

# MASTERARBEIT

## **„Vorkommen und Bedeutung von Eiprädatoren als natürliche Feinde des Maiswurzelbohrers in den östlichen Maisanbaugebieten Österreichs“**

Verfasser

Sebastian Friedl, Bakk. techn.

angestrebter akademischer Grad

**Diplomingenieur**

Linz, im Oktober 2016

Matrikelnummer: 0440433

Studium: Phytomedizin

Wissenschaftliche Betreuerin: Doz. Dr. Dipl.-Ing. Sylvia Blümel, Dr. Giselher Grabenweger

## **Eidesstattliche Erklärung:**

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und alle aus ungedruckten Quellen, gedruckter Literatur oder aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte gemäß den Richtlinien wissenschaftlicher Arbeiten zitiert bzw. mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.

# Danksagung

Aufgrund der vielen Jahre vom Beginn bis zum Abschluss dieser Arbeit, gibt es eine Vielzahl an Leuten denen hier großer Dank gebührt.

Zunächst möchte ich mich bei Doz. Dr. Dipl.-Ing. Sylvia Blümel vielmals bedanken, die mir als Masterarbeits-Betreuerin fachlich zur Seite stand, die mich aber auch besonders in den letzten Monaten nochmals mit positiven Worten motivierte, das „Ganze“ durchzuziehen.

Weiters gilt mein Dank Dr. Giselher Grabenweger, für die Hilfe bei der Themenfindung sowie die praktische und fachliche Unterstützung gerade am Beginn der Arbeit.

Danke auch allen weiteren Mitarbeitern an der AGES die mir besonders bei der praktischen Durchführung unter die Arme griffen: Andreas, Otto, Vera, Herrmann, Helmut, Karin, Alois und Christina.

Danke der AGES für die finanzielle Unterstützung, für den Arbeitsplatz und generell für die Möglichkeit die Masterarbeit dort zu absolvieren.

Danke auch dem Institut für Pflanzenschutz an der Boku für die gute Zusammenarbeit.

Herrn Univ.-Prof. Dr. Alexander Bruckner, vom Institut für Zoologie an der Boku, danke ich für die Hilfe bei der Bestimmung der Raubmilben.

Der Familie Zechmeister in Deutsch-Jahrndorf danke ich für die Möglichkeit, die Versuche auf ihren landwirtschaftlichen Flächen durchzuführen.

Danke meinen Arbeitskollegen von der Abteilung Pflanzenproduktion der Landwirtschaftskammer Oberösterreich für ihren fachlichen Input und ihre motivierenden Worte.

Ich danke vor allem meinen Eltern und meinen Geschwistern für jegliche Unterstützung, die ich während meiner gesamten Universitätszeit erhalten habe. Ihr habt immer an mich geglaubt und mich ermutigt, wenn die Motivation mal wieder nicht so groß war.

Für die vielen Kleinigkeiten die in Summe sehr viel in mir bewegten danke ich meinen Verwandten, Freunden, Studienkollegen und Weggefährten. Hervorheben möchte ich dabei meinen guten Freund Alexander Böck, danke für die vielen langen und hilfreichen Gespräche. Dein Studienabschluss war mir ein besonderer Motivationsschub!

Diese Danksagung wäre nicht komplett ohne das größte Dankeschön an meine Verlobte Johanna auszusprechen, für die Liebe und die Geduld, für soviel moralische Unterstützung und Verständnis. „Danke, ohne di wär des nix mehr worn!“

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>9</b>
2.1	Diabrotica virgifera virgifera	9
2.1.1	Systematische Zuordnung	9
2.1.2	Morphologie	9
2.1.3	Geographische Verbreitung	9
2.1.4	Biologie	10
2.1.5	Schadbild und wirtschaftliche Bedeutung	11
2.1.6	Chemische Bekämpfung	12
2.1.7	Biologische und biotechnische Bekämpfung	13
2.2	Fragestellung 1	15
2.2.1	Versuchsstandort und Versuchsfläche	15
2.2.2	Versuchsdesign und Auswertungsintervalle	16
2.2.3	Fallentypen und Erhebungsmethode	17
2.2.3.1	Barberfallen	17
2.2.3.2	Berlesetrichter	19
2.2.4	Konservierung und Lagerung	20
2.2.5	Taxonomische Zuordnung	20
2.2.6	Auswertung und statistische Analyse	21
2.3	Fragestellung 2	21
2.3.1	Versuchstiere aus Freilandhebungen	21
2.3.1.1	Laborgezüchtete Versuchstiere	21
2.3.2	Anzuchten <i>Poecilus cupreus</i>	22
2.3.2.1	Erhaltungszucht Adulte	22
2.3.2.2	Erhaltungszucht Larven	24
2.3.2.3	Versuchsanzucht Larven	25
2.3.3	Versuchsnahrung	26
2.3.3.1	Schwemmmethode	26
2.3.3.2	Entfernen grober und feiner Partikel	26
2.3.3.3	Entfernen leichter und schwerer Partikel	27
2.3.3.4	Absaugen und Zählen der <i>Diabrotica</i> -Eier	27
2.3.3.5	Eikärtchen	28
2.3.3.6	Alternativnahrung	30
2.3.4	Arenaversuche	31
2.3.4.1	Versuchsaufbau und -ablauf	31
2.3.4.2	Kontrolle und Auswertung	33
2.3.5	Becherversuche	34
2.3.5.1	Versuchsaufbau und -ablauf	34
2.3.5.2	Auswertungsmethode	35
2.4	Fragestellung 3	36
2.4.1	Versuchsmaterial	36
2.4.2	Auswertungsmethode und Datenanalyse	36

2.5	Fragestellung 4:	37
2.5.1	Versuchstier	37
2.5.1.1	Freilandaufsammlung und Haltung	37
2.5.1.2	Geschlechtsbestimmung	37
2.5.2	Versuchsaufbau	39
2.5.3	Versuchsablauf	40
2.5.4	Auswertungsmethode	40
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>42</b>
3.1	Fragestellung 1	42
3.1.1	Prädatorenspektrum in Barberfallen und Berlesetrichern im Frühjahr	42
3.2	Fragestellung 2	50
3.2.1	Arenaversuche	50
3.2.1.1	Zusammenfassende Ergebnisse der Fraßleistung von <i>Poecilus cupreus</i>	50
3.2.1.2	Eierkonsumation in „no-choice“-Varianten	50
3.2.1.3	Eierkonsumation in „choice“-Varianten	51
3.2.1.4	Vergleich Eierkonsumation „no-choice“ und „choice“	52
3.2.1.5	Eierkonsumation Prädatoren aus Freilandfängen	53
3.2.2	Becherversuche	54
3.3	Fragestellung 3	55
3.3.1	Anzahl <i>Diabrotica</i> -Eier im Frühjahr	56
3.3.2	Anzahl <i>Diabrotica</i> -Eier im Spätsommer	57
3.4	Fragestellung 4:	58
3.4.1	Ergebnis Eiablageversuche	58
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>61</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>73</b>
<b>6</b>	<b>Abstract</b>	<b>75</b>
<b>7</b>	<b>Verzeichnisse</b>	<b>77</b>
7.1	Abbildungsverzeichnis	77
7.2	Tabellenverzeichnis	79
7.3	Literaturverzeichnis	80
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>86</b>

# 1 Einleitung

Der Westliche Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) und der Nördliche Maiswurzelbohrer (*Diabrotica barberi*) zählen zu den bedeutendsten Maisschädlingen in Nordamerika, wo sie jährlich einen Schaden von bis zu einer Milliarde US-Dollar verursachen (SPENCER et al. 2009). *D. v. virgifera* wurde in den 1980iger Jahren nach Europa eingeschleppt und hat sich hauptsächlich in Mittel- und Südosteuropa, Norditalien sowie in Deutschland und Frankreich weiterverbreitet (PILZ et al. 2012; SCHAUB et al. 2011). Auch in Österreich ist der Westliche Maiswurzelbohrer in den letzten Jahren zu einem ernsthaften Problem geworden. Besonders in den Maismonokulturen im Osten und Süden Österreichs hat sich der Schädling bereits nachhaltig etabliert und in den letzten Jahren auch verstärkt Kulturschäden an Maispflanzen verursacht (FOLTIN 2013). Mittlerweile befindet sich ein Großteil der Ackerfläche Österreichs im Befallsgebiet des Maiswurzelbohrers. Eine kontinuierliche jährliche Ausbreitung um zirka 40 Kilometer und Zunahmen der Populationsdichte auf befallenen Flächen sind zu erwarten (SPENCER et al. 2009, EGARTNER et al. 2012). Im Burgenland und der Südoststeiermark sind regelmäßig die höchsten Fangzahlen dieser Schädlinge zu verzeichnen. Im Winter 2015 war nur noch Salzburg befallsfrei (AGES 2015).

Bis Ende 2013 wurde *D. v. virgifera* in der EU als Quarantäneschädling eingestuft und war daher in den Annexen der EU-Direktive 2000/29/EC gelistet. Ein Schadorganismus gilt als Quarantäneschädling im Sinne der Pflanzengesundheit, wenn er ein großes wirtschaftliches Schadpotential für das geographische Gebiet darstellt, in dem er bisher noch nicht vorkommt oder nicht weit verbreitet auftritt und amtlichen Kontrollmaßnahmen unterliegt (ISPM No. 5, 2016).

Die Einschleppung von *D. v. virgifera* in die EU sollte verhindert und punktueller Befall ausgerottet werden, um eine weitere Ausbreitung zu unterbinden. Die EU-Kommission hatte 2003 entsprechende Sofortmaßnahmen gegen eine weitere Ausbreitung in bisher befallsfreie Gebiete beschlossen (EU 2003).

Da sich *D. v. virgifera* jedoch in einzelnen Regionen etablieren konnte, wurde zu Eindämmungsmaßnahmen übergegangen. Mit der Empfehlung der Kommission (Entscheidung 2006/565/EG) wurden den Mitgliedstaaten Wege zur Eindämmung aufgezeigt. Damit sollte eine weitere Ausbreitung des Schädlings eingeschränkt und eine nachhaltige Maiserzeugung sichergestellt werden (EU 2006a).

Da die Ausbreitung des Maisschädlings durch die gesetzten Maßnahmen nicht verhindert werden konnte, wurde auf der letzten Sitzung des Ständigen Ausschusses Pflanzenschutz der EU im Jahr 2013 die Streichung des Westlichen Maiswurzelbohrers (*D. v. virgifera*) aus den Annexen der EU-Direktive 2000/29/EC sowie die Aufhebung der Notmaßnahmen-

Entscheidung 2003/766/EC beschlossen (Durchführungsverordnung EU Nr. 2014/63/EU). (EU 2014).

Die wirksamste Eindämmungsmaßnahme gegen den Westlichen Maiswurzelbohrer stellt die Fruchtfolge dar, da der natürliche Entwicklungszyklus des Schädlings aufgrund des Fehlens der Hauptwirtspflanze Mais unterbrochen wird (HARMUTH 2005). Auf Flächen, auf denen aus wirtschaftlichen Gründen keine Fruchtfolge durchgeführt werden kann, müssen zur Bekämpfung chemische Pflanzenschutz-Maßnahmen eingesetzt werden. Diese richten sich sowohl gegen die Käfer, als auch gegen die Larvenstadien, sind aber in der Praxis oft schwer durchführbar oder in ihrer Anwendung umstritten (VAN ROZEN und ESTER 2010). Applikationen gegen die Adulten können aufgrund der Höhe der Maispflanzen nur sehr mit teuren Stelzentraktoren zu sehr hohen Kosten durchgeführt werden (KEHLENBECK und KRÜGENER 2012). Maßnahmen gegen die Larvenstadien, die in Form von Saatgutbehandlungen (Maisbeize) oder Bodengranulaten durchgeführt werden, sind in der Anwendung umstritten, da die Saatgutbeizen Insektizide aus der Wirkstoffgruppe der Neonicotinoide enthalten. Die Neonicotinoide stehen in einem möglichen Zusammenhang mit Bienenverlusten (GOULSON 2013, HENRY et al. 2015) und die Wirkstoffe Clothianidin, Imidacloprid und Thiamethoxam dürfen seit dem Jahr 2013 nicht mehr für diese Indikation verwendet werden (Durchführungsverordnung EU Nr. 485/2013/EC) (EU, 2013).

Durch die steigende Skepsis gegenüber chemischen Bekämpfungsmitteln und aufgrund der geringen Auswahl an geeigneten Produkten rücken biologische und biotechnische Bekämpfungsmethoden gegen *D. v. virgifera* immer mehr in den Vordergrund. An diesen alternativen Bekämpfungsmaßnahmen wie z.B. entomopathogenen Nematoden gegen die Larvenstadien (PILZ et al. 2012) oder Sexualpheromonen zur Verwirrung männlicher Adulter wird schon seit längerem geforscht doch hat sich noch keine Methode nachhaltig und wirkungsvoll etablieren können (HARMUTH 2005; PILZ et al. 2012).

Eine bisher noch nicht untersuchte Möglichkeit könnte die Erhöhung der bereits natürlicherweise hohen Mortalitätsrate des Eistadiums des Käfers darstellen. Untersuchungen mit *Diabrotica virgifera virgifera* in Europa haben gezeigt, dass die natürliche Sterblichkeitsrate der Eistadien aufgrund von biotischen und abiotischen Faktoren (z.B. Verpilzung, unbefruchtete Eier oder Trockenheit) bei bis zu 90% liegen kann (TÖPFER und KUHLMANN 2004; LEVINE und OLOUMI-SADEGHI, 1991). Der Entwicklungszyklus von *D. v. virgifera* könnte in diesem Entwicklungsstadium wirkungsvoll unterbrochen werden. Die möglichen Gründe für diesen „Flaschenhals“ im Entwicklungszyklus des Schädlings sind derzeit nur zum Teil (z.B. Sommertrockenheit, Überwinterungsverluste, Bodenbearbeitung) bekannt.

