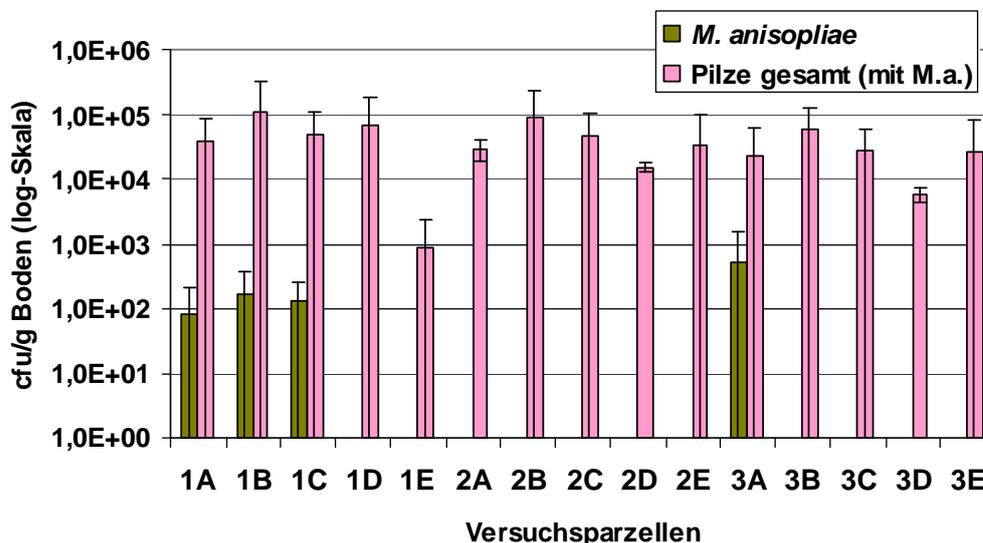


Abbildung 6.18: Koloniebildende Einheiten [cfu/g Boden] verschiedener Pilze (Mittelwerte und Standardabweichung, n=3) auf *Beauveria*-Selektivmedium aus Bodenproben von Versuchspartizellen nach einer Behandlung mit einem *Metarhizium*-Versuchspräparat. 1 A-E= unbehandelt, 2 A-E=40 kg/ha, 3 A-E=75 kg/ha

In Abbildung 6.18 ist das Ergebnis des Versuchs zur Reisolierung von *Metarhizium* mittels Selektivmedium aus Bodenproben nach der Behandlung dargestellt. Vereinzelt wurden *Metarhizium*-Sporen aus den Bodenproben des Spargelackers isoliert (Abbildung 6.19). Am häufigsten in den unbehandelten Partizellen 1 A-E. Der höchste Wert lag bei 500 cfu/g (Parzelle 3 A, Abbildung 6.18). Die für eine erfolgreiche Bekämpfung mit

entomopathogenen Pilzen, wie z. B. *Beauveria brongniartii* gegen Engerlinge, notwendige Sporenkonzentration im Boden ist  $10^3$ - $10^4$  cfu/g (Keller et al. 2002). Außer *Metarhizium* wurden keine weiteren entomopathogenen Pilze identifiziert. Die sonstigen Pilze sahen häufig der Kontaminante aus dem Versuchspräparat ähnlich (Abbildung 6.19). Die Gesamtzahl der auf Pilze zurückzuführenden, koloniebildenden Einheiten war in der Variante 3 am geringsten (im Mittel  $2,8 \times 10^4 \pm 3,7 \times 10^4$  cfu/g) und in Variante 1 am größten (im Mittel  $5,3 \times 10^4 \pm 8,5 \times 10^4$  cfu/g). Variante 2 lag dazwischen mit im Mittel  $4,2 \times 10^4 \pm 5,5 \times 10^4$  cfu/g. Ein Einfluss der Behandlung ist aufgrund der großen Streuung nicht eindeutig nachweisbar. Aufgrund der großen Streuung und des geringen Stichprobenumfangs ist keine eindeutige Aussage zu einem Unterschied in der Anzahl koloniebildender Einheiten zwischen den beiden Selektivmedien möglich. Auf CTC-Medium lag der Mittelwert der Parzellen 1A-E bei  $92 \pm 225$  cfu *Metarhizium*/g. Auf BSM waren es dagegen  $75 \pm 94$  cfu/g Boden. Insgesamt entstand der Eindruck, dass die CTC-Platten tendenziell stärker bewachsen waren (Abbildung 6.19). Da in den Proben nach der Behandlung kein *Metarhizium* nachgewiesen werden konnte und mittlerweile die Kontamination des Versuchspräparates bekannt war, wurden die vor der Behandlung gezogenen Bodenproben nicht weiter untersucht. Anstelle der ursprünglich vorgesehenen Versuche wurde die Wirksamkeit des *Metarhizium*-Isolats in einem Biotest mit anderen Pilzisolaten verglichen.



**Abbildung 6.19: Reisolierung von Pilzen aus Bodenproben mit Selektivmedien. Links: Platten von Parzelle 1A (CTC-Medium). Grün eingekreist ist eine *Metarhizium*-Kolonie. Rechts: Platten von Parzelle 1B. Oben: BSM-, Unten: CTC-Medium**

#### **Produktivität von *Metarhizium anisopliae* 2825-ART**

Die Qualität der Sporen in den Ausgangssuspensionen war mit 25 % bzw. 17 % Keimfähigkeit in den zwei Versuchen sehr gering. Abbildung 6.20 zeigt beispielhaft die bei 26 °C während zwei Wochen gewachsenen Kolonien. Man sieht, dass auf dem nährstoffreichen Standardmedium MPA eine dichtere Myzelbildung stattgefunden hat und die gebildeten Sporen (gelb-grün durchschimmernd) bereits wieder ausgekeimt sind (von weißem Myzel bedeckt). Auf dem Minimalmedium SNA wurden dagegen ein flaches Myzel und wenige, dunkelgrüne Sporen gebildet. Aufgrund des auch als „regrowth“ bezeichneten, direkten Auskeimens der Sporen auf MPA konnten keine weiteren Versuche zur Bestimmung der Anzahl gebildeter Sporen oder ihrer Keimfähigkeit durchgeführt werden. In Abbildung 6.21 ist das radiale Wachstum auf MPA und SNA im zweiten Versuchsdurchgang graphisch dargestellt. Im ersten Versuchsdurchgang misslang die Temperaturregulierung im 20 °C-Klimaschrank. Im zweiten Versuch konnten die gewünschten Temperaturen mit einer Abweichung von  $\pm 0,5$  °C gehalten werden. Nach vorliegendem Ergebnis war das radiale Wachstum des Isolates auf dem Minimalmedium bei 20-24 °C tendenziell stärker (breitere Kolonien) und schneller (steilerer Kurvenverlauf) als auf dem Standard MPA (Abbildung 6.21). Bei 26 °C war der Kurvenverlauf nahezu identisch. Als Optimumtemperatur wäre demnach 24 °C anzusehen.

Insgesamt wurden auf dem SNA-Medium nach Augenschein aber nur wenige Sporen gebildet, so dass Rückschlüsse auf das geeignetere Medium verfrüht wären.

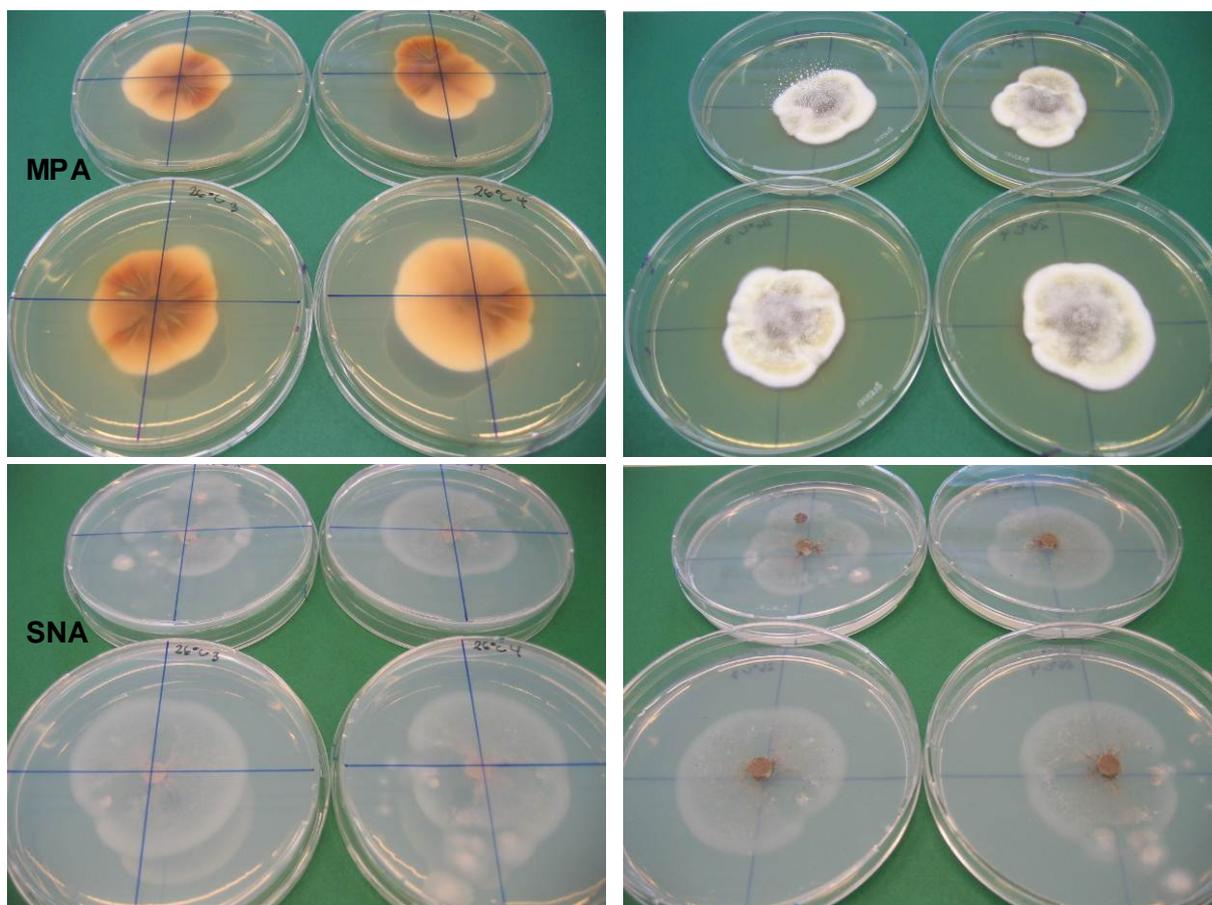
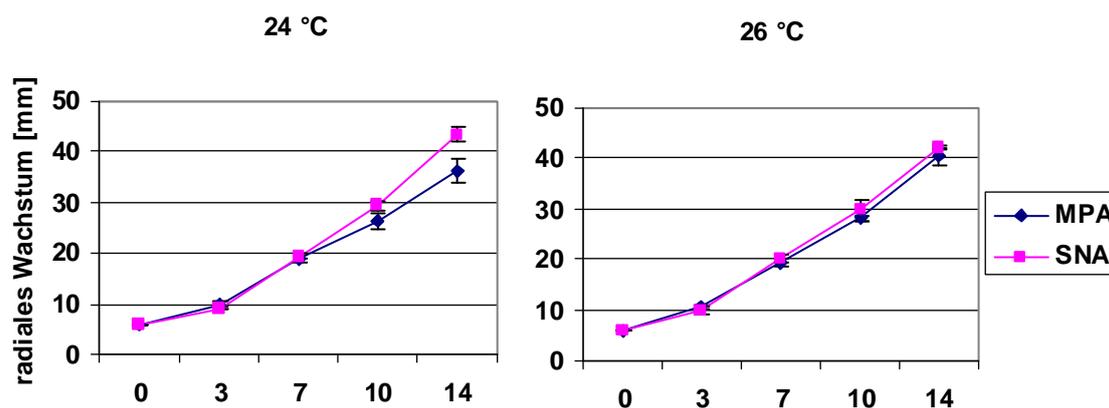


Abbildung 6.20: Radiales Wachstum von *M. anisopliae* 2825-ART auf Standard-Malzextrakt-Pepton-Agarmedium (MPA) und einem Minimalmedium (SNA) nach zwei Wochen bei 26 °C



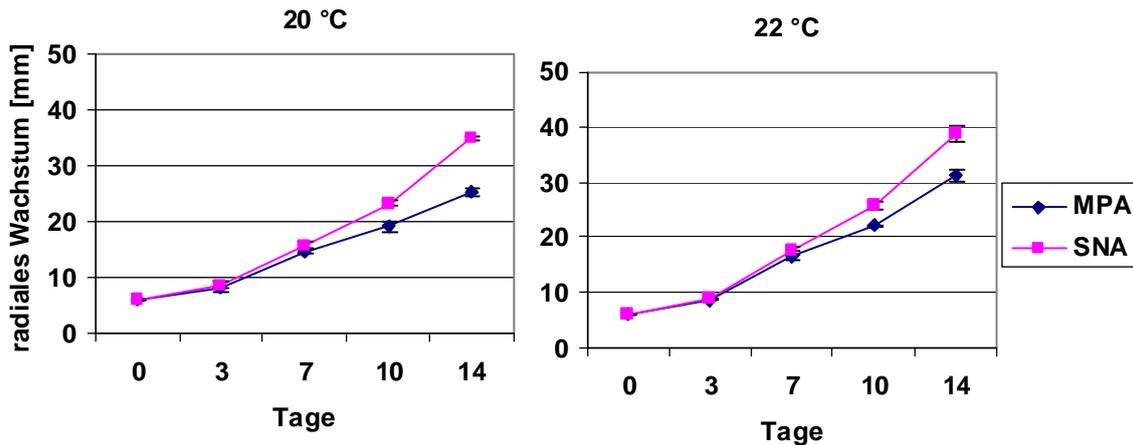


Abbildung 6.21: Radiales Wachstum [mm] von *M. anisopliae* 2825-ART (Mittelwert und Standardabweichung, n= 4) auf Malzextrakt-Pepton-Agar (MPA) und Minimalmedium (SNA) bei verschiedenen Temperaturen

Nach vorliegendem Ergebnis war das radiale Wachstum des Isolates auf dem Minimalmedium bei 20-24 °C tendenziell stärker (breitere Kolonien) und schneller (steilerer Kurvenverlauf) als auf dem Standard MPA (Abbildung 6.21). Bei 26 °C war der Kurvenverlauf nahezu identisch. Als Optimumtemperatur wäre demnach 24 °C anzusehen. Insgesamt wurden auf dem SNA-Medium nach Augenschein aber nur wenige Sporen gebildet, so dass Rückschlüsse auf das geeignetere Medium verfrüht wären.

### Biotest mit verschiedenen Pilzisolaten und Drahtwurmarten

Aus ungeklärter Ursache war die Keimfähigkeit der drei Pilzisolat sehr gering. Von *M. anisopliae* 2825-ART war nach 24 h bei 25 °C keine Spore gekeimt. Bei *Beauveria bassiana* 167 und 171 waren es 35 bzw. 46 %. Dessen ungeachtet zeigte das Isolat *M. a.* 2825-ART nach sechs Wochen mit 93 % Mortalität (80 % Verpilzung) eine gute Wirksamkeit gegenüber *A. obscurus* (Abbildung 6.22). Auch die Larven von *A. lineatus* wurden zu 40 % getötet. Gegenüber den beiden anderen Drahtwurm-Arten *A. sordidus* (13 % Mortalität) und *A. ustulatus* (7 % Mortalität) besaß es dagegen keine Wirkung. Keiner der in den *Beauveria*-Varianten gestorbenen Drahtwürmer zeigt Anzeichen einer Verpilzung, vielmehr wurden hier Nematoden diagnostiziert (Abbildung 6.23). Der einzige in der Kontrolle verstorbene Drahtwurm der Art *A. ustulatus* verpilzte, ebenso wie der in der *M. a.* 2825-ART-Variante verstorbene *A. ustulatus* mit einem anderen noch unbestimmten Pilz infiziert war (Abbildung 6.23).

Die im Vergleich mit den Daten von Kölliker et al. (2008) höhere Mortalität wird auf die unterschiedlichen Versuchsbedingungen zurückgeführt. Kölliker et al. (2008) haben die Drahtwürmer mit  $1 \times 10^7$  Sporen/ml behandelt und bei 23 °C inkubiert. Die höhere Sporendosis hat sich nach Erfahrungen früherer Versuche mit schwer zu bekämpfenden Bodenschädlingen am JKI als Standard etabliert (vgl. u.a. Jung 2004), da sie schneller zu diskriminierenden Ergebnissen führt.