In der vorliegenden Masterarbeit sollte daher untersucht werden,

- ob häufig auf Maismonokulturflächen vorkommende arthropode Prädatoren das Potential besitzen, die Eier von *D. v. virgifera* als Nahrungsquelle zu nutzen und
- in welchem Ausmaß diese potentiellen arthropoden Prädatoren die Eier von *D. v. virgifera* als Nahrungsquelle nutzen können.

Dazu wurden die nachfolgend aufgeführten 4 Fragestellungen im Rahmen von Freiland- und Laboruntersuchungen bearbeitet.

1. **Welche räuberischen Arthropoden treten als potentielle Prädatoren von Eiern des Maiswurzelbohrers, im Freiland auf ausgewählten Maisanbauflächen in Ostösterreich, auf?**
2. **Wie hoch ist die Fraßleistung wichtiger ausgewählter Prädatorenarten bei „no-choice“- und „choice“-Prädationsversuchen mit *D. v. virgifera* Eiern im Labor?**
3. **Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Eidichte von *D.v. virgifera* und der Abundanz ausgewählter Ei-Prädatoren in den Bodenproben einer Maismonokulturfläche?**
4. **Wo legen Weibchen von *D. v. virgifera* ihre Eier am bzw. im Boden ab?**

Anhand der Untersuchungsergebnisse sollte abgeschätzt werden, ob die ausgewählten arthropoden Eiprädatoren einen Beitrag zur Minderung der Schädlingspopulationen leisten könnten.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 *Diabrotica virgifera virgifera*

#### 2.1.1 Systematische Zuordnung

Die Gattung *Diabrotica* gehört zur Familie der *Chrysomelidae* (Blattkäfer) innerhalb der Ordnung der Coleoptera (Käfer) und zählt ca. 338 Arten (SPENCER et al. 2009). Die Art *Diabrotica virgifera virgifera* wurde erstmals 1868 von LeConte beschrieben.

#### 2.1.2 Morphologie

Die Käfer von *Diabrotica virgifera virgifera* sind 4 bis 7 mm lang und haben einen grünlich bis gelben Körper (Abdomen) mit gelben bis dunklen Beinen. Der schwarz gefärbte Kopf trägt die Fühler, die körperlang sein können (Abb. 1). Die Eier sind durchschnittlich 0,6 x 0,3 mm groß und weisen eine wabenartige Oberfläche auf. Die Larven sind gelblich-weiß, 3 mm (erstes Larvenstadium, 7 mm zweites) bis 18 mm (drittes Larvenstadium) lang und besitzen 3 Brustbeinpaare (Abb. 2). Das letzte Larvenstadium (L3) ist weiß, hat eine braune Kopfkapsel und einen braunen Chitinschild am Hinterende. Die gelbliche, 4 bis 7 mm lange Puppe ist in einer Puppenhöhle in der Erde eingeschlossen (SPENCER et al. 2009).



Abb. 1 (li): Großaufnahme eines adulten Maiswurzelbohrers. © Savić D.

Abb. 2 (re): Großaufnahme einer Diabroticalarve (L2). © Greb P.

#### 2.1.3 Geographische Verbreitung

Eine der ersten Einschleppungen von *D. v. virgifera* nach Europa wurde 1992 in der Nähe vom Flughafen Belgrad beobachtet, von wo aus sich der Käfer weitgehend ungehindert ausbreiten konnte (BACA, 1994). Innerhalb von 10 Jahren weitete sich das Befallsgebiet über Südost- und Zentraleuropa aus. *D. v. virgifera* wurde in Österreich erstmals im Jahr 2002 im Burgenland an der Grenze zu Ungarn gefunden (Abb. 3).

Als mögliche Verbringungswege für die damalige Einschleppung nach Belgrad gelten befallener Boden, infizierte Maispflanzen und Maisernteerzeugnisse und auch der Personenverkehr. Eine Ersteinschleppung nach Europa über Flugzeuge ist naheliegend, da der erste Käfer-Fund in der Nähe eines Flughafens erfolgte (BACA, 1994; CATE, 2002). Mit molekularbiologischen Methoden wurde nachgewiesen, dass es mehrere voneinander unabhängige Einschleppungen durch Flugverkehr gab und dass alle aus der gleichen Gegend in Amerika stammen (CIOSI et al. 2008).

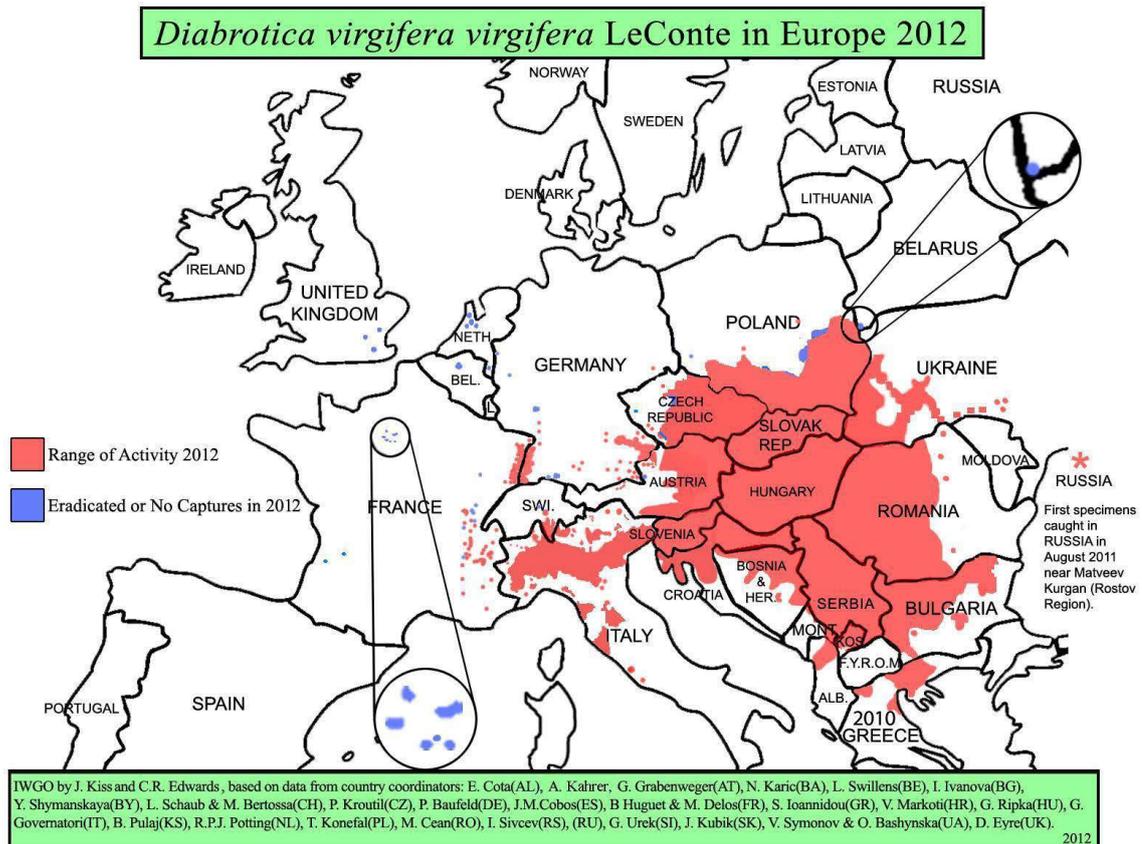


Abb. 3: Aktuelles und ehemaliges Verbreitungsgebiet von *D. v. virgifera* in Europa. Daten der jeweiligen Nationalen Pflanzenschutzorganisationen

### 2.1.4 Biologie

*Diabrotica virgifera virgifera* ist univoltin, d.h. hat nur einen Entwicklungszyklus pro Jahr. Die 500-1000 pro Weibchen, die in den Boden abgelegt werden, überwintern in einem Diapausestadium (HARMUTH 2005). Die Eier eines geringen Anteils der Population können zweimal überwintern (HARMUTH 2005), d.h. eine Generation benötigt 2 Jahre für die Entwicklung (semivoltiner Entwicklungszyklus). Das Diapausestadium endet ab einem Temperaturgrenzwert von etwa 11°C, in Mitteleuropa in der Regel Ende April bis Anfang Mai (PILZ et al. 2012), wobei dieser Grenzwert je nach regionalen Populationen abweichen kann (WILSTERMANN und VIDAL 2013). Es gibt 3 Larvenstadien, von denen jedes je nach Temperatur ca. 10 Tage dauert. Die Entwicklung der Larven erfolgt im Boden in der

unmittelbaren Nähe von Maiswurzeln, die dann auch als Nahrungsgrundlage dienen. Nach dem Larvenstadium folgt das einwöchige Puppenstadium im Boden. Anfang Juni beginnt der Schlupf der adulten Käfer und die Flugzeit, die in Europa von Juni bis September dauert. In dieser Zeit halten sich die Adulten *D. v. virgifera* hauptsächlich an den Maispflanzen auf, wo sie an verschiedenen Pflanzenteilen fressen (HARMUTH 2005). Sofort nach dem Schlupf der adulten weiblichen Käfer finden dann wiederholt Paarungen statt. Die Befruchtung der Weibchen erfolgt über eine Spermatophore, die von den männlichen Käfern im Weibchen abgelegt wird (SPENCER et al. 2009). Zirka 3-5 Tage nach der Befruchtung findet eine kontinuierliche Eiablage fast ausschließlich im Boden von Maisflächen statt, zu 2-5% aber auch auf den Anbauflächen anderer Kulturen wie z.B. Soja (KNOLLHOFF et al. 2010).

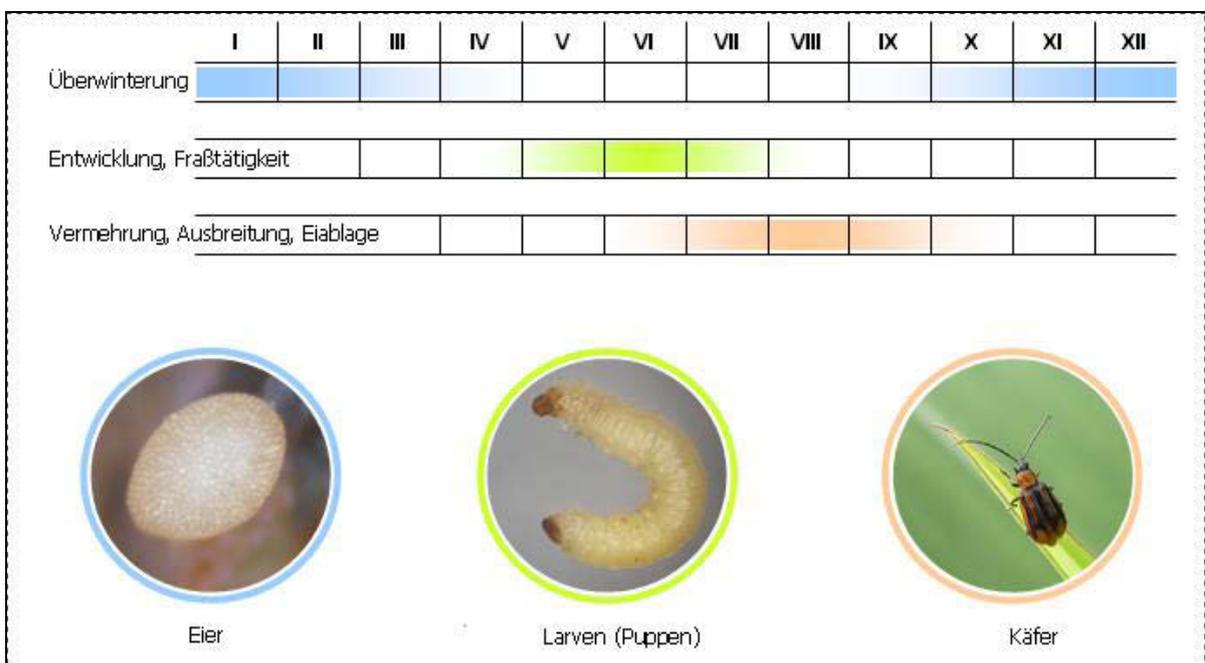


Abb. 4: Entwicklungszyklus von *D. v. virgifera* über 12 Monate. Grafik: Grabenweger G.

### 2.1.5 Schadbild und wirtschaftliche Bedeutung

Die adulten Tiere von *D. v. virgifera* können verschiedene Pflanzen zur Nahrungsaufnahme nutzen wobei als Hauptnahrungsquelle der Mais (*Zea mays*) dient (MOESER und VIDAL 2005). Die Käfer verursachen an den Maisblättern Fensterfraß und durch das Befressen der Narbenfäden am Kolben das Rasierpinsel-Syndrom (HARMUTH 2005). Bei hoher Käferdichte und frühem Flug führt der Fraß der Narbenfäden zu einer schlechteren Befruchtung und zur Verringerung der Kornanzahl am Maiskolben.

Die gefürchtete Massenentwicklung findet nur an Maispflanzen statt, da die Larven von *D. v. virgifera* ausschließlich an Mais fressen können (HARMUTH 2005).