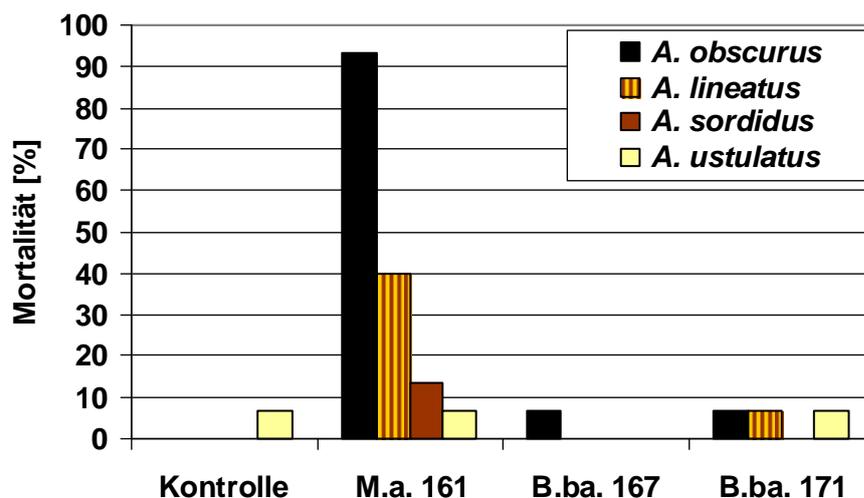


Abbildung 6.22: prozentuale Mortalität von Drahtwürmern (n=15) verschiedener Arten 6 Wochen nach Behandlung (3-5 Sekunden Tauchen) mit Sporen ( $5 \times 10^7$ /ml) verschiedener entomopathogener Pilze (M.a. 161 = *M. anisopliae* 2825-ART, B.ba. = *Beauveria bassiana*) bei  $21 \pm 1$  °C, Kontrolle = Tween 80 (0,1 %)



Abbildung 6.23: Diagnose toter Drahtwürmer aus einem Biotest. Oben: Nematoden (Pfeile), links: in *A. lineatus*, rechts: in *A. obscurus*, beide Variante *B.ba.* 171. Unten: Verpilzte Drahtwürmer, links: *A. obscurus* mit *M. a.* 2825-ART, rechts: *A. ustulatus* aus der Kontrolle mit unbekanntem Pilz, 10-32fache Vergrößerungen

In der Regel lassen sich entomopathogene Pilze einfach auf leicht verfügbaren Substraten vermehren. Diese Art der Produktion von Pilzpräparaten birgt jedoch das Risiko von Kontaminationen und unzureichender Qualität (Jenkins & Grzywacz 2000). Ohne zuverlässige, nach hohen Qualitätsstandards hergestellte Präparate, werden entomopathogene Pilze weiterhin keine bedeutende Rolle im biologischen Pflanzenschutz in Deutschland spielen. Die zur Entwicklung eines solchen Präparates auf der Basis von *Metarhizium* gegen Drahtwürmer notwendige Forschung steht noch am Anfang. Insbesondere ein Einsatz in den sehr verschiedenartigen, von Drahtwürmern betroffenen Gemüsekulturen bedeutet zusätzlichen Aufwand für die Entwicklung adäquater Applikationstechniken. Da es sich hier um einen langwierigen und kostenintensiven Prozess handelt, ist keine rasche Veränderung dieser Situation in Sicht.

Das untersuchte *Metarhizium*-Isolat der Schweizer Bundesforschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon besitzt ein großes Potenzial zur Bekämpfung einiger *Agriotes*-Arten. Selbst mit einer sehr schlechten Keimfähigkeit verursachte es im Laborversuch bei *A. obscurus* eine 93 %ige Mortalität. Aus diesem Grund und weil es bisher keine biologische Bekämpfungsmöglichkeit des Drahtwurms gibt, würde sich eine langfristige Investition in dieses Isolat lohnen.

#### Analyse erkrankter und toter Drahtwürmer

Aus einer Gesamtanzahl von ca. 4.600 Drahtwürmern wurden im Verlauf der vier Projektjahre 283 potenziell infizierte Larven identifiziert und zum JKI für genauere Untersuchungen gesandt (Kleespies et al., eingereicht). In der Analyse zeigten 66 Drahtwürmer eine bakterielle, 86 eine pilzliche und 29 eine Nematoden-Infektion. Unter den verpilzten Larven waren 25 Individuen mit entomopathogenen Pilzen, wie z. B. *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Isaria fumosorosea*, *Paecilomyces/Isaria* spp. oder *Lecanicillium* sp. infiziert. Ein einziger Drahtwurm wies eine *Rickettsiella*-Infektion auf. Nach eingehender Literatursauswertung wurde dieses Bakterium bisher noch nicht in Zusammenhang mit Drahtwürmern gebracht. Der Erstfund dieser drahtwurminfizierenden *Rickettsiella*-Art wurde daher neu klassifiziert und benannt als *R. agriotidis* (Leclerque et al., 2011).

#### **6.3.1.1.2. Fraßtoleranz von Gemüsekulturen**

##### **Freilandversuche**

##### Auflaufrate und Fraßschäden in Gemüsekulturen

Zwei Freilandversuche wurden auf Flächen mit starkem Drahtwurm-Vorkommen zeitgleich mit je zwölf verschiedenen Gemüsekulturen an den Standorten Offenbach an der Queich und Güstrow/Gülzow durchgeführt. Ziel war die Einordnung relevanter Familien gemüsebaulicher Kulturen in Bezug auf ihre Anfälligkeit bzw. Toleranz gegenüber Drahtwurmfraß.

Die Auflaufrate einiger Kulturen war insbesondere in Offenbach sehr gering (Abbildung 6.24). Bei den Kulturen Feldsalat, Möhre und Zwiebel waren weniger als 20 % der Samen aufgelaufen. Dies lässt einen frühen Drahtwurmschaden vermuten. Dies hatte bei den Kulturen Feldsalat, Möhre und Zwiebel zur Folge, dass weniger als 20 % der Samen aufgelaufen waren. Spinat besaß zwar eine geringe Auflaufrate, die noch gesunden Pflanzen bildeten jedoch mehr Blattmasse (Tabelle 6.17) und konnten dadurch einen Teil der Einbußen ausgleichen. Ein mäßiger Ausfall war bei Rote Rübe-Sämlingen zu verzeichnen. Fraßstellen, die im späteren Versuchsverlauf auftraten, konnten z. T. vor der Ernte wieder

verwachsen, sodass diese dennoch marktfähig waren. Als vergleichsweise robust in Bezug zur Auflauftrate können die Kulturen Radies, Kürbis und Bohne eingestuft werden.

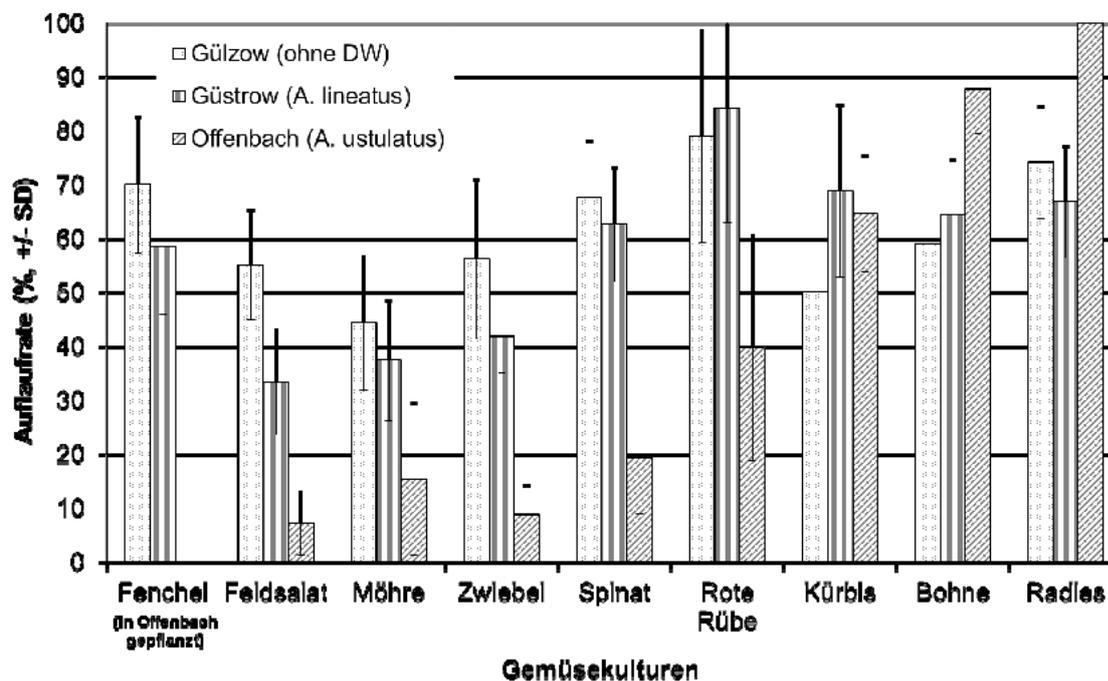


Abbildung 6.24: Auflaufraten ausgewählter Gemüsekulturen an den Standorten Gülzow (als Kontrolle ohne Drahtwurmorkommen), Güstrow und Offenbach/Queich

Tabelle 6.17: Spinatpflanzengewicht (Offenbach) in Abhängigkeit zur Auflaufdichte (Im, Tukey)

Klassen	Pflanzen pro Reihe (von 100)	Mittel Gewicht Pflanze in g	Signifikanz
A	1 - 9	97,27	a
B	10 - 19	58,69	b
C	20 - 29	48,69	b
D	30 - 49	47,40	b

Spätschäden durch Drahtwurmfraß am Erntegut bzw. an unterirdischen Pflanzenteilen waren in Offenbach mit 0 bis 10 % der Pflanzen durchgängig gering (Abbildung 6.25). In Güstrow hingegen waren die Fraßschäden kulturabhängig zum Teil sehr hoch. So wurden die Bohnensämlinge zu über 30 % von Drahtwürmern durchlöchert (Abbildung 6.25), was häufig entweder zum Absterben der Pflänzchen oder zu einem verminderten Wuchs führte. An Spinat und Feldsalat konnten bedingt durch den Pflanzenhabitus (zierliche Pfahlwurzel) keine Fraßschäden gefunden werden.

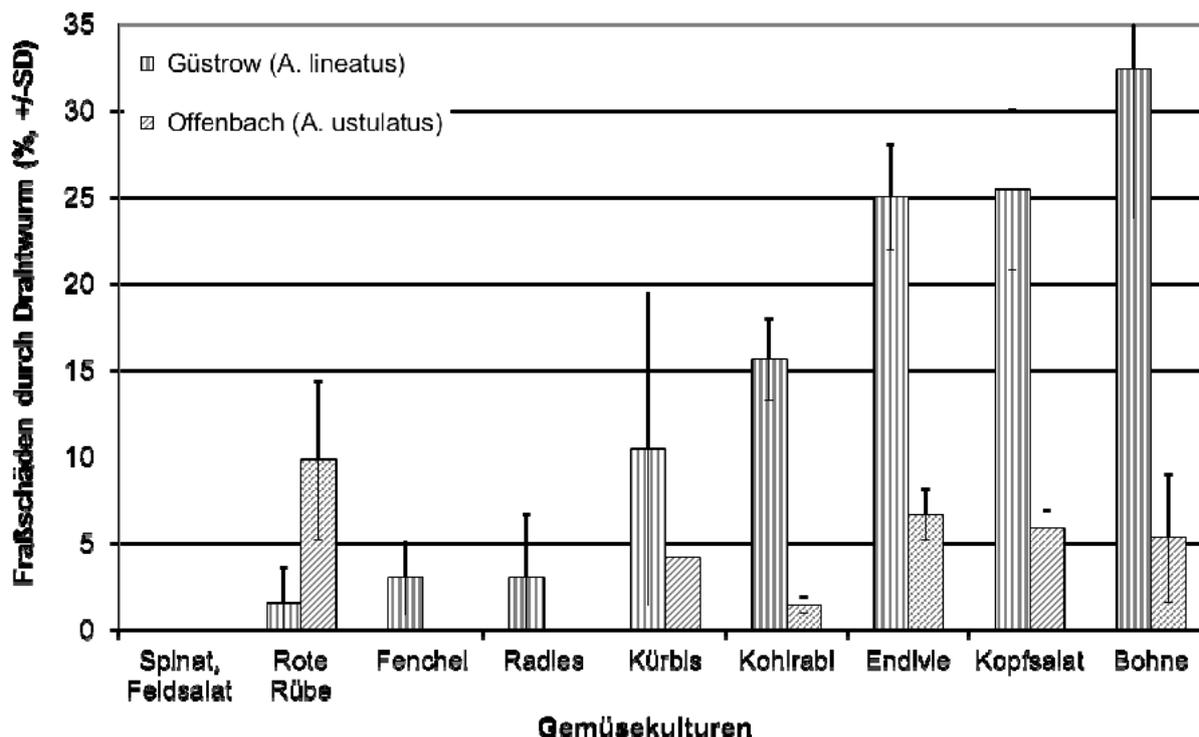


Abbildung 6.25: Spätschäden [%] durch Drahtwurm-Fraß an verschiedenen Gemüsekulturen in Feldversuchen an zwei Standorten. An Spinat und Feldsalat keine Fraßschäden feststellbar, bedingt durch den Pflanzenhabitus (zierliche Pfahlwurzel)

Die Ergebnisse der beiden Freilandversuche deuten darauf hin, dass unterschiedliche Drahtwurm-Arten ein differenziertes Fraßverhalten besitzen. Während in Offenbach (*A. ustulatus*) die meisten Kulturen insbesondere im Keimstadium geschädigt wurden, entstanden in Güstrow (*A. lineatus*) vor allem Spätschäden an unterirdischen Pflanzenorganen. Dies bestätigt Beobachtungen von Furlan (2005a), wonach die *Agriotes*-Arten in zwei Gruppen eingeteilt werden können. Zur ersten Gruppe gehören die Arten, die nicht als Käfer überwintern wie z. B. *A. ustulatus*. Die Larven dieser Gruppe sollen bevorzugt die Samen und sehr jungen Pflanzen anfressen. Die Arten der zweiten Gruppe überwintern als Käfer (z. B. *A. lineatus*, *A. obscurus*) und attackieren nach Furlan auch die späteren Pflanzenstadien. Die Anfälligkeit der getesteten Gemüsekulturen für Drahtwurm-Schäden wurde aufgrund der Ergebnisse in den Freilandversuchen in Tabelle 6.18 zusammengestellt.

**Tabelle 6.18: Gemüsekulturen mit zugehörigen Familien und deren Anfälligkeit gegenüber Drahtwurmschäden, Signifikanz nach Tukey (a/A = Werte mit geringer Auflauftrate bzw. starken Spätschäden, e bzw. d/D bzw. C = Werte mit hoher Auflauftrate bzw. geringen Spätschäden)**

Kultur	Familie	Signifikanzen Auflauftrate (Tukey)		Signifikanzen Spätschäden (Tukey)		Anfälligkeit <sup>3</sup>
		Güstrow	Offenbach	Güstrow	Offenbach	
Feldsalat	Valerianaceae	a	A	d	C	+
Zwiebel	Alliaceae	ac	A	k. A. <sup>1</sup>	k. A. <sup>1</sup>	+
Möhre	Apiaceae	ab	A	k. A. <sup>1</sup>	k. A. <sup>1</sup>	+
Kopfsalat	Asteraceae	k. A. <sup>2</sup>	k. A. <sup>2</sup>	ab	AB	+
Endivie	Asteraceae	k. A. <sup>2</sup>	k. A. <sup>2</sup>	ab	AB	+
Spinat	Amaranthaceae	cde	AB	d	C	+/-
Rote Bete	Amaranthaceae	e	B	cd	A	+/-
Knollenfenchel	Apiaceae	bcd	k. A. <sup>2</sup>	cd	C	+/-
Buschbohne	Fabaceae	cde	D	a	ABC	+/-
Kürbis	Cucurbitaceae	de	C	cd	BC	-
Kohlrabi	Brassicaceae	k. A. <sup>2</sup>	k. A. <sup>2</sup>	bc	C	-
Radies	Brassicaceae	de	D	cd	C	-

<sup>1</sup> k. A. = keine Angabe, da Pflanzen zu jung bei der Endauswertung

<sup>2</sup> k. A. = keine Angabe, da Kultur gepflanzt wurde

<sup>3</sup> + = anfällige Kultur, +/- = mäßig anfällige Kultur, - = fraßtolerante Kultur

#### Schadsschwellen im Gemüsebau

Im Teilvorhaben wurde die Schadschwelle für Möhre und Kopfsalat untersucht.

Selbst bei der höchsten Drahtwurm-Dichte von 12 Larven/m<sup>2</sup> gab es keinen Unterschied zu den unbehandelten Kontrollparzellen in beiden Kulturen. Die ermittelten Auflauftraten bei Möhre sind in Abbildung 6.26 dargestellt. Bei Kopfsalat war in keiner Variante ein Pflanzenausfall durch *A. ustulatus* zu verzeichnen. Zudem wurde in keiner der Topffallen ein Drahtwurm wiedergefunden. Als mögliche Ursachen für die Drahtwurm-Abwesenheit kommen zum einen in Betracht, dass das künstliche Aussetzen einen negativen Einfluss auf die Vitalität der Larven hatte. Zum anderen ist es möglich, dass nur ein kleiner Bruchteil der tatsächlich im Boden vorhandenen Larven zu einer Falle findet und es somit in der Gesamtpopulation weitaus mehr Drahtwürmer als 12 Larven/m<sup>2</sup> benötigt, um einen messbaren Schaden an den Pflanzen zu sehen. Ähnlich lautet ein Hinweis von Furlan (2005b), nach dem in einem unveröffentlichten Versuch 10-20 *A. ustulatus* notwendig waren, um zwei Salatpflanzen zu vernichten. Nach eigenen Beobachtungen ist Salat deutlich anfälliger als Mais. Furlan (2011) setzt die Schadschwelle für diese Drahtwurm-Art in Mais auf 5 DW/Falle.