**Tab. 1: Futterquellen von adulten *D. v. virgifera* (Untersuchungen aus Süd-Ungarn) (adaptiert nach MOESER und VIDAL 2004)**

Pflanzenteile	Wirtspflanze
Pollen, Narbenfäden, Blätter, Körner	Mais
Pollen, Blütenblätter	Sonnenblume, Wilde Malve
Pollen, Blätter	Kürbis, Saatluzerne
Pollen	Ackerkratzdistel, Ambrosie, Fuchsrote Borstenhirse, Amaranthus, Gemeine Spitzklette, Hühnerhirse, Klebgras, Leinkraut, Rauhe Gänse-distel, Sorghum, Stechapfel, Sudangras, Weißer Gänsefuß

Fraßschäden durch die Larven von *D. v. virgifera* sind möglich, wenn nach der Eiablage der Weibchen in einer Maisfläche im Folgejahr wieder Mais angebaut wird. Die neu geschlüpften Larven fressen während ihrer Entwicklung an den Maiswurzeln und richten somit den Hauptschaden an Mais an (MEINKE et al. 2009). Kahlgefressene Wurzelstrünke und Gänge in den Wurzeln sind charakteristische Schadsymptome. Bei starkem Befall kippen oder knicken die an Wasser- und Nährstoffmangel leidenden Pflanzen nesterweise um. Hinzu kommen Ertragseinbußen durch vermindertes Wachstum und Lager (WILSTERMANN und VIDAL 2013). Unter feuchten Bedingungen bilden die umgekippten Maispflanzen Ersatzwurzeln und richten sich wieder auf, wodurch es zu dem typischen „Gänsehals-symptom“ (engl. „goose necking“) kommt. Um den Fraßschaden der Larven abzuschätzen, werden meist zwei entwickelte Skalen verwendet, die „Node Injury Scale“ und die „IOWA Scale“ (HILLS und PETERS 1971).

Nach BACA 1995 vergehen auf Maismonokulturfleichen vom ersten Auftreten der Käfer bis zur Feststellung erster wirtschaftlicher Schäden etwa 5 Jahre. Je früher und konsequenter gegen *D. v. virgifera* vorgegangen wird, umso länger dauert es bis sich wirtschaftliche Schäden einstellen.

### **2.1.6 Chemische Bekämpfung**

Eine in Europa umstrittene chemische Bekämpfungsmethode, die sich gegen die Larvenstadien richtet, stellt die Saatgutbeizung mit Neonicotinoiden dar. Neonicotinoide sind systemische Insektizide, die über die Pflanzenwurzeln aufgenommen werden und als Kontakt- und Fraßgift gegen beißende und saugende Insekten wirken. Neonicotinoide werden in der Pflanze nur langsam abgebaut wodurch sie lange wirksam sind (BÖRNER et al. 2009). Drei Neonicotinoide, Clothianidin, Thiamethoxam und Imidacloprid stehen theoretisch als Beizmittel für die Maisproduktion zur Verfügung, wobei die ersten beiden die

gängigsten zur Bekämpfung von *D. v. virgifera* bis 01.10.2013 waren (HENRY et al. 2015). Die Saatgutbeizung wird als Kontrollmaßnahme empfohlen, wenn von einer kleinen bis mittleren Diabroticapopulation ausgegangen wird (FURLAN et al. 2006).

Eine weitere chemische Bekämpfungsmaßnahme gegen die Larvenstadien ist die Anwendung von Bodeninsektiziden, die in flüssiger oder granulierter Form zum Zeitpunkt der Maissaat ausgebracht und leicht in den Boden eingearbeitet werden.

Um einen ausreichenden Schutz der Maiswurzeln vor den Käferlarven zu erzielen, sollte ein Bodeninsektizid eine Wirkungsdauer von 8-10 Wochen aufweisen, da dies der Zeitspanne von der Applikation bis zum Ende der intensiven Wurzelfraßphase des Schädlings entspricht (FURLAN et al. 2006). Hauptsächlich gelangen Wirkstoffe aus der Gruppe der synthetischen Pyrethroide sowie der Phosphorsäureester als Bodeninsektizide zum Einsatz.

Eine chemische Bekämpfung gegen die adulten Käfer während der Hauptflugzeit ist aufgrund der Kulturhöhe nur mit Stelzentraktoren möglich. Die Palette der eingesetzten Wirkstoffe ist groß und richtet sich nach den jeweiligen Zulassungsbestimmungen in den Anwenderländern und der Produktionsweise am Betrieb. Gängige Wirkstoffe sind hierbei Thiacloprid, Acetamiprid und synthetische Pyrethroide (VAN ROZEN und ESTER 2010).

Die Applikation zur Hauptflugzeit wird aus zwei Gründen durchgeführt. Erstens soll dadurch der Fraß an den Narbenfäden, und die daraus resultierenden Befruchtungsschäden die besonders in der Saatmaisproduktion relevant sind, verhindert werden. Zweitens soll durch die Applikation die Käfer-Population am Feld minimiert werden, um die Ausgangspopulation von *D.v.v.* für einen weiteren Anbau von Mais möglichst niedrig zu halten. Die Effektivität derartiger Applikationen kann bei optimalen Bedingungen und beim optimalen Zeitpunkt 60-80% betragen (HARMUTH, 2005).

### **2.1.7 Biologische und biotechnische Bekämpfung**

Untersuchungen zu biologischen Kontrollstrategien von *D. v. virgifera* befassen sich mit Insektenpathogenen (Protozoa, Bakterien, Viren, Pilze, Nematoden) sowie Prädatoren und Parasitoiden (PILZ et al. 2012). Viele dieser alternativen Bekämpfungsmaßnahmen befinden sich allerdings noch im Versuchsstadium oder scheitern an der Durchführbarkeit oder erreichen nicht die gewünschte Effizienz (HARMUTH, 2005). Ein hohes Wirkungspotential wird den entomopathogenen Nematoden wie *Heterorhabditis bacteriophora* zugeschrieben (TOEPFER et al. 2010). Diese natürlichen Gegenspieler richten sich gegen die Larvenstadien von *D. v. virgifera* und werden ähnlich wie Bodeninsektizide zum Saatzeitpunkt ausgebracht.

Darüberhinaus wurden Lockstoff- und Insektizidkombinationen entwickelt, die z.T. bereits kommerziell erhältlich und in Gebrauch sind. Dabei dienen Semiochemikalien (Botenstoffe)

wie Lockstoffe, Sexualpheromone und Fraßstimulantien dazu, den Schädling gezielter mit einem Insektizid in Kontakt zu bringen (VAN ROZEN und ESTER 2010). Die Botenstoffe werden bei einer Applikation zur Hauptflugzeit der Käfer von *D. v. virgifera* in Kombination mit gängigen Insektiziden eingesetzt. Bei geeigneter Wirkungsweise bedeutet dies eine geringere Aufwandmenge an Insektiziden, und eine spezifischere Wirkung auf den Zielorganismus (LEVINE und OLOUMI-SADEGHI, 1991).

Eine weitere alternative Eindämmungsmaßnahme, ist der Anbau gentechnisch veränderter Maissorten. Dabei sind Bt-Maissorten mit unterschiedlichen Wirkungsspektren erhältlich. Untersuchungen bescheinigen den Bt-Maissorten eine höhere Effizienz gegen *D. v. virgifera* als traditionelle chemische Bekämpfung (VAN ROZEN und ESTER, 2010). In der EU liegt der Anteil von gentechnisch verändertem Mais an der europäischen Maiserzeugung bei etwa 1%. Im Jahr 2015 wurde Bt-Mais auf einer Fläche von etwa 125.000 Hektar angebaut, fast ausschließlich in Spanien sowie auf kleineren Flächen in Portugal, Tschechien, Rumänien und der Slowakei. Weltweit steht gentechnisch veränderter Mais auf etwa 55 Millionen Hektar (GMO Compass, 2015).

In der klassischen Resistenzzüchtung liegt währenddessen das Augenmerk auf Linien mit höherer Standfestigkeit, besserer Wurzelregeneration und einer besseren Entwicklung von Sekundärwurzeln (MOESER und VIDAL, 2004).

Die wirksamste Eindämmungsmaßnahme gegen den Westlichen Maiswurzelbohrer stellt die Fruchtfolge dar, da der natürliche Entwicklungszyklus des Schädlings aufgrund des Fehlens der Hauptwirtspflanze Mais unterbrochen wird (HARMUTH 2005).

## 2.2 Fragestellung 1

Welche räuberischen Arthropoden treten als potentielle Prädatoren von Eiern des Maiswurzelbohrers, im Freiland auf einer ausgewählten Maismonokulturanbaufläche in Ostösterreich, auf?

### 2.2.1 Versuchsstandort und Versuchsfläche

Als Versuchsfläche für alle Fragestellungen wurde eine 4,5 ha große künstlich bewässerte Maismonokulturfläche im Osten Österreichs, nahe dem Dreiländereck Österreich-Slowakei-Ungarn, in der burgenländischen Gemeinde Deutsch Jahrndorf ausgewählt (Abb. 5).

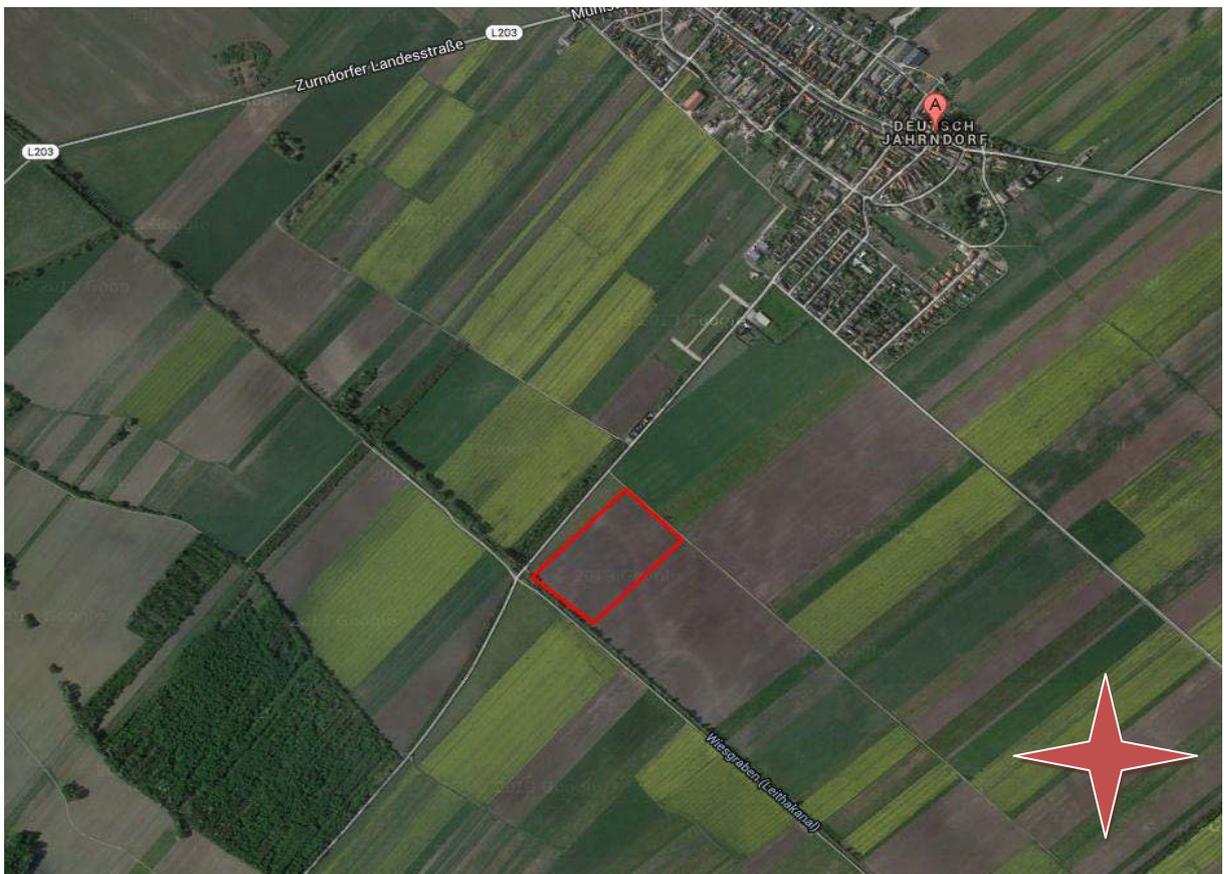


Abb. 5: Satellitenaufnahme der Versuchsfläche Deutsch Jahrndorf (rot markiert) Foto: Google.maps

Laut der digitalen Bodenkarte (eBOD<sup>1</sup>) handelte es sich beim Bodentyp um eine entkalkte Feuchtschwarzerde (Tschernosem). Am nord-östlichen Rand der Fläche angrenzend befand sich eine dreieckige, zirka 0,5 ha große Brachfläche die nur sehr extensiv genutzt wurde (Mahd 1 mal jährlich) (Abb. 6).

<sup>1</sup> Umfassende Web-GIS-Applikation zur Verfügung gestellt von dem BFW mit dem BMLFUW und dem LFRZ. <http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=7066>



**Abb. 6: Versuchsfläche in Deutsch Jahrndorf kurz nach der Maissaat (Friedl, 2009)**

Am 17.04.2009 wurde auf der Versuchsfläche, auf der bereits die vorangegangenen zwei Jahre Mais kultiviert wurde, die Maissorte Alberto (RZ 390) angebaut. Die Bodenbearbeitung nach der Ernte umfasste Pflügen, Saatbeetvorbereitung, Saat und 1 mal Hacken vor dem Reihenschluss.

Das Versuchs-Maisfeld diente zur Freilandenerhebung verschiedener potentieller Prädatorengruppen der Eier von *D. v. virgifera*. Die Erhebung wurde unter besonderer Berücksichtigung der angrenzenden Nützlingsrückzugsfläche durchgeführt und die Proben daher in bestimmten Abständen dazu gezogen.

### **2.2.2 Versuchsdesign und Auswertungsintervalle**

Insgesamt wurden 24 Fallen auf der Versuchsfläche in den Boden installiert, wobei 6 Fallen in den Abständen 1m / 5m / 10m / 15m / 25m / 35m zum Feldrand bzw. zur Brachfläche in jeweils 4 facher Wiederholung ausgebracht wurden. Zwischen den Wiederholungen wurde ein Abstand von 20m eingehalten (

Abb. 7).