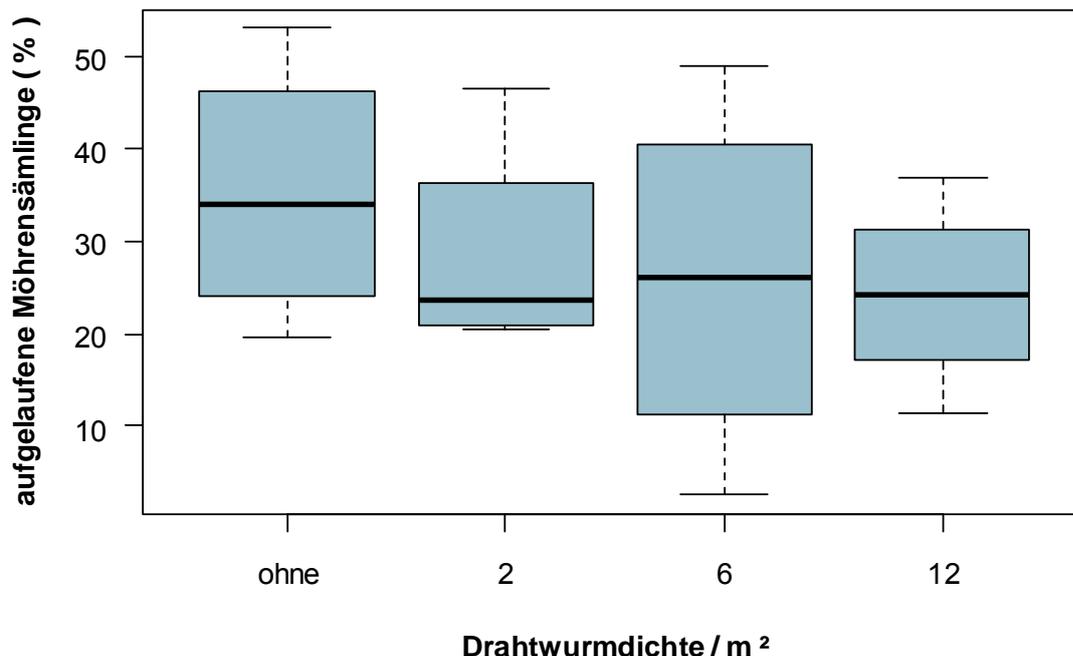


Abbildung 6.26: Auflafraten von Möhrensämlingen in Bezug zur Drahtwurmdichte

### Laborversuche

Die Frage nach einem unterschiedlichen Schadpotenzial der Drahtwurm-Arten wurde im weiteren Projektverlauf für die Beispielkulturen Salat, Möhre, Bohne und Kohlrabi aufgegriffen. Da die Drahtwürmer größtenteils aus Handgrabungen stammten, war die Größenzusammensetzung sehr heterogen. Das Messen des Kopfkapseldurchmessers zur Bestimmung des Larvenstadiums erwies sich als impraktikabel bei lebenden Tieren und bedeutete einen großen Stressfaktor für die Larven. Daher wurden nach jedem Versuch Länge und Gewicht der einzelnen Drahtwürmer erfasst. Der Zusammenhang beider Parameter ist in Abbildung 6.27 dargestellt. Bei der Analyse dieser Daten ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Arten (Tabelle 6.19). Um Fraßunterschiede auf Grund der Larvengröße rechnerisch auszugleichen, wurde die Fraßleistung für eine normierte Drahtwurmlänge (bezogen auf 1 cm) errechnet und in Abbildung 6.28 bis Abbildung 6.30 dargestellt.

Der Versuch zur Fraßtätigkeit an Buschbohne konnte auf Grund von Messungenauigkeiten nicht ausgewertet werden. Brassicaceen wie Kohlrabi gelten im Allgemeinen als unattraktiv für Drahtwürmer. Umso mehr erstaunt es, dass drei der fünf Arten an den Sämlingen fraßen (Abbildung 6.28). Dabei entstanden bei *A. obscurus* und *A. sordidus* sogar signifikante Unterschiede im Vergleich zur Kontrolle. Insbesondere *A. sordidus* fraß mengenmäßig am meisten, die angefressenen Stellen waren im Gegensatz zu den anderen Arten deutlich sichtbar. Weitere Untersuchungen, ob es sich bei *A. sordidus* tatsächlich um eine Vorliebe für Kohlarten handelt, wären von Vorteil. Auffällig verhielten sich die *A. ustulatus*-Larven im Kohlrabiversuch, welche sich größtenteils von den Sämlingen entfernt auf der Petrischalenoberseite aufhielten.

Die verschiedenen Salatarten gelten allgemein als sehr drahtwurmanfällig und damit vermutlich als beliebte Alternativnahrungsquelle zu Gräsern. Mit Ausnahme von *A. sordidus* fraßen alle Arten an den bereitgestellten Sämlingen (Abbildung 6.29). *A. sputator* und *A. ustulatus* verursachten hierbei eine signifikante Pflanzengewichts-Reduktion im Vergleich zur Kontrolle. Die *A. sordidus*-Larven waren zu einem Drittel aus den Petrischalen geflohen, was eine starke Abneigung gegenüber den Salatsämlingen vermuten lässt. Grundsätzlich kam es

in den Versuchen vereinzelt zu "wandernden" Larven, jedoch belief sich hier die Anzahl auf 1-2 Drahtwürmer von 30 und war damit vernachlässigbar.

Die Möhre gilt ebenso wie Salat als drahtwurmanfällig. Dies konnte im Versuch für alle getesteten Drahtwurm-Arten bestätigt werden (Abbildung 6.30). Zu einer signifikanten Gewichtsreduktion der Möhrenscheiben im Vergleich zur Kontrolle führte jedoch nur der Fraß von *A. obscurus*.

Im Ergebnis der vorgestellten Versuche zur Fraßtoleranz von Gemüsekulturen bestätigten sich die Beobachtungen von Furlan (2011), dass es Unterschiede im Schadpotenzial einzelner Drahtwurmartarten gibt. Insbesondere die Art *A. sordidus* schien sich von den anderen abzuheben durch das Vermeiden von Salat und einem starken Fraß an Kohlrabi. Hier sollte in weiteren Versuchen geklärt werden, ob diese Effekte verallgemeinerbar sind oder nur für die gewählte Larvenpopulation zutrafen.

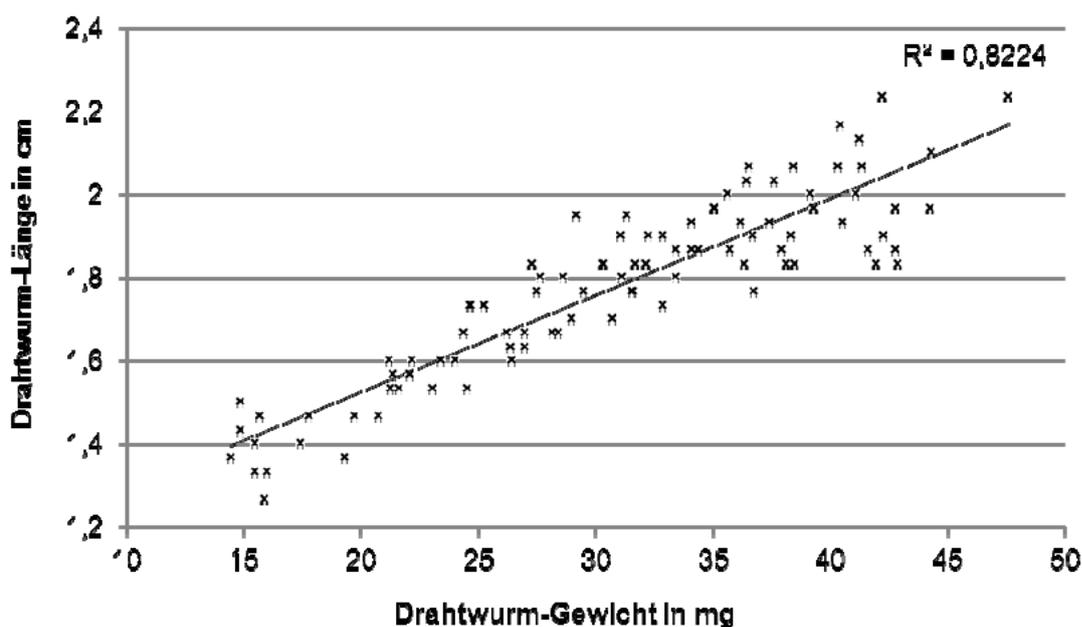


Abbildung 6.27: Korrelation von Drahtwurm-Gewicht und -Länge aller Arten, dargestellt in Mittelwerten aus drei Larven pro Petrischale

Tabelle 6.19: Mittlere Drahtwurm-Länge und -Gewicht pro Art der in den Laborversuchen verwendeten Individuen

Art	Mittlere DW-Länge in cm	Mittleres DW-Gewicht in mg
<i>A. sordidus</i>	1,96 a	35,94 a
<i>A. ustulatus</i>	1,92 a	31,97 ab
<i>A. lineatus</i>	1,77 b	34,67 a
<i>A. obscurus</i>	1,70 b	28,14 bc
<i>A. sputator</i>	1,54 c	22,52 c

Signifikanzen nach Tukey (R), n=60 pro Art

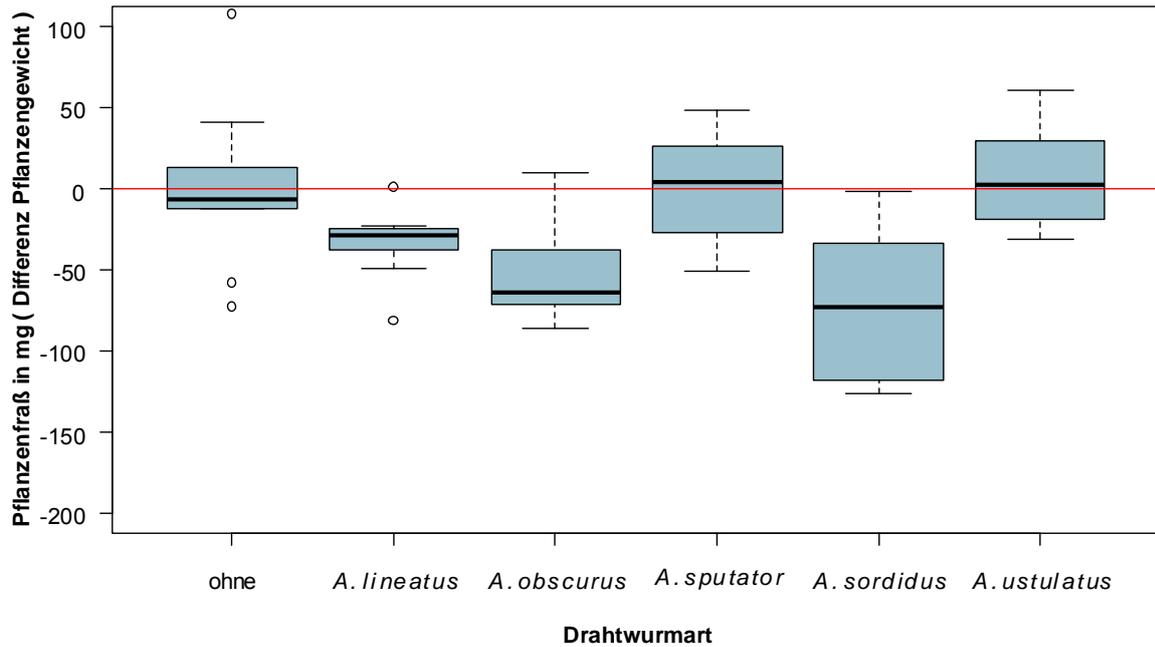


Abbildung 6.28: Gewichtsverlust bei Kohlrabisämlingen nach Fraßtätigkeit verschiedener Drahtwurmartarten über 24 h, Werte korrigiert über normierte Drahtwurmlänge, verrechnet mit Gewichtsschwankungen der Kontrolle ("ohne"), Signifikanzen nach Tukey von li. nach re.: a, ab, b, a, b, a

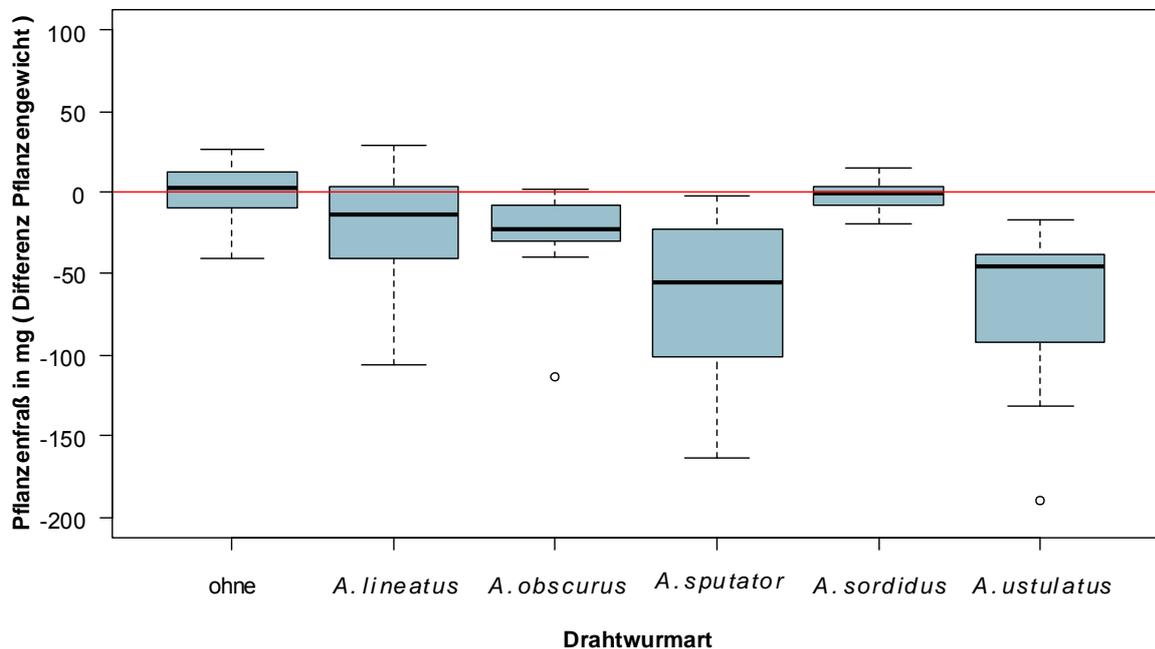


Abbildung 6.29: Gewichtsverlust bei Kopfsalatsämlingen nach Fraßtätigkeit verschiedener Drahtwurmartarten über 24 h, Werte korrigiert über normierte Drahtwurmlänge, verrechnet mit Gewichtsschwankungen der Kontrolle ("ohne"), Signifikanzen nach Tukey von li. nach re.: a, ab, ab, b, a, b

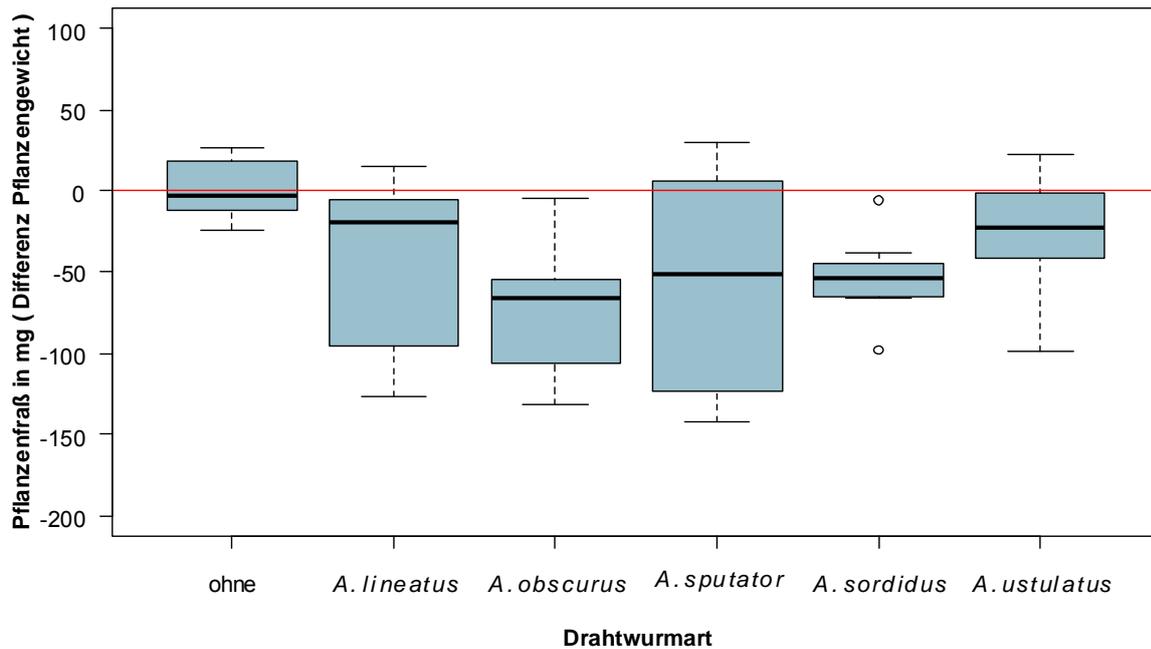


Abbildung 6.30: Gewichtsverlust bei Möhrenscheiben nach Fraßtätigkeit verschiedener Drahtwurmartarten über 24 h, Werte korrigiert über normierte Drahtwurmlänge, verrechnet mit Gewichtsschwankungen der Kontrolle ("ohne"), Signifikanzen nach Tukey von li. nach re.: a, ab, b, ab, ab, ab

### 6.3.1.1.3. Verhaltensbasierte Larvenbestimmung

Die Erfassung folgender Parameter bei 20 °C erwies sich in gewählter Abfolge als beste Kombination, Artunterschiede zu erkennen:

- einmalig die Zeit bis zum halben Eingraben in Sekunden (noch 6 Segmente der Larve sichtbar)
- fünfmal in Folge die Zeit der anfänglichen Bewegungsstarre in Sekunden
- fünfmal in Folge die Bewegungsart (fließend, ruckartig)

Drahtwürmer mit fließenden Bewegungen wirken eher gemächlich und ruhig, während Drahtwürmer mit ruckartigen Bewegungen eher unruhig und schneller wirken bzw. sich stark biegen und winden. Auf dieses Merkmal wurde man erst während des Klimakammerversuches aufmerksam.

Im Klimakammerversuch bei 7, 20 und 27 °C konnten die Verhaltensunterschiede aus vorangehenden Beobachtungen in allen Temperaturstufen in unterschiedlicher Ausprägung bestätigt werden. Die größten Unterschiede wurden in der 20 °C-Variante verzeichnet. Dies ist von großem Vorteil für die praktische Anwendung der Methode, da die Bestimmung einfach bei Raumtemperatur erfolgen kann. Die Ergebnisse der 20 °C-Variante sind in Abbildung 6.31 und Abbildung 6.32 dargestellt. Im direkten Vergleich vergruben sich *Agriotes sordidus* und *A. ustulatus* mit ca. 50 s am schnellsten, gefolgt von *A. sputator* (Abbildung 6.31). *A. lineatus* und *A. obscurus* benötigten die längste Zeit mit ca. 80-90 s. Zudem besaß insbesondere *A. lineatus* bei fast 100 % der getesteten Larven eine ausgeprägte Bewegungsstarre von durchschnittlich 22 s bei 20 °C (Abbildung 6.32). Die Larven von *A. ustulatus* hingegen zeigten nie eine Bewegungsstarre, d. h. sie bewegten sich fortwährend unabhängig der bestehenden Umstände (Abbildung 6.32). *A. obscurus*, *A. sordidus* und *A. sputator* wiesen nur manchmal eine kurze bewegungsfreie Zeit auf. Eine Stichprobe von ca. 10 Larven jeder Art wurde nach dem Versuch zusätzlich mittels PCR (Staudacher et al.

2010) analysiert. Bis auf die Larven der Art *A. sputator* war die Fehlerrate mit 0 bis 8 % sehr gering (Tabelle 6.20). Sämtliche *A. sputator*-Larven waren laut der PCR bis auf ein Individuum entweder *A. obscurus* oder *A. lineatus* (Tabelle 6.20), was die Auswertung der *A. sputator*-Gruppe mit Vorsicht zu genießen lässt. Hierbei sei angemerkt, dass *A. sputator*-Larven in Beobachtungen stets ein sehr variables Verhalten zeigten und zudem auch nach morphologischen Merkmalen zwischen *A. obscurus* und *A. lineatus* liegen, was eine Bestimmung sehr erschwert.

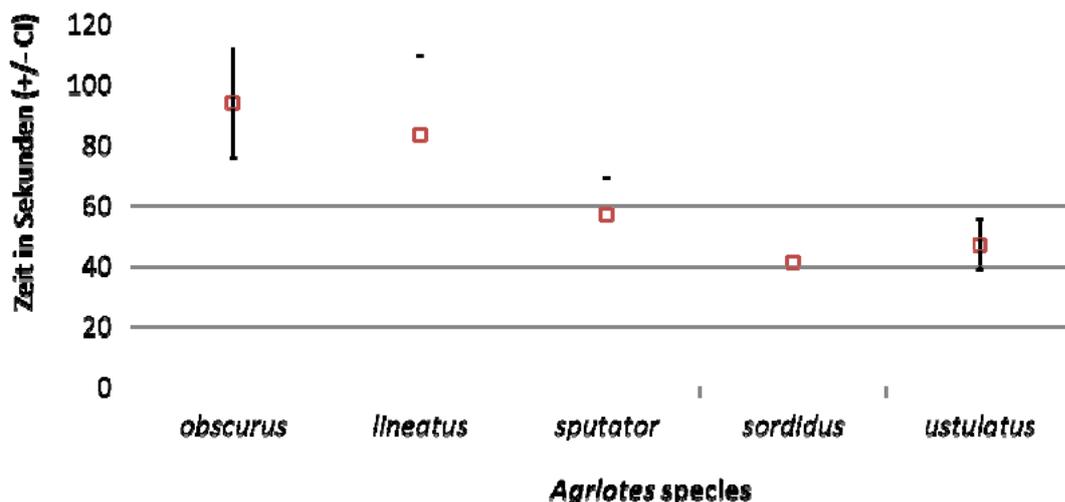


Abbildung 6.31: Mittlere Eingrabezeit [s] verschiedener *Agriotes*-Larven bei 20 °C im Klimakammerversuch

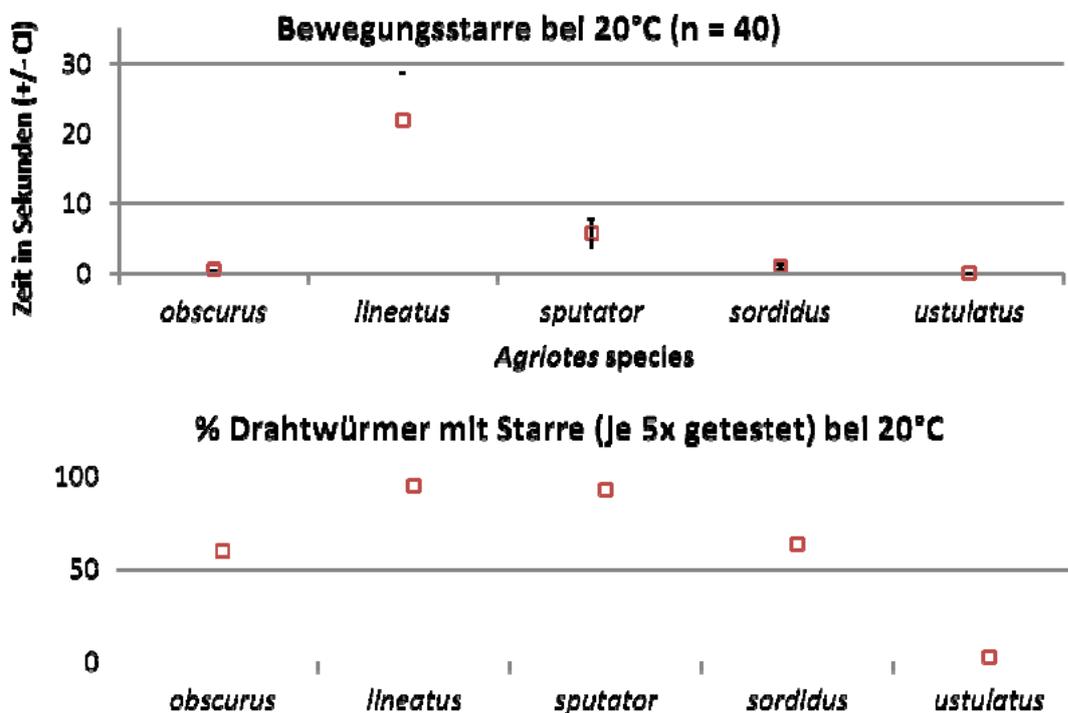


Abbildung 6.32: Bewegungsstarre [s] (oben) und prozentualer Anteil Dahtwürmer, die eine Bewegungsstarre aufwiesen (unten) von verschiedenen *Agriotes*-Larven bei 20 °C

**Tabelle 6.20: Fehlerquote [%] der verschiedenen Bestimmungsmethoden zueinander**

<b>Agriotes-Art</b>	<b>Fehlerquote in %</b>	
	<b>morphologisch zur PCR</b>	<b>Verhalten zu morphologisch</b>
lineatus	8,3	25,2
obscurus	5,9	32,6
sputator	90,0	1,7 <sup>1</sup>
sordidus	0,0	9,2
ustulatus	0,0	21,6

<sup>1</sup> Verhalten sehr variabel

Die Auswertung der Blindstudie zu einem vorläufigen Bestimmungsschlüssel zeigte vor allem, dass es für die Beurteilung der Merkmale von großer Bedeutung war, ob die Testperson bereits zuvor Drahtwürmer beobachtet hatte oder nicht. So erzielten Personen mit vorheriger Drahtwurm-Erfahrung eine mittlere Trefferquote von 73 %, während Personen ohne Erfahrung eher zufällig den einen oder anderen Wurm richtig einordneten (Tabelle 6.21). Insbesondere der Parameter "Bewegungsart" war schwer zu deuten, wenn noch nicht bekannt war, was der Unterschied von "ruckartig" und "fließend" ist. Die höchsten Trefferquoten wurden von Nichterfahrenen bei den Arten *A. lineatus* und *A. ustulatus* erzielt, welche grundsätzlich ein sehr markantes Verhalten zeigen. Dies spiegelt sich auch in einem Entscheidungsbaum auf Grundlage der Daten aus der Blindstudie wieder (Abbildung 6.33). Dieser wurde als neue vorläufige Bestimmunggrundlage erstellt. Ein endgültiger Bestimmungsschlüssel mit Verhaltenskriterien der 5 verschiedenen *Agriotes*-Arten wird in einer laufenden Promotion fertiggestellt.

**Tabelle 6.21: Auswertung der Blindstudie zur verhaltensbasierten *Agriotes*-Larvenbestimmung**

<b>Drahtwurm-Erfahrung</b>	<b>Anzahl Personen</b>	<b>Art-Entscheidung richtig (n=10) (Mittelwert ± SD)</b>
ja	3	73 ± 5 %
nein	6	38 ± 13 %

## Entscheidungsbaum

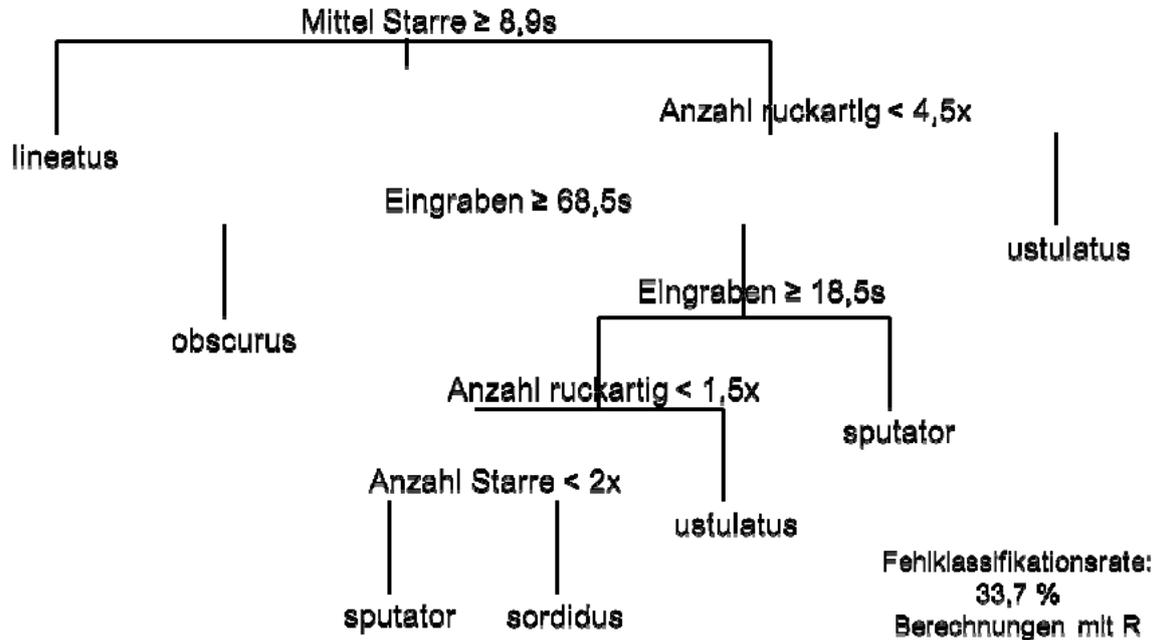


Abbildung 6.33: Entscheidungsbaum zu Verhaltensmerkmalen der verschiedenen *Agrotis*-Larven auf Grundlage der Daten der Blindstudie, Vorgehensweise: bei Zutreffen des Merkmals über der Gabel wird nach links gegangen, Merkmal für Bestimmung sicher nutzbar bis zur 3. Ebene (*obscurus*)

### 6.3.1.2. Erdräupen (*Agrotis segetum*)

#### 6.3.1.2.1. Befallsprognose

Im Rahmen des Teilvorhabens wurde von 2009 bis 2011 ein in Dänemark entwickeltes und an dortige Klimaverhältnisse angepasstes Prognosemodell (Mikkelsen & Esbjerg, 1981) auf seine Vorhersageleistung an verschiedenen Standorten in Deutschland getestet. Ein erster Schritt der Modellevaluierung bestand in der Gegenüberstellung der mittels eigener Versuchsdaten errechneten Modellparameter und den von Mikkelsen & Esbjerg vorgeschlagenen Originalparametern (Tabelle 6.22). Die Größenordnung der einzelnen Parameter war im Wesentlichen identisch, was auf eine grundsätzliche Übertragbarkeit des Prognosemodells hindeutet. Lediglich der Parameter PD6 (Anzahl Regentage im Juni) wich signifikant von der Originalparametrisierung ab. Dies deutet darauf hin, dass dieser Wetterparameter in Dänemark einen größeren Einfluss auf die Mortalität der Erdräupen ausgeübt hat als an den getesteten deutschen Standorten. Bei der Signifikanz der einzelnen Parameter fällt nur ein Wert auf, der nach der Analyse nicht signifikant war (P11L, Summe Niederschlag im November des Vorjahres). Dieser Parameter könnte demnach entfallen.

**Tabelle 6.22: Modellparametrisierung anhand eigener Versuchsdaten unter Vergleich mit den Originalparametern von Mikkelsen & Esbjerg (1981), lineares Modell, Alpha = 0,05**

Parameter	Parameter- wichtung nach Mikkelsen & Esbjerg	Wichtung nach Messwerten	Konfidenzintervall		Signifikanz P
			2,5%	97,5%	
CWL (Befall Vorjahr)	0,35	0,26	0,07	0,45	0,0102 *
T7 (Mittel Temp. <sup>1</sup> Juli)	0,42	0,56	0,33	0,80	0,0002 ***
P234 (Summe NS <sup>2</sup> Febr.- Apr.)	-0,02	-0,03	-0,03	-0,02	0,0001 ***
P5 (Summe NS Mai)	-0,04	-0,03	-0,04	-0,02	0,0000 ***
PD6 (Anz. <sup>3</sup> Regentage Juni)	-0,31	-0,17	-0,25	-0,09	0,0003 ***
PD7 (Anz. Regentage Juli)	-0,24	-0,23	-0,33	-0,12	0,0005 ***
PD8 (Anz. Regentage Aug.)	-0,06	-0,08	-0,15	-0,01	0,0307 *
P11L (Summe NS Nov. Vorjahr)	-0,01	0,00	-0,02	0,01	0,4741

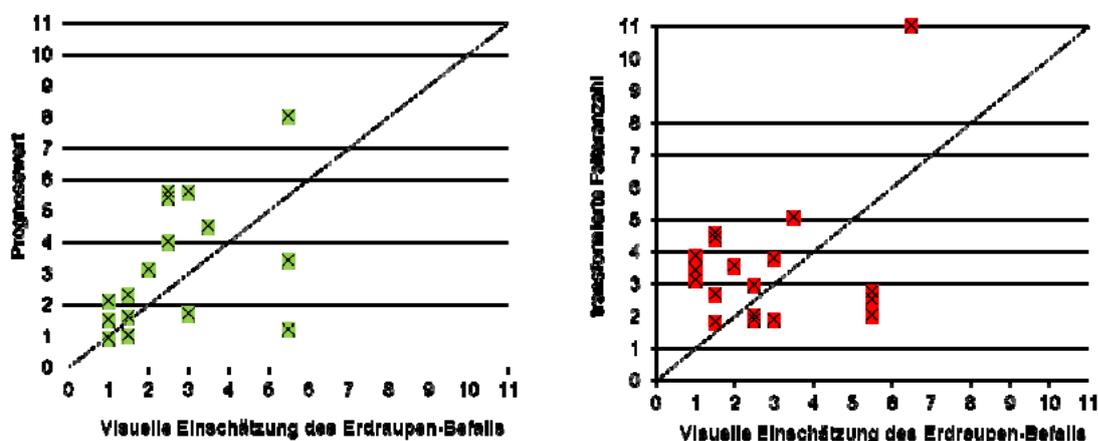
<sup>1</sup> Temp. = Temperatur

<sup>2</sup> NS = Niederschlag

<sup>3</sup> Anz. = Anzahl

Es bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem nach Mikkelsen & Esbjerg berechneten Prognosewert und dem visuell erfassten Schaden (Kendall-Rangkorrelationstest,  $P=0,03$ ). Jedoch gab es keinen engen Zusammenhang zwischen beiden Werten ( $\tau=0,36$ ), d.h. die Vorhersagegüte war gering.

Die Falterfänge in den Trichter-Pheromonfallen standen hingegen nicht in Zusammenhang mit dem visuell erfassten Pflanzenschaden ( $P=0,80$ ) und ist damit nicht für eine Prognose des Befallsniveaus geeignet. Die Falterfänge sind jedoch notwendig, um den Bekämpfungszeitpunkt zu ermitteln (Esbjerg 2003), welcher vom Prognosemodell nicht ausgegeben wird. Als Messgröße wurde die maximale Falteranzahl zum ersten Flughöhepunkt verwendet. Für eine besser vergleichbare Darstellungsweise wurde die Anzahl der Falter auf Basis des größten Falterwertes (150, Breisach) auf eine Skala von 1 bis 11 transformiert. Die grafische Darstellung des Zusammenhangs von Prognosewert bzw. Falterfängen und der visuellen Einschätzung des Befalls findet sich in Abbildung 6.34. Die Auswertung erfolgte mit den Falter-Originalwerten, jedoch ohne den Ausreißer des Standortes Breisach, da dieser aufgrund des extrem hohen Wertes nicht repräsentativ war.