**Tab. 2: Erhebungstermine auf der Versuchsfläche**

	<b>Frühjahrstermin</b>	<b>Spätsommertermin</b>
<b>Lebenderhebungen</b>	20.04.2009	24.08.2009
<b>Toterhebungen</b>	04.05.2009	24.08.2009

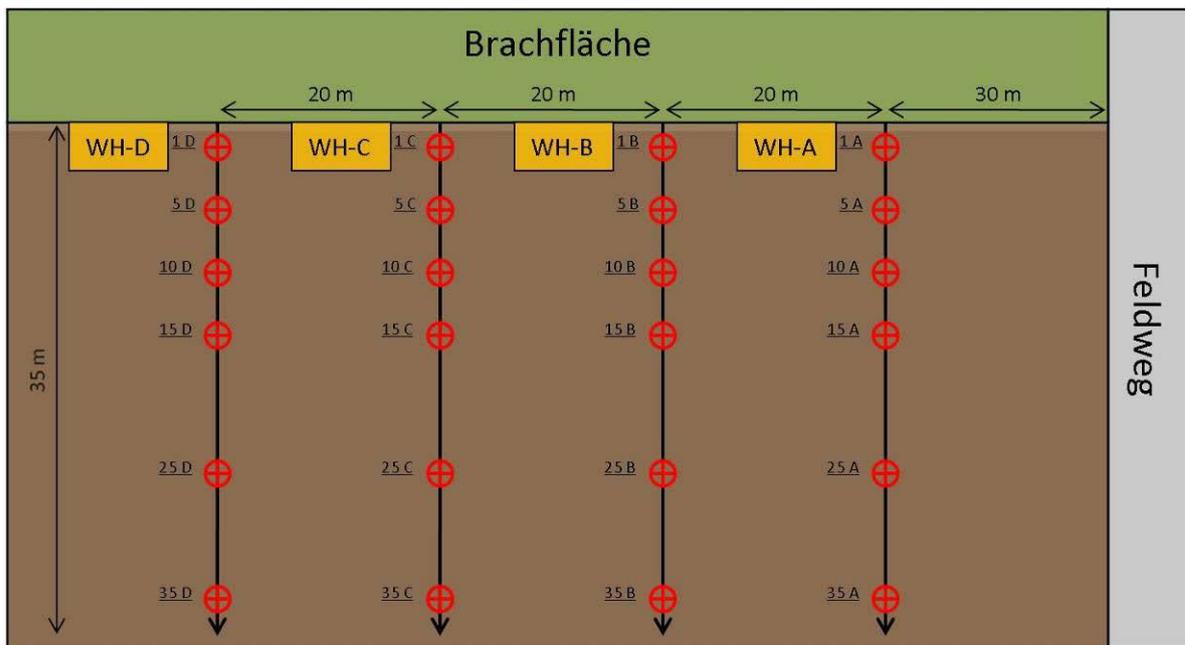


Abb. 7: Schematische Darstellung des Versuchsdesigns auf der Versuchsfläche (nicht maßstabsgetreu).

### 2.2.3 Fallentypen und Erhebungsmethode

Die Auswahl der Fallentypen und der Erhebungsmethoden erfolgte aufgrund der aus der Literatur bekannten Eiablageorte von *D. v. virgifera* im Bodenhorizont eines Maisfeldes (Bodenöffnungen in 0-10 cm Bodentiefe, SPENCER et al. 2009) und dem Auftreten der potentiellen epigäischen und endogäischen Eiprädatoren.

#### 2.2.3.1 Barberfallen

Als Barberfallen gelangen üblicherweise Glas- oder Kunststoffbecher, die mit Fangflüssigkeit wie z.B. Formalin-Lösung, Ethylen-Glykol, Pikrinsäure, etc. gefüllt werden und in den Boden eingegraben werden, zum Einsatz.

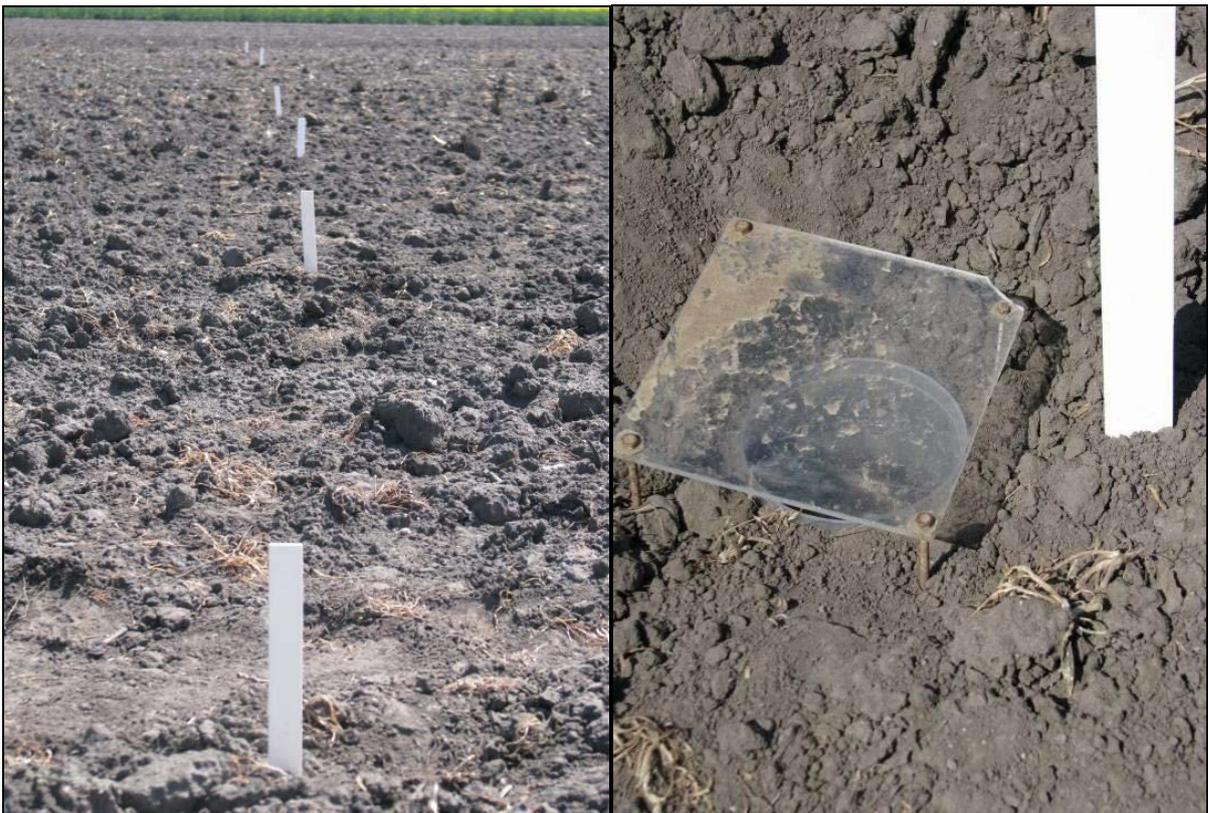
In der vorliegenden Masterarbeit wurden für die Toterhebungen als Barberfallen runde, transparente Becher aus Polypropylen ( $\emptyset$  innen 10 cm, Tiefe 7cm) verwendet. Die Behältnisse wurden zu einem Drittel mit einer Mischung aus Wasser und Spülmittel befüllt, die als Fangflüssigkeit für die potentiellen epigäischen und endogäischen Eiprädatoren diente.

Für die Lebenderhebungen wurde zerkleinertes Toilettenpapier als Unterschlupf für die Arthropoden in größere Behältnisse (Polypropylen,  $\emptyset$  innen: 8cm, Tiefe 15,5 cm) platziert. Diese Lebendfänge dienten als Versuchstiere für die Fraßversuche im Labor (2.3.4). Zur besseren Auffindbarkeit im Versuchsfeld wurden die Fallen mit weißen Plastiketiketten gekennzeichnet.

Zusätzlich wurden die erste und die dritte Wiederholung mit Niederschlagsschutz (aus Plexiglas: 15x15 cm) überdacht. Die zweite und die vierte Wiederholung wurden nicht

überdacht, weil zum Zeitpunkt der Erhebungen nicht genügend Überdachungen vorhanden waren. Ein Unterschied zwischen den Wiederholungen ist trotzdem nicht anzunehmen, da es während den Erhebungen nicht geregnet hat und nicht beregnet wurde.

Da die Oberkante der Barberfallen ebenerdig an die Bodenoberfläche anschließen sollte, wurden diese sorgfältig eingegraben. Zur Grabung wurde ein Eisenbohrer verwendet der dem Durchmesser der Fallen entsprach. Zum Verschluss und leichteren Transport der Fallen wurden dazu passende Deckel verwendet. Der entnommene Boden wurde zur weiteren Untersuchung herangezogen (siehe 2.2.3.2 sowie 2.4).



**Abb. 8 (li): Aufnahme einer Versuchswiederholung auf der Versuchsfläche (Friedl, 2009)**

**Abb. 9 (re): Barberfallen mit Plexiglasüberdachung und Kennzeichnung (Friedl, 2009)**

Bei Toterhebungen wurde die Verweildauer der Fallen auf der Versuchsfläche mit 3 Tagen festgelegt, bei Lebenderhebungen 2 Tage. Im Versuchsjahr 2009 wurden insgesamt 4 Freilanderhebungen mit Barberfallen durchgeführt, 2 Tot- und 2 Lebenderhebungen. Beim Einsammeln wurde jede einzelne Falle dicht verschlossen, beschriftet und so rasch wie möglich (maximal 2 Stunden nach dem Einsammeln) ins Labor transportiert. Die Totfallen wurden in einer Kühlkammer (ca. 4 °C) zwischengelagert und die Fänge sobald wie möglich (maximal 3 Tage nach dem Einsammeln) konserviert. Die Lebendfänge wurden gleich nach dem Einholen überblicksmäßig bestimmt und für weitere Versuche herangezogen (siehe 2.3).

### 2.2.3.2 Berlesetrichter

Um eine möglichst große Zahl an Bodenorganismen erfassen und bestimmen zu können, wurden Berlese-Tullgren-Trichter verwendet. Zwei Apparaturen, mit denen jeweils 12 Proben gleichzeitig untersucht werden konnten, kamen zum Einsatz.

Jede Bodenprobe vom Versuchsfeld wurde gut durchgemischt und danach getrennt nach Wiederholung und Variante in den Bodenbehälter jeweils eines Berlese-Tullgren-Trichters überführt (Fassungsvermögen ca. 1 Liter), wobei darauf geachtet werden musste, dass die Probe frei von größeren unbrauchbaren Strukturen (Steine, Erntereste) war. Am unteren Ende jedes Bodenbehälters befindet sich ein engmaschiges Sieb (2-3mm) welches die Erde am Durchfallen hinderte, aber Bodenlebewesen den Durchtritt ermöglichte. Die Apparaturen wurden für alle Bodenproben gleichzeitig gestartet. Bodenlebewesen wanderten durch Lichteinstrahlung (40-60 Watt) und die daraus resultierende Austrocknung des Bodens von oben nach unten und fielen durch den Trichter in ein Fangbehältnis. Um räuberische Bodentiere von anderen extrahierten Bodenlebewesen fernzuhalten, war es wichtig die Fangbehälter oft und regelmäßig zu kontrollieren und wenn nötig die Bodenlebewesen voneinander zu trennen.



**Abb. 10 (li): Aufnahme der Berleseapparaturen (Friedl, 2009)**

**Abb. 11 (re): Nahaufnahme eines Fangbehälters (Friedl, 2009)**

Zur Probenentnahme wurde ein Eisenbohrer ( $\varnothing$  9cm) verwendet der durch gerade Haltung und gleichmäßiges Drehen gut in den Boden eingebracht werden konnte. Durch eine Markierung am Bohrer konnte immer aus der gleichen Tiefe ein kegelförmiges Stück entnommen werden (2-15 cm Bodentiefe), wobei die oberste Bodenschicht meist durchgetrocknet war und diese vor der Entnahme weggekehrt wurde, weil in dieser Bodenschicht nicht mit Tieren zu rechnen ist. Die entnommenen Proben wurden vorsichtig in feste Plastiksäcke überführt, und die Säcke danach mit dem jeweiligen Entnahmestort

beschriftet. Die Bodenproben wurden noch am selben Tag in das Labor an der AGES transportiert und in die Berlesetrichter überführt.

#### **2.2.4 Konservierung und Lagerung**

Zur Konservierung der Tiere der Lebenderhebungen wurden die 24 Barberfallen über Nacht zur sicheren Abtötung tiefgekühlt, anschließend die Tiere in kleine mit 70% igem Alkohol gefüllte Glasröhrchen überführt, verschlossen und beschriftet. Dies wurde ausschließlich mit Tieren durchgeführt die nicht für die Fraßversuche im Labor herangezogen wurden (siehe 2.3.4)

Zur Konservierung der Tiere aus den Toterhebungen wurden der flüssige und feste Inhalt der Fallen durch ein feinmaschiges Sieb (Maschenweite: 250 µm) geschwemmt und schonend mit Wasser abgespült, da diese Proben z.T. stark verunreinigt (Erde, Steine, Pflanzenreste etc.) waren. Größere Pflanzenteile und Tiere (Tausendfüßer, Fliegen, Heuschrecken) die nicht genauer bestimmt wurden, wurden dokumentiert und aussortiert. Die zu bestimmenden restlichen Tiere wurden in ein Behältnis mit 70%igen Alkohol überführt und konnten dann für eine spätere genauere Bestimmung herangezogen werden.

Alle Probenbehälter wurden sowohl außen (Edding), als auch innen (kleiner weißer Zettel mit Bleistift) mit der Fallen- bzw. Bodenprobenbezeichnung beschriftet. Die Lagerung der konservierten Proben erfolgte entweder in einer Kühlkammer (8°C) oder in einem Kühlschranks (4°C), um die Verdunstungsrate des Alkohols zu senken.