**Abbildung 6.34: Prognosewert (links) und Falteranzahl (transformiert auf den Bereich 1-11, rechts) in Bezug zur visuellen Einschätzung des tatsächlichen Erdraupen-Befalls**

Nach Anpassung des Ursprungsmodells in Bezug auf den tatsächlich erfassten Schaden in anfälligen Kulturen des jeweiligen Standortes (= "visuell") und den gesammelten Wetterdaten, ergibt sich folgendes Modell (mittels backward selection):

$$\text{visuell} = 1,16 + 0,64 \times \text{CWL} + 0,16 \times \text{PD8} - 0,04 \times \text{P11L}$$

**Parameter:**

- visuell = tatsächlich aufgetretener Erdräupenbefall
- CWL = Erdräupenbefall im Vorjahr
- PD8 = Anzahl Regentage im August
- P11L = Summe Niederschlag (mm) im November des Vorjahres

Die Evaluierung dieses Modells mittels 5facher Kreuzvalidierung, ergab einen Vorhersagefehler von  $\Delta = 2,08$  entsprechend einer Werteabweichung von 1,44. In Anbetracht, dass ein Großteil der prognostizierten Werte im Bereich 1 bis 5 lag, ist eine mittlere Abweichung um ca. 1½ Stufen sehr groß und für eine Vorhersage unbrauchbar. Da es sich bei der Skalierung von 1 bis 11 um keinen echten linearen bzw. stetigen Zusammenhang handelt und eine so feingliedrige Einstufung in einer visuellen Schadensbonitur kaum umsetzbar ist, wurden die Werte (CWL, visuell) in 5 Klassen eingeteilt. Nach der Anpassung des Ursprungsmodells über besagte Klassen ergab sich nach der "backward model selection" kein einziger signifikanter Parameter.

**Tabelle 6.23: Einteilung der Boniturnoten des visuell erfassten Erdräupenschadens in 5 Klassen**

Boniturwert	Klasse
1-2	1
2,5 <sup>1</sup> -4	2
4,5-6	3
6,5-9	4
10-11	5

<sup>1</sup> z. T. wurde pro Standort ein Boniturnoten-Bereich angegeben, über welchen für Berechnungen das arithmetische Mittel verwendet wurde

Zur Anwendung des Modells gibt es Diskussionsbedarf grundsätzlicher Art. Ziel der Vorhersage ist es, bereits die Junglarven bekämpfen zu können. Damit liegt der Bekämpfungszeitpunkt etwa im Juni, d. h. dass die für die Berechnung benötigten Wetterdaten im Juni, Juli und August zu spät kommen und damit nicht mehr in die Prognose einfließen können. Zwar hat das Wetter einen großen Einfluss auf die Überlebenschance der L1/L2, dennoch können andere Faktoren wie z. B. die Bodenart oder Landschaftselemente nahe der bewirtschafteten Fläche ebenfalls eine nicht unerhebliche Rolle spielen.

Bei der Nutzung des Modells zur Vorhersage gestaltete sich die einheitliche Erfassung des tatsächlichen Schadens schwierig, da diese wahrscheinlich durch die subjektive Wahrnehmung der verschiedenen Boniteure und durch die Kontrolle in unterschiedlichen befallenen Kulturen beeinflusst war. Da sich z. T. der Befall selbst örtlich stark voneinander unterschied, wären möglicherweise anstatt einer Gesamtbewertung pro Standort z. B. 10 kleinräumigere Bewertungen von je 9 m<sup>2</sup> aussagekräftiger gewesen. Auch stellt sich die Frage, wie weit die Wetterstation vom Befallsort entfernt liegen darf. Sind möglicherweise 10 km Distanz schon nicht mehr aussagekräftig genug? Der Befallsdruck, d. h. die Faltermenge des Beobachtungsjahres wird bei der Prognose nicht beachtet. Wenn jedoch keine oder nur marginal Saateulen in den Fallen gefangen werden, kann unabhängig von Wetterparametern der Befall nicht sehr stark werden, da kein Ausgangspotenzial vorhanden ist. Zudem werden viele der Gemüseanbauflächen zusätzlich bewässert, was die Prognose nachhaltig verändern kann. Nach der Grundlage des Modells wurde ausschließlich mit den natürlichen Wetterverhältnissen gerechnet, da diese Werte im Gegensatz zur schlagspezifischen Bewässerung sehr einfach zu beziehen sind. Die Erfassung der

künstlichen Bewässerung war bei der Mehrheit der Standorte nicht möglich und konnte daher nicht berücksichtigt werden.

Das im Teilvorhaben geprüfte dänische Prognosemodell ergab keine signifikante Korrelation von prognostiziertem und tatsächlich aufgetretenem Erdräupen-Befall beim Test an verschiedenen deutschen Standorten. Auf Grund der Auswertung und der noch vielen offenen Fragen kann keine Empfehlung für dessen Anwendung gegeben werden.

### 6.3.1.2.2. Bekämpfung

#### Entomopathogene Nematoden

Laborversuche e~nema GmbH

Zur Untersuchung der Anfälligkeit verschiedener Larvenstadien von *Agrotis segetum* gegenüber Nematoden wurden vom Kooperationspartner e~nema verschiedene Versuche durchgeführt. Die Junglarven der Wintersaateule erwiesen sich als sehr anfällig gegenüber den drei untersuchten Nematodenarten. Von je 20 behandelten L1/L2-Larven waren nach 7 Tagen selbst bei einer Dosis von nur 2 Nematoden pro Larve über 60 % der Erdräupen gestorben. Dabei wirkten die *Steinernema*-Arten tendenziell besser (Abbildung 6.35). Die visuelle Kontrolle der zum Fraß beigelegten Salatblätter bezeugte ebenfalls die Wirkung der Nematoden. Während die Drahtwürmer in der unbehandelten Kontrolle das Salatblatt komplett vertilgten, waren in den Nematodenbehandlungen noch mehr als die Hälfte der Salatblattfläche übrig (Abbildung 6.36).

Die Anfälligkeit von L3-Erdräupen gegenüber Nematoden war etwas geringer. Dabei war die Wirkung von *S. feltiae* mit 90% höher als die Wirkung von *S. carpocapsae* und *H. bacteriophora* (70% für beide Arten, Abbildung 6.37).

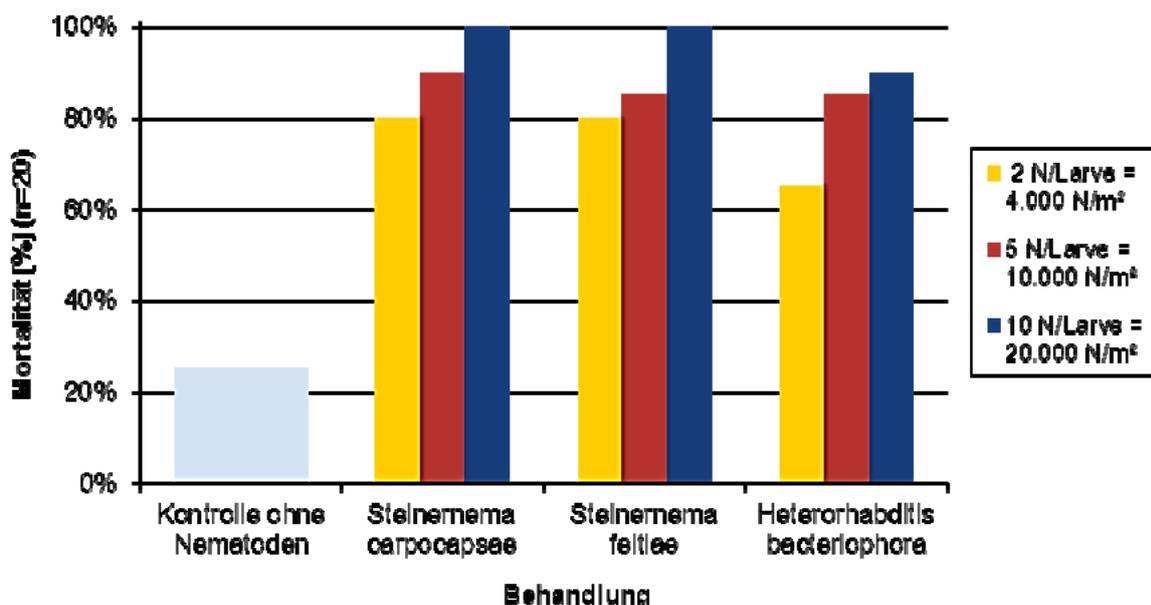


Abbildung 6.35: Mortalität [%] von *Agrotis segetum* L1/L2-Larven im Laborversuch 7 Tage nach Behandlung mit verschiedenen Nematodenarten in verschiedenen Dosierungen (entsprechend 4.000, 10.000 und 20.000 Nematoden/m²)



Abbildung 6.36: Fraßschaden an Salatblättern durch *Agrotis segetum* L1/L2-Larven nach 7-tägiger Inkubation mit und ohne Nematodenbehandlung

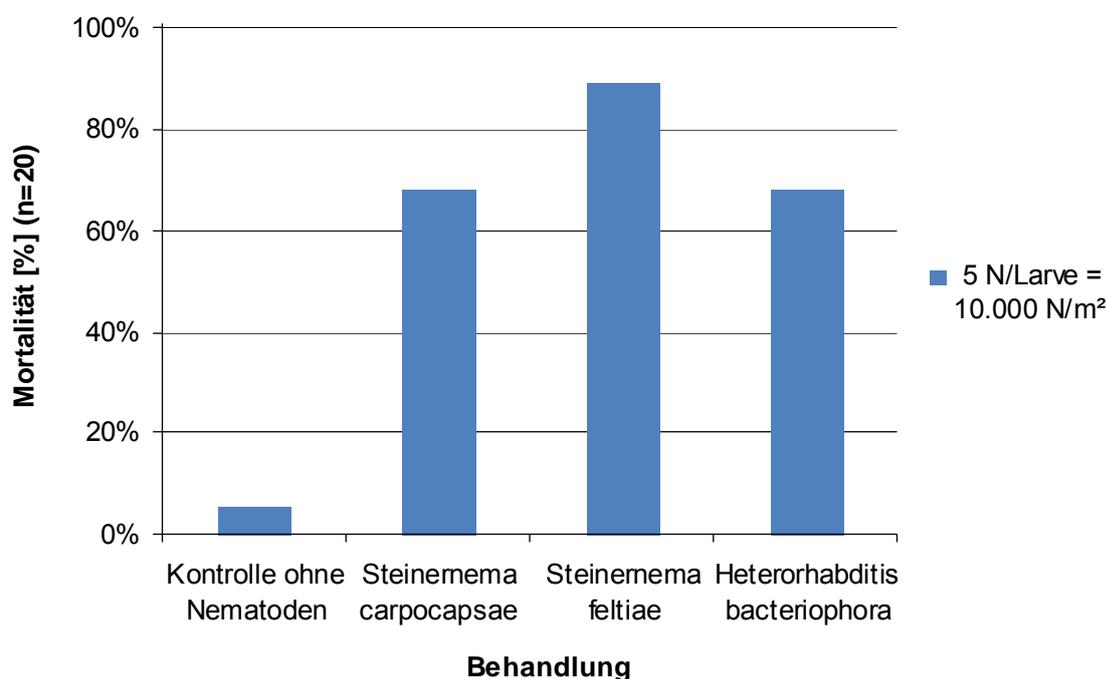


Abbildung 6.37: Mortalität von L3-Larven von *A. segetum* 7 Tage nach Behandlung mit verschiedenen Nematodenarten, 5 Nematoden pro Larve (entsprechend 10.000 Nematoden/ m<sup>2</sup>)

Die L4-Larven von *A. segetum* waren deutlich weniger anfällig gegenüber den Nematoden. Bei einer Behandlung mit 10 Nematoden pro Larve waren hier nach 7 Tagen nur knapp 30 % der Erdräupen gestorben. Erst eine Erhöhung der Dosis auf 50 Nematoden pro Larve resultierte in ähnlich hohen Mortalitäten wie bei den jüngeren Larvenstadien (Abbildung 6.38).

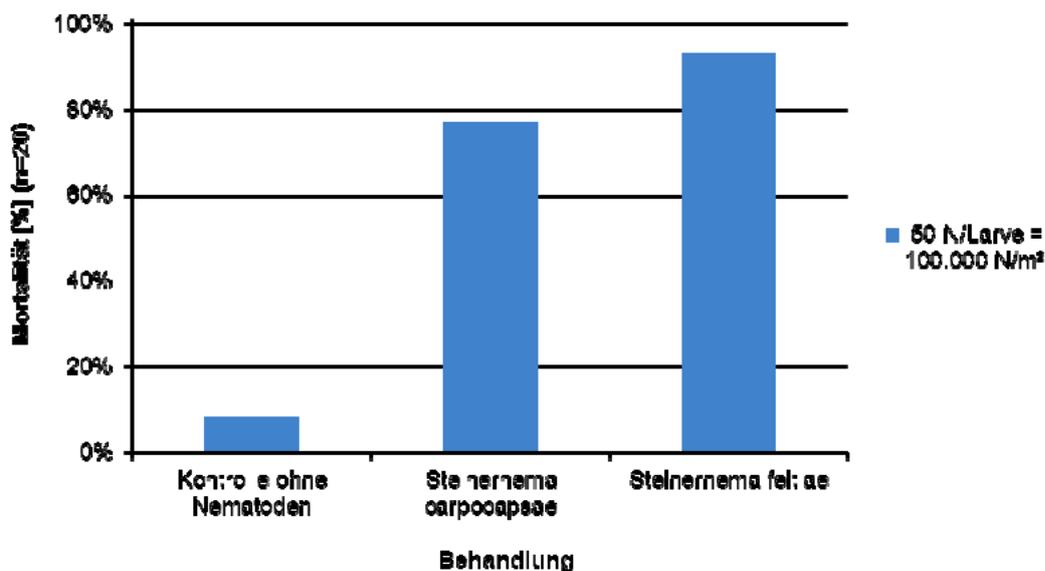


Abbildung 6.38: Mortalität [%] von *A. segetum* L3-Larven 7 Tage nach Behandlung mit verschiedenen Nematodenarten, 5 Nematoden pro Larve (entsprechend 10.000 Nematoden/ m<sup>2</sup>)

In der zweiten Versuchsreihe unter naturnäheren Bedingungen an Maispflanzen bestätigte sich die Wirkung der Nematoden gegenüber Erdräupen. Jedoch war hier eine noch höhere Dosis (1.200 bis 1.400 Nematoden pro 100 cm<sup>2</sup> entsprechend 120.000 bzw. 140.000 Nematoden/m<sup>2</sup>) nötig, um den Schaden an den Maispflanzen einzuschränken (Abbildung 6.39 und Abbildung 6.40).

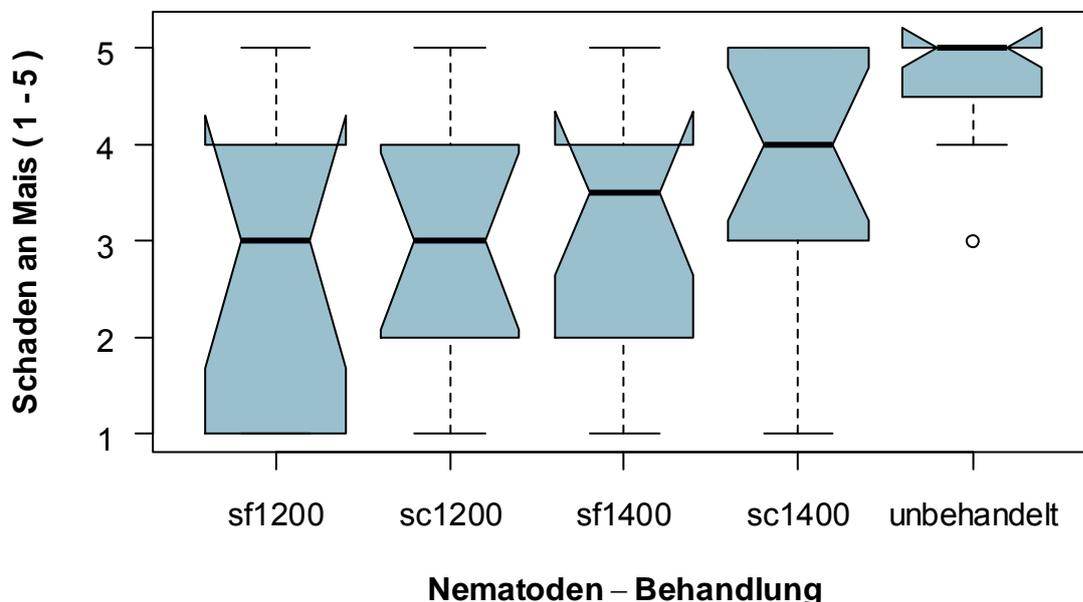
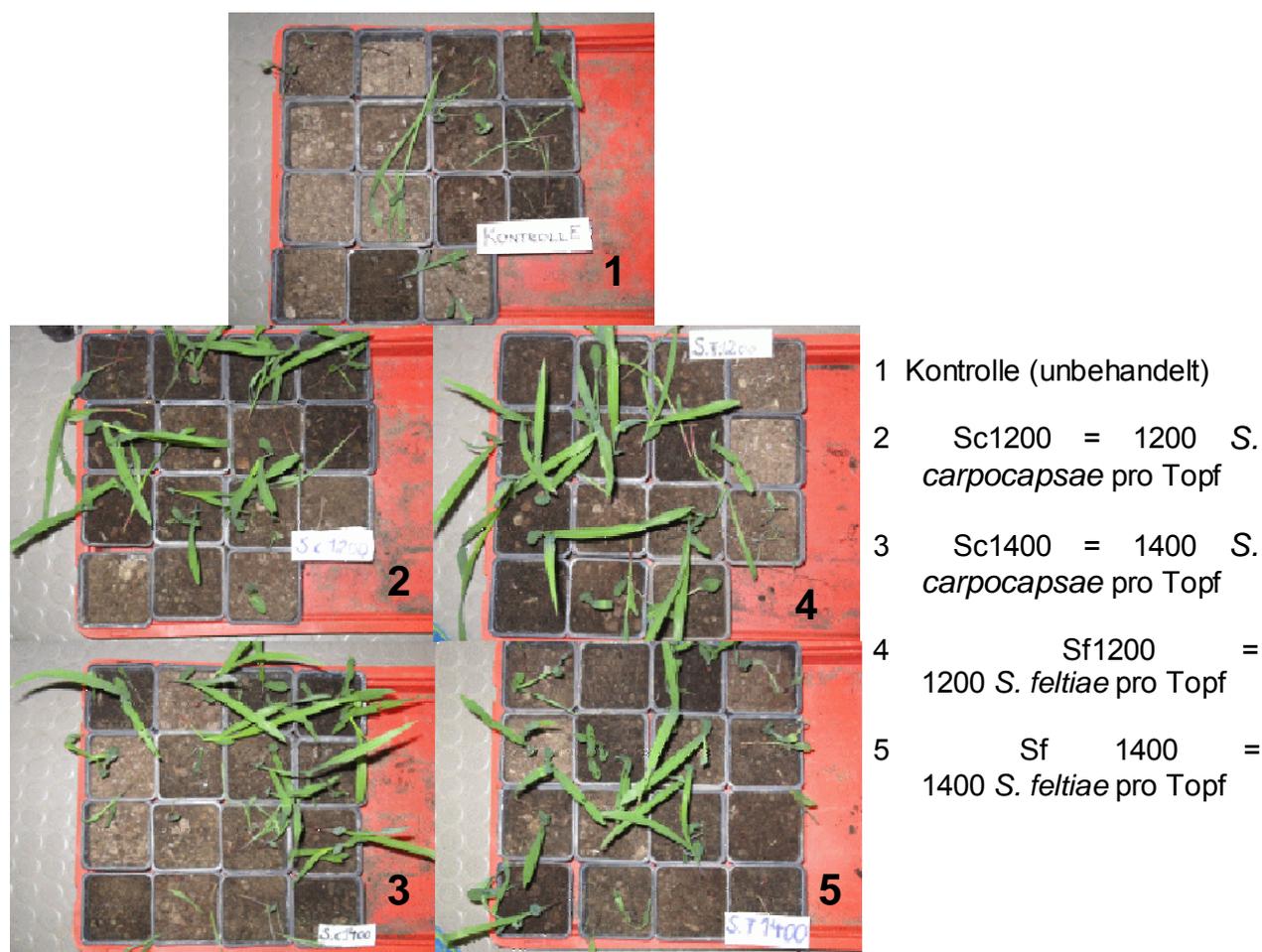


Abbildung 6.39: Schäden an Maispflanzen [Kategorien von 1-5] durch *A. segetum* L4-Larven 7 Tage nach dem Ansetzen der Larven und gleichzeitiger Behandlung mit *S. carpocapsae* (sc) bzw. *S. feltiae* (sf) in zwei Dosierungen (1200 bzw. 1400 pro Topf entsprechend 120.000 bzw. 140.000 Nematoden/m<sup>2</sup>), Boxplot-Diagonalen zeigen Signifikanzen bei Nichtüberschneidung (Notch-Test): a, a, a, a, b



**Abbildung 6.40:** Schäden an jungen Maispflanzen durch *A. segetum*-Larven (L4) ohne und mit Nematodenbehandlung

Die Anfälligkeit von Erdräupen gegenüber entomopathogener Nematoden war erwartungsgemäß hoch, wobei die jüngeren Larvenstadien empfindlicher waren als die L3/L4-Larven. Dabei wirkten die Arten *S. feltiae* und *S. carpocapsae* meist besser als *H. bacteriophora*. Entscheidend für einen erfolgreichen Einsatz von Nematoden in der Praxis wird ein frühzeitiger Behandlungstermin sein. Ein Monitoring mit Befallsprognose bekommt aus dieser Sicht eine zentrale Bedeutung.

#### Freilandversuch mit *Steinernema carpocapsae*

Im Versuch sollte geklärt werden, ob *S. carpocapsae* mit einer Aufwandmenge von nur 100.000 Nematoden/m<sup>2</sup> auch im Freiland gegenüber L4-Erdräupen auch im Freiland noch eine ausreichende Wirkung besitzt.

Die Auswertung nach 4 Wochen (Abbildung 6.41) ergab eine signifikante, wenn auch geringe Befallsreduktion durch die Tauchbehandlung der Pflanzballen im Vergleich zur Kontrolle ( $P = 0,02$ ; General linear model, Tukey), wobei sich beide Nematodenvarianten (Ballen- bzw. Reihenbehandlung) nicht voneinander unterschieden ( $P = 0,90$ ). Eine Behandlung mit dem Insektizid Karate Zeon stellte einen sehr guten Schutz der Pflanzen dar und unterschied sich mit nur 10 % Ausfall deutlich von allen anderen Varianten.

Bei den beiden Nematodenbehandlungen fällt eine vergleichsweise große Streuung auf. Pro Wiederholung betrachtet, erhöhte sich die Bekämpfungswirkung je später die Nematoden angegossen wurden (Ballenbehandlung) bzw. je später die behandelten Pflanzen in den Boden gesetzt wurden (Reihenbehandlung). Der Grund hierfür wird bei den suboptimalen Witterungsbedingungen (sonnig, trocken) während der Pflanzung vermutet. Direkt im Anschluss der Pflanzung erfolgte die Bewässerung der Fläche. Aufgrund der manuellen Nematoden-Ausbringung bzw. des parzellenweisen Bepflanzens wurden die Nematodenvarianten zwar parallel aber die Wiederholungen nacheinander angelegt. Den in Abbildung 6.42 dargestellten Rückgang des Pflanzenausfalls, je zeitnaher zur Bewässerung der Nematodeneinsatz erfolgte, bestätigt den großen Einfluss der Ausbringungsbedingungen auf den Wirkungsgrad der Nematoden. So führten bereits wenige Stunden ungünstiger Bedingungen zu beachtlichen Wirkungsverlusten. Durch diesen zusätzlichen Witterungsfaktor kann keine qualifizierte Aussage über eine ausreichende Wirksamkeit der Nematodenbehandlungen getroffen werden. Jedoch ist ersichtlich, dass der Pflanzenausfall auch bei Altlarven noch durch Nematoden gesenkt werden kann.

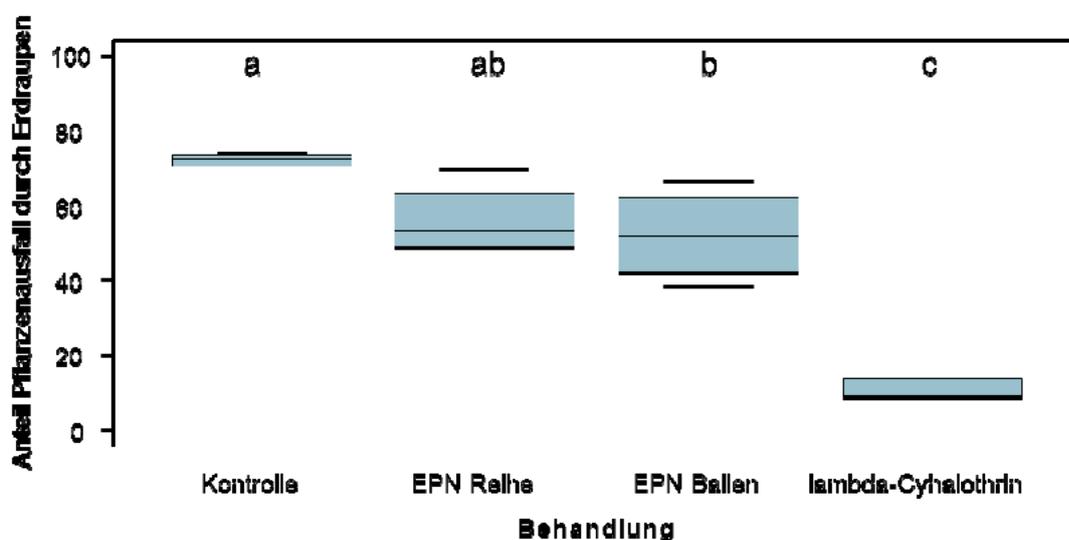


Abbildung 6.41: Prozentualer Pflanzenausfall in Kopfsalat durch L4-Erdräupen im Freiland bei verschiedenen Behandlungsvarianten (EPN = entomopathogene Nematoden, Buchstaben a-c indizieren Signifikanzen nach Tukey)

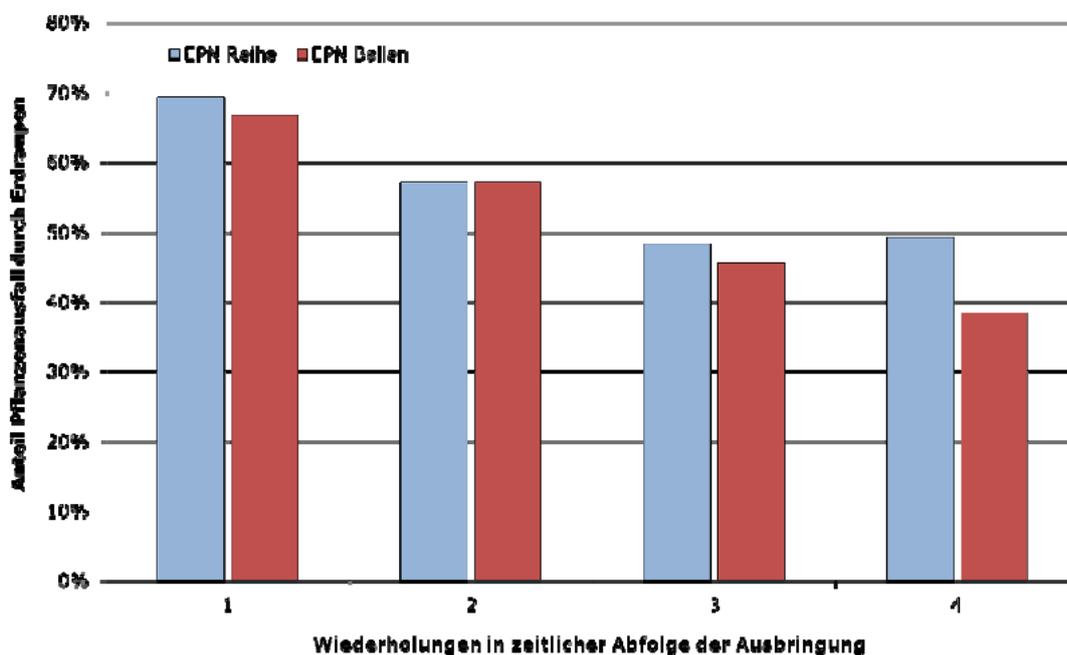


Abbildung 6.42: Prozentualer Pflanzenausfall im zeitlichen Unterschied des Nematodeneinsatzes (ca. 30 min/Parzelle) bei verschiedenen Angießverfahren (EPN = entomopathogene Nematoden)

### Entomopathogene Pilze

Die Wirksamkeit verschiedener, auch kommerziell verfügbarer entomopathogener Pilze wurde gegenüber L2- und L4-Larven in 5 Laborversuchen geprüft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6.24 zusammengefasst. Die beste Wirkung wurde für die Pilze *Isaria fumosorosea* (PreFeRal) und *Evlachovaea* sp. mit jeweils 4 Tagen sowohl für Larven des 2. als auch des 4. Stadiums erzielt (Tabelle 6.25). Bei einigen der Pilz-Isolate war die Zeitspanne bis zum Tod der Hälfte der Versuchstiere (L2) mit über 7 Tagen sehr groß. Diese Werte waren zudem nicht signifikant verschieden von der Kontrolle, vermutlich auf Grund des geringen Stichprobenumfangs. In den Versuchen mit L4-Larven führten alle getesteten Isolate zu einer signifikant höheren Mortalität im Vergleich zur Kontrolle. Allerdings lebten die Larven mit 8-10 Tagen z. T. noch relativ lange, so dass die Verhinderung eines möglichen Schadens durch die Behandlung fraglich wird. Mit einer Mortalitätszeit von nur 4 Tagen in beiden Versuchen besitzt das Präparat PreFeRal ein Potenzial, das sich weiter zu erforschen lohnt.

**Tabelle 6.24: Mortalität von L2- und L4-Larven gegenüber verschiedener entomopathogener Pilze mittels Tauchen in einer Sporensuspension ( $10^7$  Sporen/Lösung)**

entomopathogener Pilz	Isolat/ Stamm	Anzahl Tage bis zum Erreichen von 50 % Mortalität und Signifikanz			
		L2 (n = 5)	P (L2) <sup>1</sup>	L4 (n = 10)	P (L4) <sup>1</sup>
<i>Isaria fumosorosea</i>	Stamm Apopka 97	4	0,015	4	0,000
<i>Evlachovaea</i> sp.	E 1622	4	0,031	4	0,000
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Isolat 43	6,5 <sup>2</sup>	0,034	9 <sup>2</sup>	0,002
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Isolat 79	7,5	0,114	4	0,000
<i>Beauveria bassiana</i>	Stamm ATCC74040	8	0,451	NA <sup>3</sup>	-
<i>Paecilomyces tenuipes</i>	Isolat 1	9,5 <sup>2</sup>	0,779	8 <sup>2</sup>	0,000
<i>Beauveria</i> sp.	Isoliert von <i>Agriotes obscurus</i> 2008	11	0,876	9,75 <sup>2</sup>	0,009
<i>Verticillium lecanii</i>	Isolat 23	11	0,959	NA <sup>3</sup>	-

<sup>1</sup> P-Wert (Signifikanz) ermittelt über Chi-Quadrat-Test, bei 2 Versuchen wurde der schlechtere Wert gewählt

<sup>2</sup> Mittelwert aus 2 Versuchen

<sup>3</sup> NA - nicht untersucht

Die Pilze, von denen bereits kommerzielle Präparate existieren und die außerdem in Laborversuchen am besten gewirkt hatten *M. anisopliae* Isolat JKI-M.a. 43 (Mittel: Metapro) und *I. fumosorosea* (Mittel: PreFeRal), wurden zusätzlich im Gewächshaus getestet. Die Ergebnisse sind in (Abbildung 6.43) dargestellt. Es wurden im Verlauf des Versuches keine signifikanten Unterschiede für den durch Erdraupenfraß verursachten Pflanzenausfall bei den Behandlungen im Vergleich zur Kontrolle festgestellt (Abbildung 6.43). Die Ursache für das Ausbleiben einer Wirkung ist unbekannt.

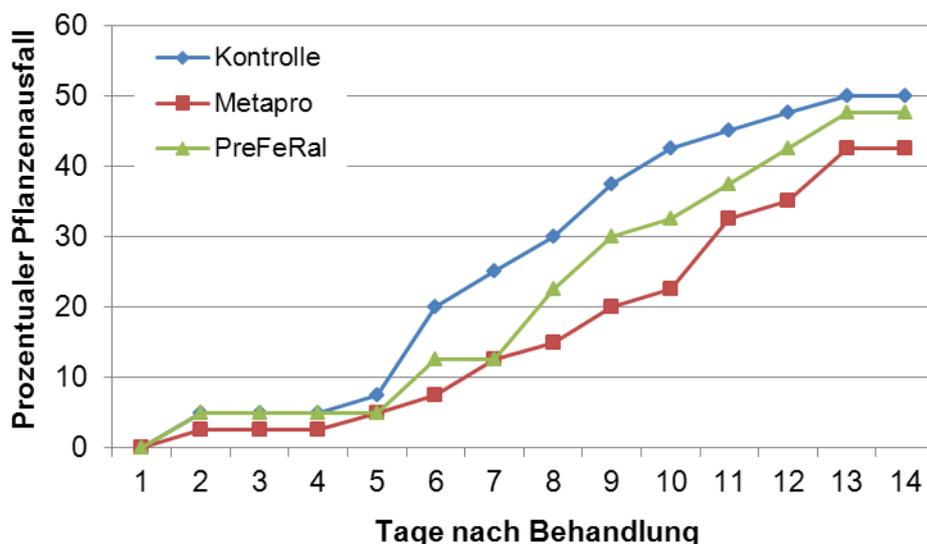


Abbildung 6.43: Versuch zur Bekämpfung von L3-Erdräupen mit zwei Pilzpräparaten unter Gewächshausbedingungen

### ***Insektizide***

Das Ergebnis des Gewächshausversuchs zur Anfälligkeit von Altlarven gegenüber ausgewählten Pflanzenschutzmitteln nach 14 Tagen zeigt Abbildung 6.44. Gegenüber der Kontrolle wurde die beste Wirkung mit 0 % vitalen Raupen und einem steigenden Anteil toter Raupen für die Mittel Steward (Indoxacarb), Runner (Methoxyfenozide) und den Standard Karate Zeon (lambda-Cyhalotrin) nachgewiesen. Eine leichte Wirkung zeigte sich bei SpinTor (Spinosad). Das biologische Mittel XenTari (*Bacillus thuringiensis* ssp. *aizawai*) führte dagegen ebenso wie Wasser nicht zu einer Zunahme apathischer oder gar toter Erdräupen. Am Ende einer zuvor durchgeführten Langzeitstudie eines Vorversuches über einen Monat waren alle der in den Varianten Steward, Runner und Karate Zeon zu Beginn als apathisch eingestuft Erdräupen gestorben, während sich bei SpinTor 45 % der Larven wieder erholten und normal verpuppten.