#### **2.2.5 Taxonomische Zuordnung**

Es wurden alle Arthropoden aus den Proben überblicksmäßig nach Ordnung bzw. Unterordnung bestimmt und dokumentiert. Eine genauere Identifizierung erfolgte bei jenen Arthropoden, die als potentielle Eiprädatoren von *D.v.virgifera* eingestuft wurden.

- **Laufkäfer** (*Carabidae*): Adulte wurden auf die Art genau bestimmt (FREUDE et al., 1967; TRAUTNER, 1987). Larven wurden zur Familie der Laufkäfer gezählt, aber nicht im Detail bestimmt.
- **Kurzflügler** (*Staphylinidae*): bei dieser Käferfamilie kam es zu keiner genaueren Bestimmung, außer eine Art war besonders häufig anzutreffen.
- **Ameisen** (*Formicidae*): keine genauere Bestimmung innerhalb der Ordnung.
- **Milben** (*Acari*): Unterscheidung zwischen räuberischen und nicht räuberischen Milben (unterschiedliche Ordnungen).
- **Hundertfüßer** (*Chilopoda*): keine genauere Bestimmung

## **2.2.6 Auswertung und statistische Analyse**

Da die Fallen-Erhebungen in jeweils 4 Wiederholungen pro Entfernungs-Variante zur Brachfläche durchgeführt wurden, war es möglich die Daten statistisch zu analysieren, um festzustellen, ob die Entfernung der Fallen zur Brachfläche einen Einfluss auf die Verteilung potentieller Prädatoren am Versuchsfeld hatte. Dazu wurde eine logarithmische Regressionsanalyse mit dem Statistikprogramm SPSS durchgeführt. Die abhängige Variable war die Anzahl der gefangenen Arthropoden pro Falle und die unabhängige Variable der Abstand der Fallen zur Brachfläche. Die logarithmische Regressionsanalyse wurde für jede Prädatorengruppe durchgeführt.

## **2.3 Fragestellung 2**

Wie hoch ist die Fraßleistung wichtiger ausgewählter Prädatorenarten bei „no-choice“- und „choice“-Prädationsversuchen mit *D. v. virgifera* Eiern im Labor?

### **2.3.1 Versuchstiere aus Freilanderbungen**

Nach dem Einsammeln der Lebendfallen von der Versuchsfäche wurde am selben Tag noch eine Grobbestimmung durchgeführt und die Arthropoden selektiert, die einerseits als mögliche Eiprädatoren in Frage kamen und andererseits in einer geeigneten Mindestanzahl (ca. 10 Tiere) vorhanden waren, um Fraßversuche durchzuführen. Nicht verwendete Tiere aus den Freilandfängen wurden grob bestimmt, dokumentiert und danach wieder freigelassen. Eine Auflistung der Arthropoden mit denen Fraßversuche durchgeführt wurden findet sich in Tab. 3.

#### **2.3.1.1 Laborgezüchtete Versuchstiere**

Als laborgezüchtete Versuchstiere gelangten Laufkäfer der Art *Poecilus cupreus*, L. (Abb. 12) der Firma BTL (Bio-Test Labor GmbH Sagerheide, Birkenallee 19, 18184 Thulendorf) zum Einsatz. Zur Verwendung kamen adulte Tiere, die bei der Lieferung nach Geschlecht aufgetrennt waren, sowie Junglarven und Eistadien. Die Laufkäferart *P. cupreus* wurde ausgewählt, weil sie im Frühjahr die häufigste Laufkäferart auf der Versuchsfäche war, als massengezüchtete Versuchstiere in geeigneter Anzahl erhältlich waren und sich als Versuchstier vielfach bei wissenschaftlichen Versuchsarbeiten bewährt hatte (HEIMBACH und BALOCH 1994; OBERHOLZER und FRANK 2003).

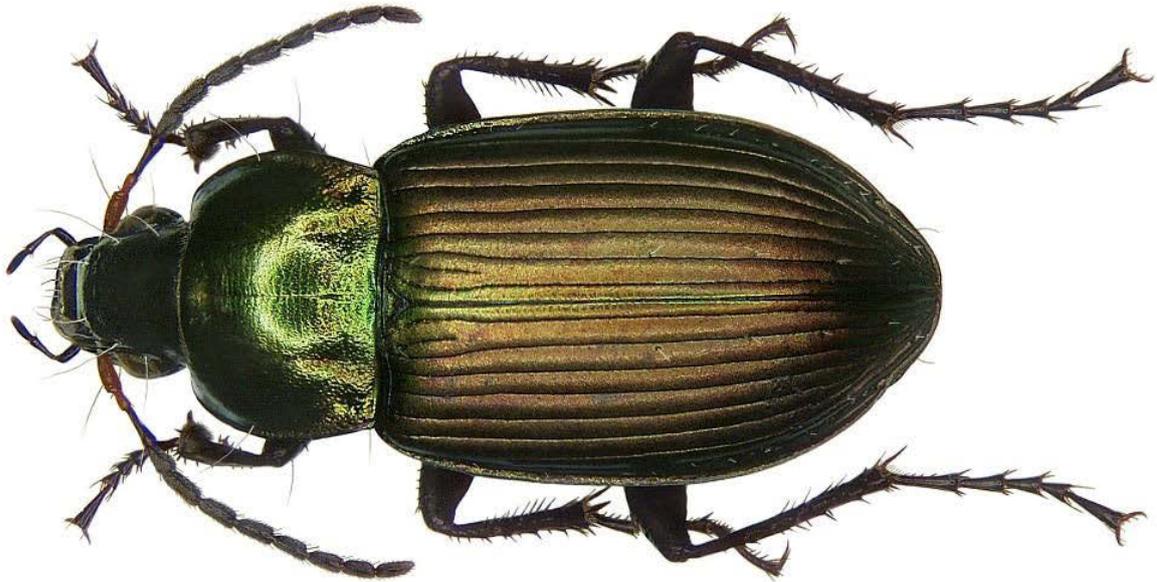


Abb. 12: Großaufnahme *Poecilus Cupreus*. © Schmidt U. (2008)

## 2.3.2 Anzuchten *Poecilus cupreus*

### 2.3.2.1 Erhaltungszucht Adulte

Die Erhaltungszucht von *P. cupreus* zur Sicherstellung der kontinuierlichen Verfügbarkeit von geeigneten Versuchstieren für die Laborversuche, wurde mit den laborgezüchteten Laufkäfern und den Tieren aus den Freilanderhebungen durchgeführt. Die Zuchten erfolgten in Anlehnung an die Methoden von HEIMBACH und BALOCH (1994) bzw. OBERHOLZER und FRANK (2003), wobei in der vorliegenden Arbeit keine neuen Generationen angezüchtet worden sind und somit die Bezeichnung Zucht nur teilweise zutreffend ist.

Die Erhaltungszucht der *P. cupreus* Adulten erfolgte in 10 PVC Anzuchtboxen (28 x 18 x 6 cm) in Gruppen von jeweils ca. 10 Laufkäfern pro Anzuchtbox. Die Anzuchtboxen wurden mit einem Deckel mit einem mit Gaze verschlossenen Luftloch (Ø 7cm), dicht verschlossen. Dies sollte einerseits das Entkommen der Laufkäfer verhindern und andererseits die Luftversorgung der Behälter gewährleisten.



Abb. 13 (li): Aufnahme von 10 Anzuchtboxen zur Laufkäferhaltung (Friedl, 2009)

Abb. 14 (re): Nahaufnahme von einem Versuchstier *P. cupreus* (Friedl, 2009)

Im Inneren jeder Anzuchtbox befand sich als Substrat eine ~3cm hohe Torfschicht. Der verwendete Torf wurde 2 Tage vorm Befüllen der Anzuchtboxen in Wasser aufgeweicht um die Richtige Struktur und Feuchtigkeit zu bekommen.

Als Futter für die Adulten dienten tiefgefrorene Puppen von Schmeißfliegen (Familie der *Calliphoridae*), die vor der Fütterung mittels Skalpell halbiert wurden (Abb. 15).



Abb. 15: In 2 Hälften geteilte Schmeißfliegenpuppen als Futter für die *P.cupreus* Erhaltungszucht (Friedl, 2009)

Während der zweimonatigen Erhaltungszucht der Tiere, wurden diese 3 mal wöchentlich (Montag, Mittwoch, Freitag) gefüttert, wobei pro *P. cupreus* eine halbe Puppe veranschlagt wurde. Die Futterrationen pro Anzuchtbox wurden in einer Petrischalenhälfte ( $\varnothing$  ca. 8 cm) aus Kunststoff verabreicht (Abb. 16). Die Erhaltungszucht erfolgte in einer Klimakammer bei

24°C, 60% relativer Luftfeuchtigkeit und 16:8 hell : dunkel Photoperiode. Diese Klimakammer fand auch in den darauffolgenden Versuchen Verwendung. Da die Bedingungen darin immer gleich waren, wird sie folgend immer als 24°C Klimakammer bezeichnet.



Abb. 16: Behälter zur Laufkäferhaltung. Links, Petrischale mit Futterrationen (Friedl, 2009)

### 2.3.2.2 Erhaltungszucht Larven

Die Lieferung der *P. cupreus* L1-Larven erfolgte in Mikrotiterplatten mit Nöpfchen mit Flachboden, wobei jedes Nöpfchen mit angefeuchtetem Zellstoff ausgelegt und mit Torfsubstrat befüllt war. Da die Gefahr der gegenseitigen Prädation sehr hoch war, befand sich in jedem Nöpfchen nur eine Larve. Gleich nach der Ankunft wurden die Larven, mittels eines feinen Pinsels, einzeln in zu zirka 2/3 mit Torfsubstrat befüllte Glaszylinder überführt ( $\varnothing$  ~2 cm; 7 cm hoch) und dann mit einem Kunststoffverschluss, der mehrmals mit einer feinen Nadel durchstoichen wurde um ausreichend Luftaustausch zu gewährleisten, verschlossen.

Die Larven wurden in den Arenaversuchen (2.3.4) verwendet, die übrigen Tiere entwickelten sich zu Adulten, die in den Glaszylindern schlüpften. Von den 120 gelieferten Larven, konnten sich 73 zu adulten Laufkäfern entwickeln (60 % Entwicklungsrate). Die Fütterung erfolgte wie bei der Erhaltungszucht der Adulten 3 mal wöchentlich (Montag, Mittwoch, Freitag) durch Zugabe von je einer halben *Calliphora*-Puppe als Futterstück pro Glaszylinder. Bei der Fütterung wurde jeweils das Futterstück von der vorangegangenen Fütterung entfernt, und das Torfsubstrat auf ausreichende Feuchtigkeit überprüft.



Abb. 17 (li) und Abb. 18 (re): Glaszylinder zur Larvenhaltung (Friedl, 2009)

### 2.3.2.3 Versuchsanzucht Larven

Versuchstiere die im Eistadium angeliefert wurden, mussten zuerst zum Schlüpfen gebracht werden. Die Lieferung der Eier erfolgte in einem feuchten sandigen Substrat, aus dem die Eier mittels Schwemmmethode (2.3.3.1) gewonnen wurden. Die Eier wurden mit einem Pinsel auf zwei quadratische Plastikbehälter (30x30 cm) aufgeteilt. In den Behältern befand sich eine Lage befeuchteter Zellstoff, welcher mit einer dünnen Schicht sandigem Substrat bestreut war. Die Behälter wurden bei 24°C in der Klimazelle gehalten, und bei regelmäßiger Kontrolle immer wieder befeuchtet. Der Schlupf der ersten Larven erfolgte 8 Tage nach der Anlieferung.



Abb. 19: Frisch geschlüpfte Larve, *Poecilus cupreus* (Friedl, 2009)

### 2.3.3 Versuchsnahrung

Als Beute in den Versuchen zur Feststellung der Fraßleistung der potentiellen Eiprädatoren von *D. v. virgifera* wurden Eier von *D. v. virgifera* und als Alternativnahrung Blattläuse und Schmeißfliegenpuppen (*Calliphoridae*) angeboten.

#### 2.3.3.1 Schwemmmethode

Der folgende Arbeitsablauf wurde zur Gewinnung von *Diabrotica*-Eiern für die Eierkärtchen (2.3.3.5), zur Gewinnung der Eier von *P. cupreus* zur Anzucht der Versuchslarven (2.3.2.3), zur Auswertung der Becherversuche (2.3.5) sowie zur Bestimmung der Eierdichte in den Bodenproben (2.4.2) angewandt.

#### 2.3.3.2 Entfernen grober und feiner Partikel

Um gröbere Bodenbestandteile zu entfernen wurde das Substrat durch ein Sieb mit der Maschenweite 1000 µm gespült. Danach durch ein Sieb mit 250 µm Maschenweite, dabei wurden die ganz feinen Bestandteile ausgewaschen. Die Eier von *D. v. virgifera*, mit einer Größe von zirka 600 µm, blieben hängen. Waren alle feinen Bestandteile entfernt, blieb das Waschwasser klar.

### 2.3.3.3 Entfernen leichter und schwerer Partikel

Anschließend wurde das Siebgut in ein großes Becherglas gespült wo sich nach einiger Zeit die schweren Bestandteile und die Eier von *D. v. vigifera* am Boden sammelten. Leichte Bestandteile wie Streureste, Humus und leere bzw. beschädigte Eier, schwimmen auf der Oberfläche und wurden abgeschöpft. Bei größeren Mengen an Siebgut wurde der Vorgang mehrmals wiederholt.

Um die schweren Bestandteile (hauptsächlich Sand) zu separieren wurde das Becherglas vorsichtig in Drehbewegung versetzt, so wurden die Eier hochgeschwemmt und der Großteil der anderen Bestandteile blieb am Boden. Die hochgeschwemmten Bestandteile wurden vorsichtig aber zügig in eine Petrischale gegossen. Auch dieser Vorgang wurde je nach Bedarf mehrmals wiederholt.

### 2.3.3.4 Absaugen und Zählen der *Diabrotica*-Eier

Die separierten Eier befanden sich nun gut sichtbar am Boden der Petrischale, umgeben von nur noch wenigen Bodenbestandteilen (Abb. 20). Durch leichtes Drehen sammelten sich die Eier in der Mitte der Petrischale.

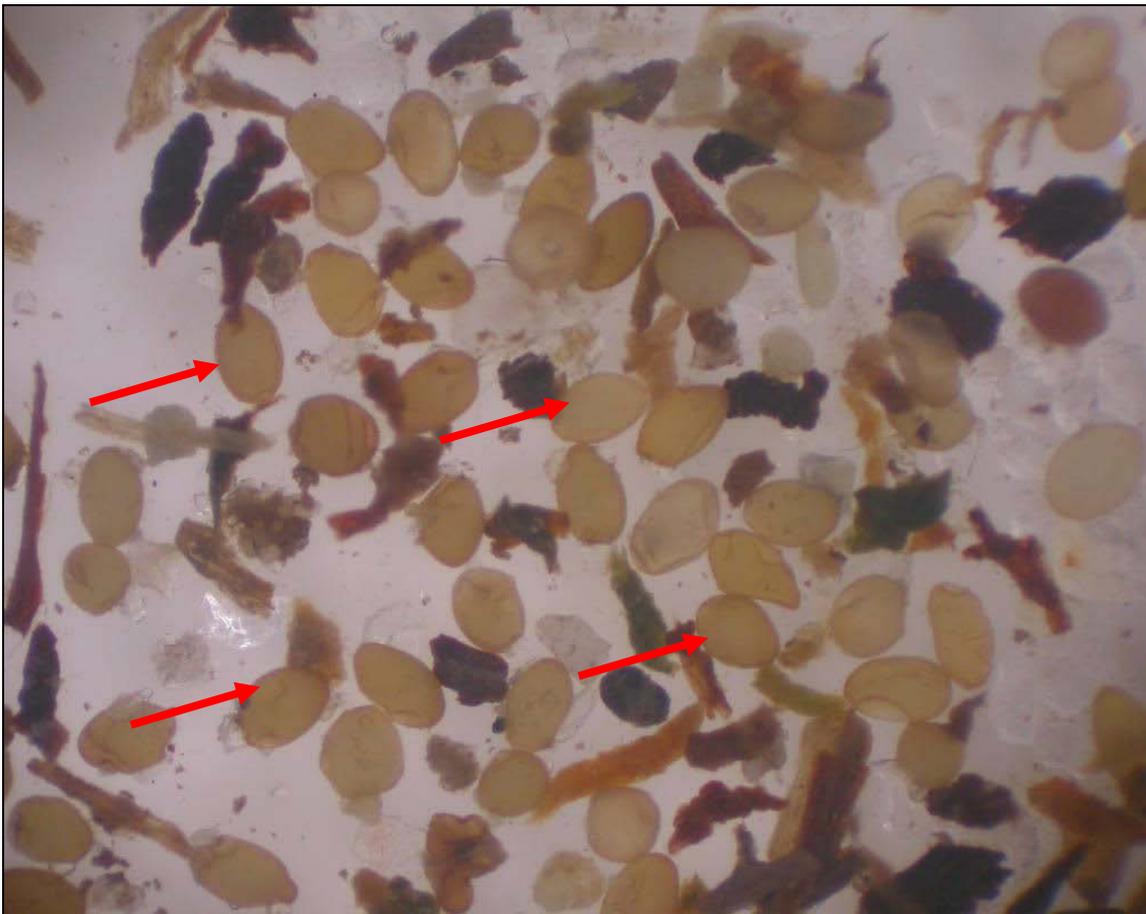


Abb. 20: *Diabrotica*-Eier (Pfeile) nach Entfernung der Bodenbestandteile. Binokular ~10x Vergrößerung (Foto: A. Kahrer)

War die Anzahl der Eier schon in der Petrischale ermittelbar, erfolgte sofort die Zählung. Bei einer höheren Anzahl wurden die Eier mit einer Pipette abgesaugt und in eine separate Petrischale transferiert, dort erfolgte durch das Binokular Schritt für Schritt die genaue Ermittlung der Anzahl.

#### 2.3.3.5 Eikärtchen

Die *Diabrotica*-Eier wurden aus Eiablagen des Vorjahres, aus den Zuchten der AGES, in sandigem Substrat (3-4 Eier/g Substrat) ausgeschwemmt. Nach dem Schwemmen konnten die Eier von *D. v. virgifera* von anderen Bodenbestandteilen ähnlicher Größe unter dem Binokular aufgrund der gelblich-weißen Färbung, der Form und Oberflächenstruktur separiert und auf schwarzen Kartonkärtchen (1x2 cm) befestigt werden.

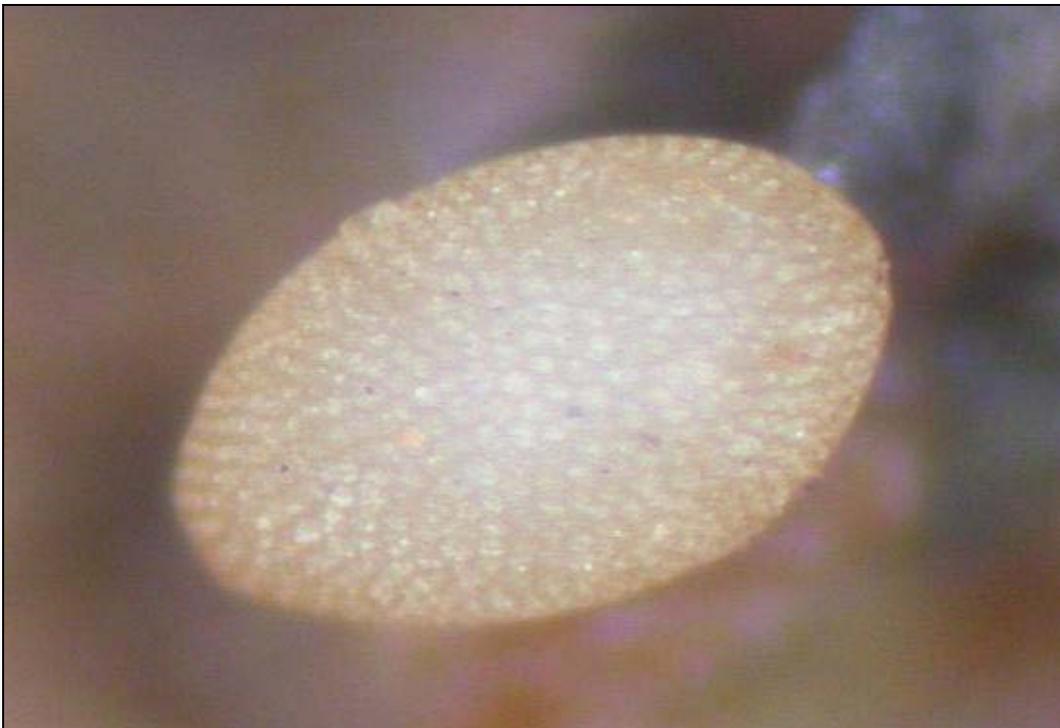


Abb. 21: *Diabrotica*-Ei: Binokular ~20x Vergrößerung (Foto: A. Kahrer)

Aufgrund der Form und der Färbung der Eier konnte auch eine Unterscheidung zwischen beschädigten und gesunden Eiern getroffen werden. Für die Fraßversuche wurden nur optisch einwandfreie Eier verwendet (Abb. 21).

Um die Eier auf dem Kartonplättchen befestigen zu können, wurde zuvor das Kartonplättchen mit einer dünnen Schicht von handelsüblichem Gummi arabicum als Klebstoff bestrichen. Gummi arabicum ist ein natürliches Polysaccharid, das als Lebensmittelzusatzstoff, als Bindemittel und bei der Gummierung von Papier eingesetzt wird. Aufgrund seiner Eignung als Lebensmittelzusatzstoff sollte es keinen toxischen Effekt auf die *Diabrotica*-Eier ausüben.

Wichtig war es, dass die Kartonkärtchen zur Gänze und gleichmäßig dünn bestrichen wurden. Es durfte sich kein überschüssiger Klebstoff zu einem Tropfen sammeln, da dieser die Eier zur Gänze umschließen würde und diese somit für die *P. cupreus* nicht erreichbar wären. Zusätzlich wäre die Gefahr gegeben, dass die Versuchstiere am Plättchen festkleben. Für die Tätigkeit des Bestreichens eignete sich am besten eine Präpariernadel auf einer Holzhalterung; damit konnte ein winziger Tropfen Gummi arabicum transferiert und dann gleichmäßig verstrichen werden.

Danach ließ man den Klebstoff kurz antrocknen und die Eier wurden unter dem Binokular mit einem feinen Pinsel nacheinander und in regelmäßigen Abständen auf das Kartonplättchen aufgebracht. Dabei war darauf zu achten, dass der Pinsel immer leicht befeuchtet war, damit die Eier am Gummi arabicum haften blieben.

Pro Kärtchen wurden 20 oder 50 *Diabrotica*-Eier aufgeklebt. Die 50er Kärtchen kamen in den „no-choice“-Versuchen zum Einsatz, die 20er Kärtchen bei Versuchen mit Alternativnahrung. Insgesamt wurden für die Versuchsreihe dieser Fragestellung zirka 160 Eikärtchen hergestellt.



Abb. 22: Nahaufnahme der Eikärtchen (Friedl, 2009)

Die Lagerung der Eierkärtchen erfolgte in Glaspetrischalen ( $\varnothing$  15 cm), welche mit befeuchteter Küchenrolle ausgelegt waren um ein Austrocknen zu verhindern. Die Petrischalen wurden mit Parafilm verschlossen und bei 8°C in einer Kühlkammer gelagert.

### 2.3.3.6 Alternativnahrung

Alternativnahrung wurde nur in den Versuchen mit laborgezuchteten *P. cupreus*, angeboten. Verwendung fand diese sowohl in Versuchen mit Adulten als auch mit Larven.

Als Alternativnahrung für die Adulten dienten Blattläuse (*Myzus persicae*) von Maispflanzen von der Versuchsfläche in Deutsch Jahrndorf.

Blätter mit einer hohen Blattlausdichte wurden mit einer Schere abgeschnitten und in einem Plastikbehälter ungekühlt in das Labor transportiert.

Um die Blattläuse abzutöten wurden sie 1h bei  $-10^{\circ}\text{C}$  in einem Tiefkühlfach gelagert. Danach wurden die Blattläuse ähnlich wie die *Diabrotica*-Eier in Gruppen zu jeweils 10 Stück/Kartonkärtchen auf Kartonkärtchen geklebt (Abb. 23). Die Fraßversuche wurden sofort danach durchgeführt, um ein Austrocknen der Blattläuse und eine damit verbundene Qualitätsminderung, zu vermeiden.

Als Alternativnahrung für die Arenaversuche mit *P. cupreus* Larven dienten die Puppen von Schmeißfliegen (*Calliphoridae*), welche auch schon in der Erhaltungszucht zum Einsatz kamen.



Abb. 23: Kartonkärtchen mit der Alternativnahrung „Blattläuse“ (Friedl, 2009).

## 2.3.4 Arenaversuche

### 2.3.4.1 Versuchsaufbau und -ablauf

Als Versuchsarenen für die Adulten wurden Kunststoffbehälter derselben Bauweise wie bei der Erhaltungszucht (siehe 2.3.2.1) verwendet. Als Substrat wurde ebenfalls Torf verwendet. Bei „no-choice“-Versuchen wurde ein Kärtchen mit 50 *Diabrotica*-Eiern mit einer Pinzette in die Mitte der Arena platziert und leicht in den Torf eingedrückt, bei Versuchen mit Alternativnahrung hingegen ein Kärtchen mit 20 *Diabrotica*-Eiern und ein Kärtchen mit 10 Blattläusen (Abb. 24). Bei Versuchen mit laborgezüchteten *P. cupreus* waren 20 bzw. 10 Arenen mit je einem Versuchstier gleichzeitig in Verwendung, während sich bei den Freilandfängen die Anzahl der Versuchsarenen nach der Anzahl der gefangenen Tiere einer Art richtete (Tab. 3).

Als Versuchsarenen für die Larven wurden Petrischalen mit einem Durchmesser von 20 cm verwendet, die ~1cm hoch mit festgedrücktem Torf befüllt wurden. In der Mitte der Arena wurde wiederum ein Eikärtchen, leicht in das Substrat gedrückt platziert. Bei Alternativnahrungsversuchen wurde zusätzlich eine halbe Calliphoridenpuppe neben das Eikärtchen gelegt.



Abb. 24 (li) und Abb. 25 (re): Eierkärtchen mit Alternativnahrungen in den Versuchsarenen (Friedl, 2009)

Alle Versuchsarenen wurden für die Versuchsdurchführung in einer Klimazelle der AGES bei 24°C, 60% relative Luftfeuchtigkeit und 16:8 hell-dunkel Photoperiode gehalten (Abb. 26). Die Dauer eines Arenaversuchs wurde auf 72 Stunden festgelegt.