Die Ergebnisse bestätigen zum einen, dass eine einmalige Anwendung von XenTari im fortgeschrittenen Larvenstadium keinen kurzfristigen Erfolg bringt. Zum anderen verdeutlicht der Versuch, dass das in fast allen Gemüsekulturen zugelassene Mittel Karate Zeon auch gegen Altlarven von *A. segetum* eine sehr gute Wirksamkeit besitzt und somit Erdräupen im konventionellen Anbau wirksam gekämpft werden können. Weiterhin als potenziell geeignet erwiesen sich Runner und Steward, die bisher für eine Erdräupenbekämpfung keine Zulassung besitzen.

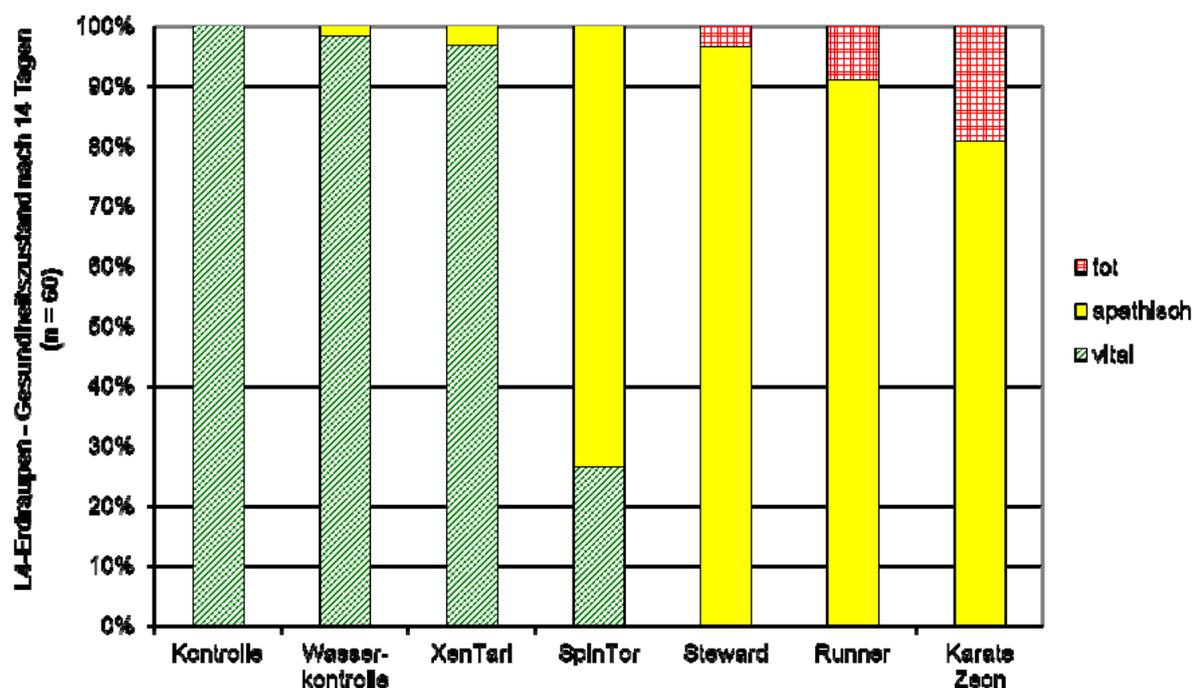


Abbildung 6.44: Gesundheitszustand der L4-Erdraupen 14 Tage nach Behandlung mit verschiedenen Insektiziden

## 6.3.2. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

### 6.3.2.1. Drahtwürmer (*Agriotes* spp.)

#### **Bekämpfung**

Aus den Versuchsergebnissen wurde gefolgert, dass der Einsatz von Einzelpräparaten momentan wenig aussichtsreich ist. Bei einem Großteil der getesteten Produkte (z. B. Neem Cake, SpinTor, Naturalis, Nematoden, BioZell-2000B) konnte keine Wirkung in Bezug auf die Drahtwurm vitalität bzw. Minderung des Fraßschadens an den Pflanzen festgestellt werden. Zukünftige Forschungsaktivitäten sollten daher Wechselwirkungen in den Fokus rücken und verstärkt auf Produktkombinationen setzen. Die im Teilvorhaben erzielten Ergebnisse lassen Kombinationen mit *Metarhizium anisopliae*, Kalkstickstoff oder Insektiziden sinnvoll erscheinen. Für einen effizienten und kostengünstigeren Einsatz der Präparate sollte eine möglichst pflanzennahe Behandlung bzw. eine Ausbringung am Lockort erfolgen. Bei gepflanzten Kulturen ist auch eine Vorbehandlung des Anzuchtsubstrates denkbar.

Geänderte Produktformulierungen, z. B. durch den Zusatz von Lockstoffen oder eine längere Wirkungsdauer im Boden könnten ebenso einen geeigneten Ansatz darstellen. Eine weitere Möglichkeit stellt die "Push-Pull-Strategie" dar, bei welcher die Larven in eine gewünschte Region, z. B. zwischen die Pflanzreihen, gelockt werden und entweder dort gezielt bekämpft oder auf diese Weise zumindest von der angebauten Kultur ferngehalten werden (Vernon & van Herk 2011). Aufgrund seiner repellenten Eigenschaft könnte sich Kalkstickstoff als "Push"-Element eignen. Jedoch ist zu bedenken, dass auf Grund von Phytotoxizität Kalkstickstoff im Gemüsebau in der Regel einige Zeit vor Auflauf bzw. vor der Pflanzung eingearbeitet wird und dadurch der repellente Effekt kaum genutzt werden kann.

Da die Drahtwurm-Arten anscheinend ein unterschiedliches Schadpotenzial (Furlan 2011) sowie eine unterschiedliche Phänologie (Furlan 2005) und Anfälligkeit gegenüber Nutzorganismen (Kölliker et al. 2011) aufweisen, ist zu klären inwieweit eine artspezifische Bekämpfung notwendig ist.

Weiterer Forschungsbedarf wird darin gesehen, die relevanten *Agriotes*-Arten vergleichend hinsichtlich ihres Schadpotenzials zu untersuchen. Daraus sollten artspezifische Schadschwellen für Gemüse- und ackerbauliche Kulturen erstellt werden. Die zu verwendende Ködermethode sowie Zeitpunkt des Einsatzes sollte zur Ermittlung der Schadschwellen unbedingt vereinheitlicht werden.

### **Gemüseproduktion**

Sofern die Möglichkeit besteht, sollte bei Verdacht auf Drahtwurm-Besatz auf tolerante Kulturen wie Brassicaarten zurückgegriffen werden. Im Vergleich zur Aussaat besitzen Gemüsejungpflanzen einen Entwicklungsvorsprung, welcher sie Drahtwurmfraß besser tolerieren lässt. Sofern pflanzenbaulich möglich, sollte das Pflanzverfahren der Aussaat vorgezogen werden. Nach den Versuchsergebnissen zur Fraßtoleranz von Gemüsekulturen ist ein Einfluss der Drahtwurm-Art nicht auszuschließen.

Die allgemeinen Empfehlungen bei Verdacht auf Drahtwurm-Besatz besitzen weiterhin Gültigkeit. Diese umfassen die Untersuchung der entsprechenden Fläche auf Drahtwurm-Vorkommen mittels Spatenproben oder einer geeigneten Ködermethode (z. B. Kartoffelhälften oder Topffallen mit Getreide oder Mais-Getreide-Gemisch) sowie gegebenenfalls das Vermeiden von Klee gras als Fruchtfolgeglied und ein angepasstes Flächenmanagement (Beschränkung der Flächennutzung auf den Anbau toleranter Kulturen, Ausweichen auf befallsfreie Flächen).

#### **6.3.2.2. Erdraupen (*Agrotis segetum*)**

Im konventionellen Gemüseanbau ist eine wirksame Bekämpfung gegenwärtig mit dem Präparat Karate Zeon (lambda-Cyhalothrin) möglich. Langfristig ist die Verfügbarkeit weiterer Wirkstoffe wünschenswert. Als potenziell geeignet erwiesen sich Runner (Methoxyfenozide) und Steward (Indoxacarb).

Im biologischen Anbau existiert momentan keine Bekämpfungssicherheit. Mit entomopathogenen Nematoden oder Pilzen lassen sich zufriedenstellend lediglich L1- und L2-Larven bekämpfen. Um frühzeitig auf den Befall aufmerksam zu werden, sind entweder aufwändige Bestandskontrollen oder ein zuverlässiges Warnsystem erforderlich. Das im Teilvorhaben untersuchte Prognosemodell erwies sich als unzureichend für eine Schadensvorhersage. Dennoch wurde bestätigt, dass die Witterung einen entscheidenden Einfluss auf die Überlebensrate der Junglarven besitzt und damit den Schaden an den Kulturen maßgeblich beeinflusst. Die erhobenen Daten zum Falteraufkommen ließen keinen Rückschluss auf den zu erwarteten Schaden zu. Pheromonfallenfänge sind daher nicht für eine Befallsvorhersage geeignet.

## 6.4. Zusammenfassung

### 6.4.1. Drahtwürmer (*Agriotes* spp.)

Das untersuchte *Metarhizium*-Isolat der Schweizer Bundesforschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon besitzt ein großes Potenzial zur Bekämpfung einiger *Agriotes*-Arten. Selbst mit einer sehr schlechten Keimfähigkeit verursachte es im Laborversuch bei *A. obscurus* eine 93 %ige Mortalität. In einem Freilandversuch mit *A. ustulatus* konnte es den Pflanzenausfall in Kopfsalat um 65 % senken. Da es sich jedoch bei der Entwicklung eines kommerziellen Produktes um einen langwierigen und kostenintensiven Prozess handelt, ist keine kurzfristige Änderung der biologischen Bekämpfungssituation in Sicht. Aufgrund der guten Wirksamkeit und auch weil es bisher keine biologische Bekämpfungsmöglichkeit des Drahtwurms gibt, würde sich eine langfristige Investition in dieses Isolat lohnen.

Kalkstickstoff zeigte in Laborversuchen eine kurzzeitige repellente, aber keine abtötende Wirkung auf Drahtwürmer. Einen vernachlässigbaren oder keinen Effekt brachten die Präparate NeemCake (Dünger), Naturalis, SpinTor (Pflanzenschutzmittel) und BioZell-2000B (Pflanzenstärkungsmittel) in einem Freilandeinsatz. Die adulten Elateriden (Schnellkäfer) zeigten im Vergleich zu den Larven eine höhere Empfindlichkeit gegenüber Nematoden unter Laborbedingungen. Die Abtötung der Schnellkäfer war mit *S. carpocapsae* möglich. Die Entwicklung einer Schnellkäferfalle zur Bekämpfung erscheint jedoch erst sinnvoll, wenn es gelingt, vor allem die Weibchen anzulocken, um eine Eiablage durch Infektion der weiblichen Individuen verhindern zu können.

Untersuchungen zur Anfälligkeit von Gemüsekulturen ergänzen und präzisieren die bisher bekannten allgemeinen Angaben. Dadurch ergeben sich neue Bewertungen. So wird Knollenfenchel als Säkultur weiterhin als anfällig, die Jungpflanze allerdings nur als mäßig anfällig eingestuft. Buschbohne galt bislang als fraßtolerant. Da sich jedoch in Freilandversuchen z. T. deutliche Fraßschäden an den Sämlingen zeigten, was zumeist entweder zum Absterben der Pflänzchen oder zu Wuchsdepressionen führte, wird die Buschbohne jetzt als mäßig anfällig beurteilt. Ergänzt wurden Angaben zu Kürbis (fraßtolerant), Rote Rübe und Spinat (mäßig anfällig) und Feldsalat (anfällig). In Laborversuchen zur Fraßtoleranz bestätigten sich die Beobachtungen von Furlan (2011), dass es Unterschiede im Schadpotenzial der einzelnen *Agriotes*-Arten gibt. Insbesondere *A. sordidus* schien sich von den anderen Arten abzuheben durch das Bevorzugen von Kohlrabi und die Meidung von Salat. Hier sollte in weiteren Versuchen geklärt werden, ob diese Effekte verallgemeinerbar sind oder nur für die gewählte Larvenpopulation zutrafen.

Versuche zur Verhaltensanalyse der Larven bestätigten artspezifische Unterschiede. Diese Unterschiede legen den Grundstein für einen möglichen Bestimmungsschlüssel.

### 6.4.2. Erdräupen (*Agrotis segetum*)

Charakteristisch für den Schädling ist das unregelmäßige und meist regionale Auftreten. Da in den vergangenen Jahren nur vereinzelt lokal starke Schäden auftraten, wurde der Erdräupen-Bekämpfung keine weitreichende Aufmerksamkeit gewidmet. Die Verfügbarkeit eines Prognosemodells, welches in der Lage ist, Erdräupen-Befall sicher vorherzusagen, würde gute Bekämpfungserfolge durch eine rechtzeitige Behandlung ermöglichen. Beim Auffinden später Larvenstadien ist zum einen der Schaden bereits entstanden und zum anderen eine Bekämpfung nur noch sehr eingeschränkt möglich. Das im Projekt geprüfte dänische Prognosemodell stellt einen ersten Ansatz dar, den Erdräupen-Befall vorherzusagen. Es gab eine signifikante Korrelation von prognostiziertem und tatsächlich aufgetretenem Befall. Der Zusammenhang war jedoch von geringer Güte, was eine geringe Vorhersagequalität des Modells erwarten lässt. Die Anzahl *A. segetum* in den

Pheromonfallen stand nicht in Zusammenhang mit dem nachfolgenden Befall und kann daher zumindest nicht als alleiniger Parameter zur Schadensvorhersage dienen.

Während des Teilvorhabens wurden verschiedene Bekämpfungsansätze, wie der Einsatz von entomopathogenen Nematoden und Pilzen oder von Insektiziden, auf ihre Wirksamkeit gegen Erdräupen untersucht. Laborversuche mit verschiedenen Nematodenarten (e~nema GmbH) zeigten, dass nicht nur die Junglarven sehr anfällig waren, sondern auch, dass selbst die Altlarvenstadien mit einer geringeren als der Standarddosis von 500.000 Nematoden/m<sup>2</sup> gut zu bekämpfen waren. L4-Erdräupen wiesen bereits bei 100.000 Nematoden/m<sup>2</sup> 7 Tage nach Behandlung hohe Mortalitätsraten von ca. 80-90 % auf. Ein Freilandversuch mit Nematoden zur Bekämpfung von L4-Erdräupen ergab selbst unter ungünstigen Ausgangsbedingungen (geringe Nematodendichte, ungünstige Witterung zum Ausbringungszeitpunkt) eine signifikante Befallsreduktion durch den Einsatz von *Steinernema carpocapsae* als Ballenbehandlung der Jungpflanzen im Vergleich zur Kontrolle. Dabei unterschieden sich beide Nematoden-Angießverfahren (Ballen- oder Reihenbehandlung) nicht signifikant voneinander.

In Laborversuchen mit unterschiedlichen Pilzisolaten wiesen die Erdräupen unter direktem Kontakt mit den Sporen sehr hohe Mortalitätsraten auf. Dennoch unterschieden sich die Larven-Mortalitäten in einem Gewächshausversuch mit Salat und den Mitteln PreFeRal (*Paecilomyces fumosoroseus* Isolat 11) und Metapro (*Metarhizium anisopliae* Isolat 43) nicht im Vergleich zur Kontrolle.

Die Anfälligkeit von L4-Erdräupen gegenüber ausgewählten Insektiziden wurde in einem Gewächshausversuch ermittelt. Die beste Wirkung wurde bei Steward (Indoxacarb), Runner (Methoxyfenozide) und dem Standard Karate Zeon (lambda-Cyhalotrin) erzielt. SpinTor (Spinosad) zeigte eine geringe Wirksamkeit, wobei sich in einem Langzeitversuch ein Teil der avitalen Larven wieder erholte. Bei XenTari (*Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai*) konnte kein Effekt auf die Mortalität von Altlarven nachgewiesen werden.

## **6.5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; ggf. mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen**

Gesamtziel des Teilvorhabens war die Entwicklung oder Weiterentwicklung von Strategien zur Bekämpfung bzw. Regulierung von Drahtwürmern und Erdräupen im Freilandgemüsebau. Eine Übersicht über die einzelnen Teilaspekte ist in Tabelle 6.24 aufgeführt. Grundsätzlich wurden alle Projektziele erreicht und deren Ergebnisse in Publikationen und Präsentationen vorgestellt und diskutiert.