Abb. 26: Versuchsarenen der Larvenfraßversuche in der Klimazelle (Friedl, 2009)

Tab. 3: Auflistung der durchgeführten Arenaversuche 2009

Versuchstier	Ursprung	Anzahl Wiederholungen („no-choice“)	Anzahl Wiederholungen („choice“)
<i>Poecilus cupreus</i> , männlich	Labor	20	10
<i>Poecilus cupreus</i> , weiblich	Labor	20	10
<i>Poecilus cupreus</i> , L1	Labor	20	10
<i>Poecilus cupreus</i> , L2	Labor	10	10
<i>Poecilus cupreus</i> , L3	Labor	10	-
<i>Calathus fuscipes</i>	Freiland	12	-
<i>Bembidion properans</i>	Freiland	10	-
<i>Staphylinidae</i>	Freiland	9	-

### 2.3.4.2 Kontrolle und Auswertung

Die Versuchsarenen wurden alle 24h überblicksmäßig mit einer Lupe kontrolliert. Bei den Zwischenkontrollen (24h/48h) wurde die Anzahl der gefressenen bzw. fehlenden oder angefressenen Eier auf den Kartonkärtchen dokumentiert. War das Versuchstier bei der Kontrolle auffindbar, wurde dessen Zustand (tot/lebendig) dokumentiert. Wurde ein totes Tier während oder am Ende des Versuchs gefunden, wurde es nicht in die Auswertung aufgenommen. War das Eikärtchen bei der Zwischenkontrolle leer oder fast leer, wurde ein neues Eikärtchen hinzugegeben. Umgedrehte oder verrutschte Eierkärtchen wurden wieder in Position gebracht bzw. wenn nötig ausgetauscht.

Bei den „choice“-Versuchen wurde die Anzahl der gefressenen oder angefressenen Blattläuse dokumentiert. Bei den Calliphoridenpuppen wurde dokumentiert ob diese leergefressen wurden oder nicht.

Bei der Endauswertung nach 72 Stunden wurde unter dem Binokular die gesamte Arena nach dem Versuchstier durchsucht und dessen Zustand dokumentiert, lebende Tiere wurden zurück in die Erhaltungszucht gebracht.

Im Binokular wurde die Versuchsarena auf heruntergefallene oder verschleppte *Diabrotica*-Eier untersucht, die sich meist in näherer Umgebung um das Eikärtchen befanden. Eier die heruntergefallen und im Substrat nicht aufgefunden worden sind, wurden als gefressen dokumentiert. Anschließend wurde die Anzahl aller fehlenden bzw. angefressenen Eier dokumentiert.

Statistisch signifikante Unterschiede in der Konsumationsrate der *Diabrotica*-Eier zwischen den Versuchsvarianten, wurden aufgrund der großen Unterschiede in der Streuung mit dem Mediantest ermittelt.

Bei den Versuchen mit den Prädatoren aus den Freilandaufsammlungen wurde auf eine quantitative statistische Auswertung verzichtet. Gründe hierfür sind die geringe Anzahl an Wiederholungen der einzelnen Varianten, das unbestimmte Alter und der unbestimmte Ernährungszustand der im Freiland aufgesammelten Tiere und die geringe Vergleichbarkeit der Daten zwischen den einzelnen Arten aufgrund der erheblichen Größenunterschiede der Adulten.

## 2.3.5 Becherversuche

### 2.3.5.1 Versuchsaufbau und -ablauf

In diesem Versuchsteil sollte herausgefunden werden, ob Laufkäferlarven die Eier von *D. v. virgifera* fressen können, wenn sich die Eier im Boden bzw. im Substrat vermischt befinden und ob sie die Larvalentwicklung mit ausschließlich *Diabrotica*-Eiern als Nahrung abschließen können.

Je ein Versuchstier wurde mit einem feuchten Pinsel in einen der Polypropylen-Versuchsbecher (Ø 10cm, 7cm tief) transferiert, welche mit unterschiedlichen Substratmischungen befüllt waren. Die Versuchsbecher wurden mit Deckeln, die mit 30-40 Belüftungslöchern versehen waren, verschlossen (Abb. 27).

Für die unterschiedlichen Substratmischungen wurden folgende Ausgangssubstrate verwendet:

- **Feuchter Torf**, welcher auch bei der Erhaltungszucht verwendet wurde;
- **Sandiges Substrat mit *Diabrotica*-Eier**, Eierdichte: 3-4/g Substrat;
- **Sandiges Substrat ohne *Diabrotica*-Eier**;

Insgesamt wurden 4 verschiedene Varianten der Becherversuche vorbereitet:

- **Hauptprobe (HP)**: 20 Wiederholungen (= Becher); pro Becher 100g Substrat mit ca. 350 *Diabrotica*-Eiern, 60g Torf und eine Laufkäferlarve (*P. cupreus*).
- **Negativprobe (NP)**: 5 Wiederholungen; pro Becher 100g Substrat ohne *Diabrotica*-Eier, 60g Torf und eine Laufkäferlarve (*P. cupreus*).
- **Positivprobe (PP)**: 5 Wiederholungen; pro Becher 100g Substrat mit ca. 350 *Diabrotica*-Eiern, 60g Torf und eine Laufkäferlarve (*P. cupreus*). Zusätzlich wurden die Larven zweimal wöchentlich, wie in der Erhaltungszucht, mit einer halben Schmeißfliegenpuppe gefüttert.
- **Kontrollprobe (KP)**: 3 Wiederholungen; In jeden Becher kam eine Mischung aus 100g Substrat mit mit ca. 350 *Diabrotica*-Eiern und 60g Torf. In die Kontrollprobe wurde keine Laufkäferlarve eingesetzt, da die Kontrollprobe ausschließlich als Vergleichsgröße für die Anzahl enthaltener Eier nach dem Herausschwemmen aus dem Substrat diente.



Abb. 27 (li): Positivprobe; Becher mit Substrat und Zusatznahrung (Friedl, 2009)

Abb. 28 (re): Lagerung der Becher in der Klimazelle (Friedl, 2009)

Jeder Becher wurde zweimal (am Becherrand und am Deckel) mit dem Namen der Versuchsvariante und der Nummer der Wiederholung beschriftet und in die Klimakammer transferiert.

Nach Versuchsbeginn wurden die Becher im Abstand von 2-4 Tagen regelmäßig auf das Vorhandensein von Larven visuell kontrolliert. Bei Bedarf wurde das Substrat befeuchtet.

#### 2.3.5.2 Auswertungsmethode

Die Versuchsdauer betrug zwischen 3 und 4 Wochen, da diese Zeitspanne der Entwicklungszeit von *P. cupreus* von der L1-Larve zum adulten Laufkäfer entsprach. Nach dem ersten Ausreten von adulten Laufkäfern in den Versuchsbechern wurde der Versuch nach ca. 1 Monat Versuchsdauer beendet.

Bei der Auswertung der Becherversuche wurde das Substrat in jedem Becher auf das Vorhandensein von Larven oder Adulten von *P. cupreus* untersucht und die Anzahl gefundener Individuen dokumentiert.

Danach wurde das Substrat aus jedem Becher, mit Ausnahme der Negativprobe, einzeln ausgeschwemmt (siehe 2.3.3.1) und die Anzahl der nach optischem Eindruck unversehrten *Diabrotica*-Eier bestimmt und dokumentiert.

Die Anzahl unversehrter Eier in den Becherversuchen wurde nach Versuchsvarianten unterteilt und statistisch miteinander verglichen. Die durchschnittliche Anzahl unversehrter Eier von *D. v. virgifera* pro Versuchsvariante in den Becherversuchen wurde mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse (SPSS für Windows) und Bonferronitest auf statistisch signifikante Unterschiede überprüft.

## **2.4 Fragestellung 3**

Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Eidichte von *D.v. virgifera* und der Abundanz ausgewählter Ei-Prädatoren in den Bodenproben einer Maismonokulturfläche?

### **2.4.1 Versuchsmaterial**

Von jenen Bodenproben die auch zur Untersuchung mittels Berlesetrichter (2.2.3.2) herangezogen wurden, wurde von jeder Probe 500-600g für diese Fragestellung verwendet.

Die Bodenproben wurden gut durchmischt und von gröbereren Strukturen (Steine, Erntereste) befreit und jeweils 250g pro Bodenprobe für die Auswertung verwendet. Die restlichen 250g jeder Bodenprobe dienten als Rückstellprobe zur Absicherung, falls der Schwemmvorgang zur Untersuchung auf *Diabrotica*-Eier misslingen sollte.

### **2.4.2 Auswertungsmethode und Datenanalyse**

Mittels Schwemmmethode (2.3.3.1) wurde für jede Bodenprobe die Anzahl der gesunden bzw. schlüpfähigen Eier bestimmt. Offensichtlich beschädigte Eier wurden nicht gezählt.

Um eine mögliche Korrelation zwischen dem Vorhandensein von natürlichen Gegenspielern von *D. v. virgifera* in den Bodenproben und den Berlesetrichtern (2.2.) und dem Vorkommen von *Diabrotica*-Eiern in den Bodenproben zu analysieren, wurde ein Chi<sup>2</sup>-Test (SPSS) durchgeführt. Die Tests wurden getrennt für jede Prädatorengruppe, sowohl epigäisch als auch endogäisch und teilweise auch für häufiger gefundene Nützlingsarten durchgeführt. Zusätzlich wurde überprüft, ob die Anzahl der Eier am Feld vom Abstand der benachbarten Brachfläche beeinflusst wird. Dazu wurde eine logarithmische Regressionsanalyse, mit der abhängigen Variable Eieranzahl und der unabhängigen Variable Abstand zur Brachfläche, durchgeführt.

## **2.5 Fragestellung 4:**

Wo legen Weibchen von *D. v. virgifera* ihre Eier am bzw. im Boden ab?

### **2.5.1 Versuchstier**

Bei den Versuchstieren handelte es sich um befruchtete *Diabrotica*-Weibchen aus Freilandfängen von der gleichen Versuchsfläche wie unter 2.2.1 beschrieben.

#### **2.5.1.1 Freilandaufsammlung und Haltung**

Die Durchführung der Freilandaufsammlung musste zu einem Termin durchgeführt werden, an dem befruchtete Weibchen in großer Anzahl auftraten. Im Versuchsjahr 2009 war die Hauptflugzeit von Anfang Juli bis Ende August und die Aufsammlung wurde daher am 22. Juli 2009 durchgeführt.

Zum Fangen wurden leere durchsichtige PET-Flaschen mit einem Volumen von 1,5L mit Trichter (Ø 12cm) verwendet und im Maisfeld 20-30 *D.v.virgifera* Käfer/Flasche vorsichtig von den Maispflanzen in die Flasche geklopft. Um das Überleben der Tiere zu gewährleisten befanden sich in der Flasche kleine Luftlöcher. Zusätzlich wurde sie mit zerkleinerten milchreifen Maisstücken, Narbenfäden und Blättern befüllt um die Nahrungsversorgung sicherzustellen.

#### **2.5.1.2 Geschlechtsbestimmung**

Die Bestimmung des Geschlechts der im Freiland gesammelten *D.v.virgifera* Adulten wurde in einer Klimakammer mit 8°C durchgeführt um die Bewegungs- bzw. Flugfähigkeit der Tiere einzuschränken. Die PET-Flaschen wurde mit einem scharfen Messer halbiert und der gesamte Inhalt in eine runde Waschschüssel (Polypropylen ca. 50cm Durchmesser) gegeben. Darin konnten mit freiem Auge befruchtete Weibchen anhand des glänzend aufgeblähten Hinterleibes (HAMMACK und WADE-FRENCH 2007) vorselektiert werden. Mit einer Federpinzette wurden die selektierten Tiere in durchsichtige Kunststoffröhrchen (Abb. 29) transferiert, um danach eine Detailbestimmung des Geschlechts durchführen zu können.



**Abb. 29:** Selektierte *Diabrotica*-Weibchen (Friedl, 2009).

Die Detailbestimmung des Geschlechts erfolgte unter dem Stereomikroskop nach HAMMACK und WADE-FRENCH (2007), wobei die Männchen von den Weibchen anhand der flachen haftenden Stellen ventral der Basitarsen, welche den Halt am Weibchen während der Paarung erhöhen, unterschieden werden.

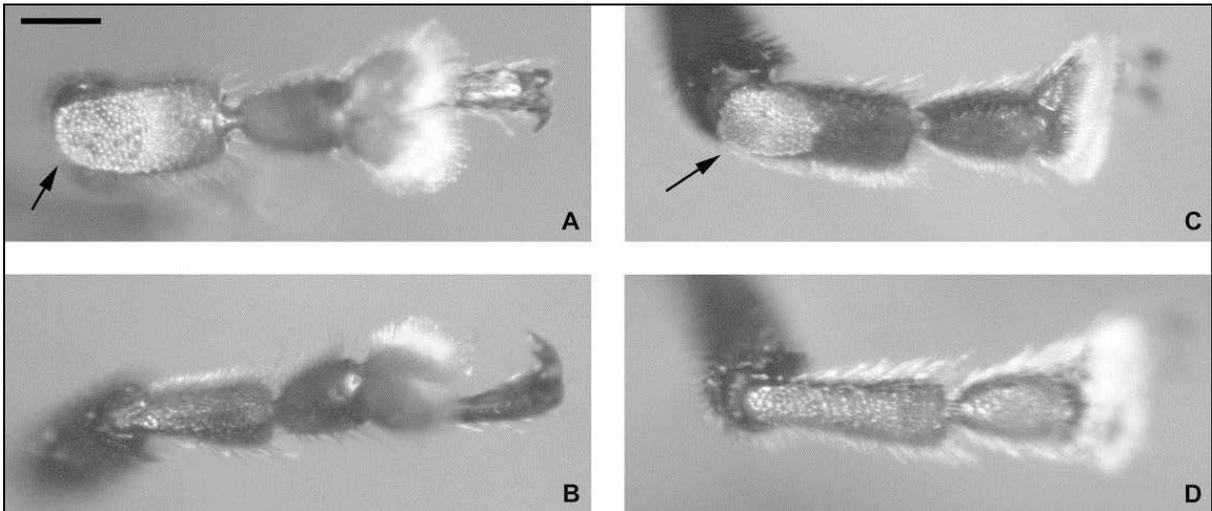


Abb. 30: Stereomikroskopische Aufnahme der Tarsen von *D. v. vigifera*.; Pfeile zeigen die Haftstellen am 1 Tarsomer der Männchen. Prothorakaler Tarsus eines Männchens (A) und eines Weibchens (B). Mesothorakaler Tarsus eines Männchens (C) und eines Weibchens (D). © HAMMACK und WADE-FRENCH 2007

### 2.5.2 Versuchsaufbau

Die verwendeten Versuchs-Gehege wurden für diesen Versuch neu konzipiert und gebaut.