Die Ermittlung von allgemeinen Drahtwurm-Schadensschwellen für die Eignung befallener Flächen zum Anbau von Gemüsekulturen gestaltet sich grundsätzlich schwierig, da bisher keine einheitliche Methode für die Bestimmung der Larven-Befallsdichte eines Feldes existiert und diese Befallsdichte sowohl räumlich als auch zeitlich stark variieren kann. Zudem wird vermutet, dass die verschiedenen Drahtwurm-Arten ein unterschiedliches Schadpotenzial besitzen (Furlan 2011).

Für einen Erdräupen-Bodenfeuchteversuch war in allen Projektjahren der natürliche Befall für Versuchszwecke nicht ausreichend. Die Ausbringung von Erdräupen aus einer Zucht war nicht erfolgreich, da diese nicht vom künstlichen Nährmedium in den Ackerboden überwechselten. In einem darauffolgenden Laborversuch war auf Grund des wasserreichen Futters keine Differenzierung zwischen verschiedenen Bodenwassergehaltsstufen möglich.

**Tabelle 6.25: Gegenüberstellung der geplanten und erreichten Projektziele**

<b>geplant</b>	<b>erreicht</b>
<b>Drahtwurm</b>	
Literaturoauswertung	ja
Bewertung der Fraßtoleranz von Gemüsekulturen	ja
Bestimmung von Schadschwellen	ja <sup>1</sup>
Beurteilung von Bekämpfungsansätzen	
Bodenbearbeitung	ja
Nematoden	ja
sonstige Substanzen	ja
Entwicklung einer verhaltensbasierten Larven-Bestimmungsmethode	ja
<b>Erdräupe</b>	
Literaturoauswertung	ja
Evaluierung eines dänischen Prognosemodells	ja
Bewertung des Einflusses der Bodenfeuchte auf L4-Erdräupen	ja <sup>1</sup>
Beurteilung von Bekämpfungsansätzen	
Nutzorganismen (Nematoden, Pilze)	ja
Pflanzenschutzmittel	ja

<sup>1</sup> Ergebnis nur bedingt verwertbar (siehe Text)

## 6.6. Literaturverzeichnis

Ansari, MA, Shah, FA, Tirry, L, Moens, M, 2006: Field trials against *Hoplia philanthis* (Coleoptera : Scarabaeidae) with a combination of an entomopathogenic nematode and the fungus *Metarhizium anisopliae* CLO 53. Biol. Control. 39 (3): 453-459

Burghause, F & Schmitt, M, 2011: Monitoringergebnisse der Schnellkäfergattung *Agriotes* (Elateridae, Coleoptera) in den Jahren 2008 bis 2010 in Rheinland-Pfalz. Gesunde Pflanzen 63: 27-32

Chabert, A & Blot, Y, 1992: Estimation des populations larvaires de taupins par un piège attractif. Phytoma 436: 26-30

Dedryver, CA, Robin, N, Taupin, P & Thibord, JB, 2009: Lutte contre les taupins: Etat des recherches et des connaissances techniques en France et dans l'U.E., Voies de recherche à privilégier.  
[http://www.inra.fr/les\\_recherches/exemples\\_de\\_recherche/lutter\\_contre\\_les\\_taupins](http://www.inra.fr/les_recherches/exemples_de_recherche/lutter_contre_les_taupins), 28.2.12

Demmler, D, 1999: Wireworms. Increasing spread. Kartoffelbau 50: 40-41

Esbjerg, P, 1992: Temperature and soil moisture – two major factors affecting *Agrotis segetum*, Schiff. (Lep., Noctuidae) populations and their damage. Bulletin IOBC/wprs 15 (4): 82-91

Eidt, DC, Thurston, GS, 1995: Physical deterrents to infection by entomopathogenic nematodes in wireworm (Coleoptera: Elateridae) and other soil pests. *Can Entomol* 127: 423-429

Esbjerg, P, 2003: Cutworm (*Agrotis segetum*) forecasting. Two decades of scientific and practical development in Denmark. *Bulletin IOBC/wprs* 26 (3), 239-244

Esbjerg, P, 1988: Behaviour of 1st and 2nd instar cutworms (*Agrotis segetum* Schiff., Lep., Noctuidae) – the influence of soil moisture. *Journal of Applied Entomology* 105: 295-302

Esbjerg, P, Nielsen, JK, Philipsen, H, Zethner, O, Oogard, L, 1986: Soil moisture as mortality factor for cutworms, *Agrotis segetum*, Schiff. (Lep., Noctuidae). *Journal of Applied Entomology*, 102 (3): 277-285

Fernandes, ÉKK, Keyser, CA, Rangel, DEN, Foster, RN, Roberts, DW, 2010: CTC medium: A novel dodine-free selective medium for isolating entomopathogenic fungi, especially *Metarhizium acridum*, from soil. *Biol. Con.* 4: 197-205

Furlan, L, 2011: The importance of the identification of *Agriotes* larvae to implement IPM in arable crops. *Bull. IOBC/WPRS* 66: 491-494

Furlan, L, 2005a: An IPM approach against the wireworms in maize fields: current possibilities in Europe. *IWGO-Newsletter*, XXVI/1: 44

Furlan, L, 2005b: An IPM approach targeted against wireworms: What has been done and what has to be done. *IOBC/wprs Bulletin* 28(2): 91-100

Furlan, L, 2004: The biology of *Agriotes sordidus* Illiger (Col., Elateridae). *Journal of Applied Entomology* 128 (9/10): 696-706

Furlan, L, 1998: The biology of *Agriotes ustulatus* Schaller (Col., Elateridae). II. Larval development, pupation, whole cycle description and practical implications. *Journal of Applied Entomology* 122 (3/3): 71-78

Furlan, L, 1996: The biology of *Agriotes ustulatus* Schaller (Col., Elateridae). I. Adults and Oviposition. *Journal of Applied Entomology* 120 (5): 269-274

Hoffmann, G, 1991: *Methodenbuch Band I – Die Untersuchung von Böden*, 4. Auflage, VDLUFA-Verlag Darmstadt: 1-5

Jenkins, NE, & Grzywacz, D, 2000: Quality control of fungal and viral biocontrol agents – assurance of product performance. *Biocontrol Science Technol.* 10: 753-777

Jung, K, 2004: Neue Bekämpfungserfahrungen mit *Beauveria brongniartii* zur Regulierung von Waldmaikäferpopulationen in Südhessen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 56: 120-124

Keller, S, Kessler, P, Jensen, DB, Schweizer, C, 2002: How many spores of *Beauveria brongniartii* are needed to control *Melolontha melolontha*? *IOBC/wprs Bull.* 25: 59-64

Kleespies, RG, Ritter, C, Mitkovets, PV, Fatu, A-C, Schuster, C, Zimmermann, G, Burghause, F, Feiertag, S, 2011: Andreas Leclerque A survey of natural, microbial antagonists of wireworms (*Agriotes* spp., Coleoptera: Elateridae) from Germany and Italy. *Journal of Pest Science*, eingereicht

Keller, S, 2000: Use of *Beauveria brongniartii* and its acceptance by farmers. IOBC/wprs Bull. 23: 67-71

Kölliker, U, Biasio, L, Jossi, W, 2011: Potential control of Swiss wireworms with entomopathogenic fungi. Bull. IOBC/WPRS 66: 517-520

Kölliker, U, Jossi, W, Kuske, S, 2008: Evaluation of Swiss isolates of *Metarhizium anisopliae* to control wireworms: Differences in susceptibility among *Agriotes species*. Poster, Annual Meeting of the Society for Invertebrate Pathology, 3-8 August 2008, Warwick University, UK.

Lauenstein G, (1991): Schwellenwerte für tierische Schädlinge - wichtige Bausteine des Integrierten Pflanzenschutzes oder zuverlässiger Notbehelf?. Gesunde Pflanze: 10

Leclerque, A, Kleespies, RG, Ritter, C; Schuster, S; Feiertag, S, 2011: Genetic and Electron-Microscopic Characterization of '*Rickettsiella agriotidis*', a new *Rickettsiella* Pathotype Associated with Wireworm, *Agriotes* sp. (Coleoptera: Elateridae). Current Microbiology 63: 158-163

Mikkelsen, S & Esbjerg, P, 1981: The influence of climatic factors on cutworm (*Agrotis segetum*) attack level, investigated by means of linear regression models. Danish J. Plant Soil Sci. 85: 291-301

Peters, A, 1996: The natural host range of *Steinernema* and *Heterorhabditis* spp. and their impact on insect populations. Biocontrol Sci Technol 6: 389-402

Schepl, U, Paffrath, A, 2010: Der Drahtwurm, ein Schädling auf dem Vormarsch – Möglichkeiten der Regulierung. Bioland-Fachmagazin 02/2010: 1-16; [http://www.oekolandbau.nrw.de/fachinfo/pflanzenbau/kartoffeln/pflanzenschutz/us\\_drahtwurm\\_abschluss\\_feb2010.php](http://www.oekolandbau.nrw.de/fachinfo/pflanzenbau/kartoffeln/pflanzenschutz/us_drahtwurm_abschluss_feb2010.php), 29.02.2012

Staudacher, K, Pitterl, P, Furlan, L, Cate, PC & Traugott, M, 2010: PCR-based species identification of *Agriotes* larvae. Bull Entomol Res: 1-10

Strasser, H, Forer, A, Schinner, F, 1996: Development of media for the selective isolation and maintenance of virulence of *Beauveria brongniartii*. In: T.A. Jackson & TR. Glare (Eds.). Microbial Control of Soil Dwelling Pests. AgResearch, Lincoln, New Zealand: 125-130

Thalinger, B, Staudacher, K, Schallhardt, N, Wallinger, C, Juen, A, Traugott, M, 2011: Trap crops as a means to manage *Agriotes* larvae in maize. IOBC/WPRS Bull 66: 473

Theunissen, J, Fransen, JJ, 1984: Biological control of cutworms in lettuce by *Neoaplectana bibionis*. Meded Fac Landbouw Univ Gent 36: 771-776

van Sloun, P, Sikora, RA, 1986: Control of *Agrotis segetum* and *Delia brassicae* with species of *Steinernema* and *Heterorhabditis*. Proc Int Colloq Invertebr Pathol Microb Control 4: 285-289

Vernon, RS, Kabaluk T, Behringer, A, 2000: Movement of *Agriotes obscurus* (Coleoptera: Elateridae) in strawberry (Rosaceae) plantings with wheat (graminae) as a trap crop. Can Entomologist 132: 1-11

Vernon, RS & van Herk, W, 2011: Wireworm management: mitigating environmental risk with the development of new 'push-pull' strategies. Bull. IOBC/WPRS 66: 463-466

Vidal, S & Petersen, H-H, 2011: Prognosemodell für Fraßschäden. DLG-Mitteilungen 4: 42-45

Zellner, M, Wagner, S, Weber, B, 2003: Integrierter Pflanzenbau in Bayern - Ergebnisse aus Feldversuchen - Versuchsjahre 2001 und 2002, Pflanzenschutz - Blattfrüchte und Mais, Krankheits- und Schädlingsbekämpfung. Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP), 1-7. <http://www.hortigate.de/Apps/WebObjects/Hortigate.woa/vb/bericht?nr=28781> (28.02.2012)

Zimmermann, G, 1986: The ‚*Galleria* bait method‘ for detection of entomopathogenic fungi in soil. J. Appl. Entomol. 102: 213-215

## 6.7. Bisherige Publikation der Ergebnisse

### Veröffentlichungen

Ritter, C, Richter, E: Verbundprojekt zur „Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen Bodenschädlinge“ – Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren zur Bekämpfung von Drahtwürmern und Erdräupen im Gemüsebau, Internetauftritt des Verbundprojektes: <http://www.jki.bund.de/de/startseite/aktuelles/koordinierende-taetigkeiten-ergebnisse-fachtagungen/ble-projekt-bodenschaedlinge.html>, Stand: Febr. 2012

Ritter, C, Richter, E, 2010: Bekämpfung von Erdräupen der Wintersaateule (*Agrotis segetum*) im Gemüsebau. Infoblatt 03/2010: 150-155

Ritter, C, 2010: Den Wurm packen. dlz 04/2010: 44-45

Ritter, C, Katroschan, K-U, 2011: Möglichkeiten der Bekämpfung von Drahtwürmern (*Agriotes* spp.) im Gemüsebau. Infoblatt 4: 209-214

Leclerque, A, Kleespies, RG, Ritter, C, Schuster, S, Feiertag, S, 2011: Genetic and Electron-Microscopic Characterization of ‘*Rickettsiella agriotidis*’, a new *Rickettsiella* Pathotype Associated with Wireworm, *Agriotes* sp. (Coleoptera: Elateridae). Current Microbiology 63: 158-163

Ritter, C, Katroschan, K-U, Richter, E, 2011: Alternative methods to control wireworms (*Agriotes* spp., Coleoptera: Elateridae) in vegetable production – potential of calcium cyanamide and *Metarhizium anisopliae*. IOBC/WPRS Bulletin 66: 521-524

### Poster

Ritter C, Knölck, I: Integrierte Bekämpfung des Drahtwurms (*Agriotes* sp.) in Kopfsalat (*Lactuca sativa*). Feldtag GKZ, Gülzow, 07.07.2009

Kleespies, RG, Ritter, C, Leclerque, A, 2010: Natural Infection of *Agriotes* sp. with *Rickettsiella* bacteria. SIP-Tagung (Society for Invertebrate Pathology), Trabzon, Turkey, 11.-15.7.2010

Ritter C, Richter, E: Die Bekämpfung von Drahtwürmern (*Agriotes* sp.) im Gemüsebau. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 08.09.2010

Schuster, C, Ritter, C, Kleespies RG, Feiertag, S, Leclerque, A, 2010: Natural infection of wireworm, *Agriotes* sp. (Coleoptera; Elateridae), with *Rickettsiella* bacteria. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 08.09.2010

Ritter, C, Richter, E, Katroschan, K-U: Beurteilung des Schadpotenzials der Wintersaateule (*Agrotis segetum*). Feldtag GKZ, Gülzow, 28.06.2011

### Vorträge

- 03.12.2008 Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren zur Bekämpfung von Drahtwürmern und Erdräupen im Gemüsebau. Fachgespräch Drahtwurm, Freising
- 09.12.2008 Informationen zur Bekämpfung von Drahtwurm und Erdräupe bei Gemüsekulturen (Projektvorstellung und erste Ergebnisse). 27. Tagung des Arbeitskreises „Nutzarthropoden und Entomopathogene Nematoden“, Braunschweig
- 03.02.2009 Bekämpfung von Drahtwurm und Erdräupe in Gemüsekulturen (Projektvorstellung). Versuchsbeirat, Gülzow
- 23.04.2009 Bekämpfung von Drahtwurm und Erdräupe in Gemüsekulturen (Ergebnisse 2008). Doktorandentag Universität Rostock, Rostock
- 01.12.2009 Bekämpfung von Drahtwurm und Erdräupe in Gemüsekulturen (Ergebnisse 2009). Fachberatertagung, Gülzow
- 03.12.2009 Bekämpfung von Drahtwurm und Erdräupe in Gemüsekulturen (Ergebnisse 2009 und Ausblick 2010). 3. Koordinationssitzung des Verbundprojektes Bodenschädlinge, Bad Kreuznach
- 19.01.2010 Bekämpfung von Drahtwurm und Erdräupe in Gemüsekulturen (Ergebnisse 2009 und Schwerpunkte 2010). Phytomedizin-AG-Seminar Universität Rostock, Rostock
- 25.02.2010 Die Bekämpfung von Drahtwürmern (*Agriotes* spp.) in Gemüsekulturen (Ergebnisse 2009 und Schwerpunkte 2010). 20. Tagung der Projektgruppe „Schädlinge in Getreide und Mais“, Braunschweig
- 23.06.2010 Die Bekämpfung von Drahtwürmern im Gemüsebau (Ergebnisse 2009 und Ausblick 2010). Doktorandentag Universität Rostock, Rostock
- 09.12.2010 Drahtwurm und Erdräupe – Zusammenfassung der wichtigsten Projektergebnisse aus 3 Jahren. 4. Koordinationssitzung des Verbundprojektes Bodenschädlinge, Ellerhoop
- 08.02.2011 Auftreten von Erdräupen auf ausgewählten Standorten – Vorstellung eines dänischen Prognosemodells. Lehr- und Versuchsanstalt Gartenbau, Erfurt

- 17.02.2011 Bekämpfung Drahtwurm Stand 2010 - Aktuelle Projektergebnisse. Versuchsbeirat, Gülzow
- 24.02.2011 Aktuelle Projektergebnisse zur Bekämpfung von Drahtwürmern in Gemüsekulturen. DPG-Tagung, Arbeitsgruppe Schädlinge in Getreide und Mais, Braunschweig
- 22.06.2011 Alternative methods to control wireworms (*Agriotes* spp.) in vegetable production – potential of calcium cyanamide and *Metarhizium anisopliae*. IOBC-Tagung, Arbeitskreis Insect pathogens and entomopathogenic nematodes, Innsbruck
- 20.10.2011 Der Drahtwurm – Artbestimmung über sein Verhalten?. Phytomedizin-AG-Seminar Universität Rostock, Rostock
- 16.11.2011 Über Drahtwürmer und Erdräupen – Projektergebnisse 2011. 5. Koordinationssitzung des Verbundprojektes Bodenschädlinge, Braunschweig
- 08.02.2012 Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren zur Bekämpfung von Drahtwürmern und Erdräupen im Gemüsebau – Teil Drahtwürmer (*Agriotes* spp.). Abschlusstagung zum Verbundprojekt Bodenschädlinge, Braunschweig
- 28.02.2012 Erdräupenbekämpfung (*Agrotis segetum*) mittels Nematoden und Insektiziden. Versuchsbeirat, Gülzow