Je ein Versuchsgehege bestand aus:

- 2 Glasplatten (L 27cm \* B 14cm); Stärke 0,4cm
- 1 Styroporplatte; Stärke 2cm
- 2-3 große Gummibänder
- 1 Insektennetz (L 30 cm \* B 40 cm; Maschenweite 0,2 cm befeuchtetes sandiges Substrat
- 1 kleines Futterstück die obersten 5 cm vom milchreifen Maiskolben samt Hüllblätter (Lieschen) und Narbenfäden

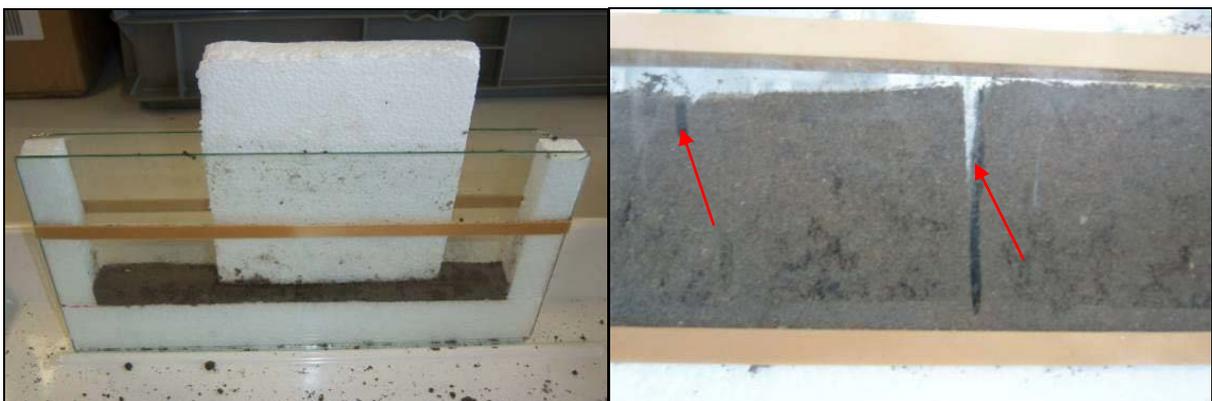


Abb. 31 (li): Versuchsgehege beim Befüllen mit sandigem Substrat (Friedl, 2009).

Abb. 32 (re): Fertig befülltes Versuchsgehege mit gebohrten Spalten (Pfeile) (Friedl, 2009).

Die beiden Glasplatten bildeten die Außenwände des Versuchs-Geheges und als Abstandhalter dazwischen diente das Styropor, welches U-förmig gefertigt drei der vier

Seiten verschloss. Zusammengehalten wurde die Konstruktion von den Gummibändern. Das Versuchs-Gehege wurde mit dem sandigen Substrat befüllt und mit Hilfe eines Styropor-Stückes verdichtet (Abb. 31). Bis zu einer Höhe von 10 cm wurde das Versuchs-Gehege gleichmässig befüllt und anschließend mit einem dünnen Holzkeil 2 Spalten in das Substrat gebohrt. Eine Spalte war 2cm tief, die andere 8cm (Abb. 32). Danach wurde das Futterstück vorsichtig im Versuchs-Gehege platziert, ohne dabei die Spalten zu verschließen (Abb. 33).

Im Kühlraum wurde nun je ein *Diabrotica*-Weibchen mit einer Federpinzette vorsichtig vom Kunststoffröhrchen in das Gehege transferiert. Danach wurde das Gehege mit dem Insektennetz, welches mit dem Gummiband straff befestigt wurde, verschlossen.

Insgesamt wurden 10 Versuchs-Gehege für je ein Weibchen vorbereitet und nachdem sich in jeder ein Versuchstier befand, Seite an Seite in eine Kunststoffkiste platziert und in einer 24°C Klimakammer verortet.



Abb. 33 (li): Futterstück im fertigen Versuchsgehege (Friedl, 2009).

Abb. 34 (re): Alle 10 Versuchsgehege zu Versuchsbeginn (Friedl, 2009).

### 2.5.3 Versuchsablauf

Für die gesamte Versuchsdauer von ca. 1 Monat wurden die Versuchs-Gehege im der 24°C Klimakammer gehalten. Der Versuch wurde beendet nach dem alle Versuchstiere verendet waren. Der Zustand der Versuchstiere wurde zweimal pro Woche kontrolliert und mit einer Sprühflasche das Substrat und das Futterstück nachgefeuchtet. Da das Insektennetz gut durchsichtig und wasserdurchlässig war, musste es für die optische Kontrolle während der gesamten Versuchsdauer nicht abgenommen werden.

### 2.5.4 Auswertungsmethode

Zur Auswertung, wo im Substrat der Versuchs-Gehege jedes *Diabrotica*-Weibchen wieviele Eier abgelegt hatte, musste das Substrat sehr genau und sorgfältig untersucht werden.

Zuerst wurde die Bodenoberfläche des Geheges mit dem Stereomikroskop auf Eigelege untersucht. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf den Bereich um und im Futterstück

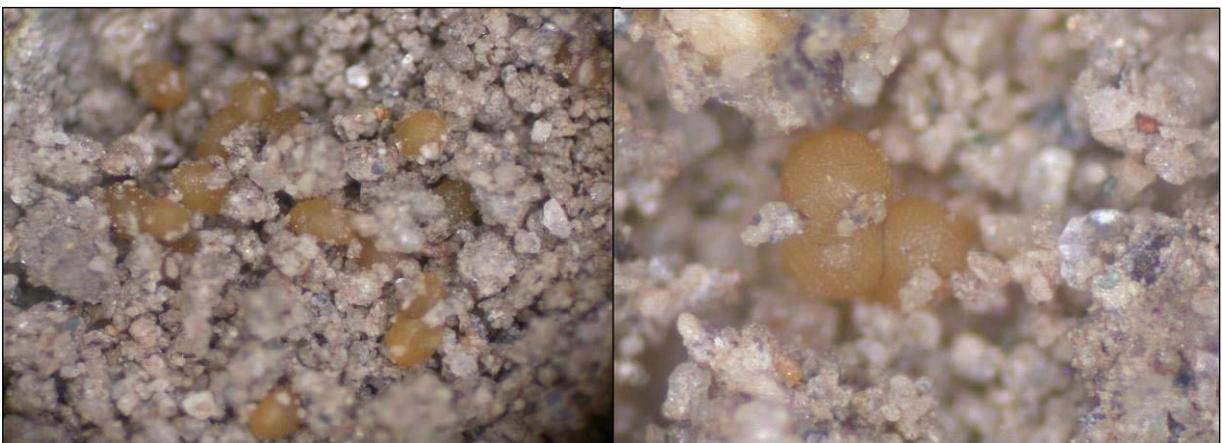
gelegt. Auch war es wichtig auf lockere und raue Strukturen an der Oberfläche zu achten, weil dort unter Umständen Eier vergraben waren (Abb. 35). Leicht erkennbar waren die Eier aufgrund der Form, der Oberflächenstruktur und der dunkelgelb bis braunen Färbung.

Anschließend mussten auch die Spalten mit Hilfe von Spatel, Präpariernadel und Pinzette untersucht werden, wofür aber die Gehege zerlegt werden mussten. Mit der Präpariernadel wurde vorsichtig in den Schichten des Substrates gebohrt, um abgelegte Eier freizulegen (Abb. 36).



**Abb. 35 (li):** Eigelege an der Oberfläche. Eier erscheinen eiförmig und dunkelgelb (Friedl, 2009).

**Abb. 36 (re):** Eigelege in einer Spalte. Eier leicht vergraben im Spaltenboden (Friedl, 2009).



**Abb. 37 (li):** Eigelege am Spaltenboden eines Versuchsgeheges (Friedl, 2009).

**Abb. 38 (re):** Dreier Eipaket in der Bodenoberfläche eines Versuchsgeheges (Friedl, 2009).

Für die Auswertung wurde die Anzahl abgelegter Eier pro Eiablageort gezählt. Als Eiablageorte wurden die Spalten, die Bodenoberfläche und der Bereich um das Futterstück festgelegt. Die durchschnittliche Anzahl abgelegter Eier nach Eiablageort von *D. v. virgifera* pro Versuchsvariante in den Eiablageversuchen wurde mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse (SPSS für Windows) und Bonferronitest auf statistisch signifikante Unterschiede überprüft.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Fragestellung 1

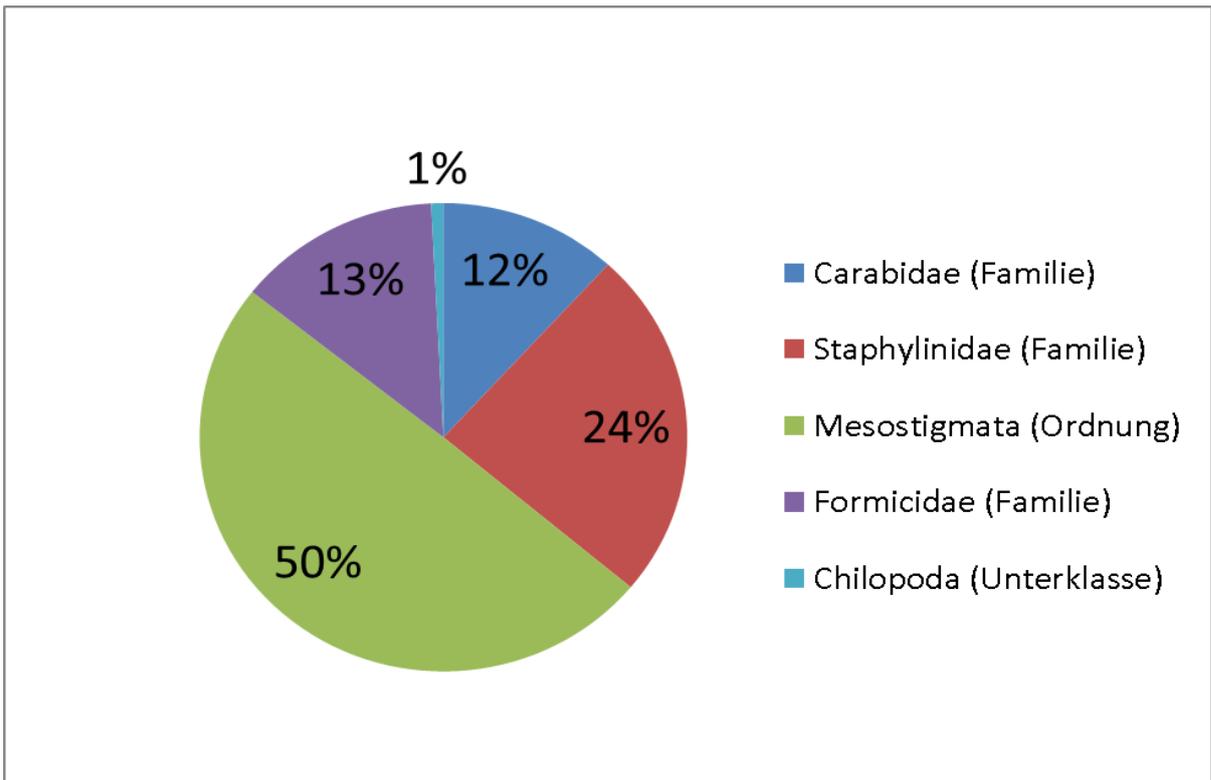
Welche räuberischen Arthropoden treten als potentielle Prädatoren von *D. v. virgifera* Eiern im Freiland auf einer ausgewählten Maismonokultur-Anbaufläche in Ostösterreich auf?

Auf der intensiv genutzten Versuchs-Maisfläche konnten 5 taxonomische Gruppen epigäischer und endogäischer, räuberischer Arthropoden mit möglichen Prädatoren von *Diabrotica*-Eiern gefunden werden. Je nach der Erhebungsmethode (Barberfallen, Berlesetrichter) und dem Erhebungszeitpunkt (Frühjahr, Spätsommer) ergaben sich Unterschiede sowohl im Spektrum der Zusammensetzung als auch in der Menge der gefangenen räuberischen Arthropoden. Wie unter 2.2.5 schon beschrieben, erfolgte die Zuordnung zu den 5 Prädatorengruppen auf unterschiedlichen taxonomischen Niveaus: *Carabidae* (Familie), *Staphylinidae* (Familie), *Mesostigmata* (Ordnung), *Formicidae* (Familie), *Chilopoda* (Unterklasse).

#### 3.1.1 Prädatorenspektrum in Barberfallen und Berlesetrichtern im Frühjahr

Insgesamt wurden im Frühjahr an 2 Aufsammlungsterminen in 24 Barberfallen und 24 Berlesetrichtern zusammen 746 Individuen potentieller Prädatoren von *Diabrotica*-Eiern gefangen.

Mit 370 gefangenen Individuen waren die Raubmilben (*Mesostigmata*), mit den beiden Unterordnungen Gamasina und Uropoidea, die am häufigsten anzutreffende Prädatorengruppe. Am zweit häufigsten waren die Kurzflügler (*Staphylinidae*) mit 181 Individuen vertreten (Abb. 39).



**Abb. 39: Anteil verschiedener epigäischer und endogäischer potentieller Prädatoren von *Diabrotica*-Eiern in den Frühjahrsproben**

Bei der Detailbestimmung innerhalb der Familie der Laufkäfer (*Carabidae*) konnten 52 Individuen der Frühjahrserhebung 12 taxonomischen Arten zugeordnet werden. 36 Laufkäfer wurden im Larvenstadium gefangen und nicht weiter bestimmt (Tab. 4).

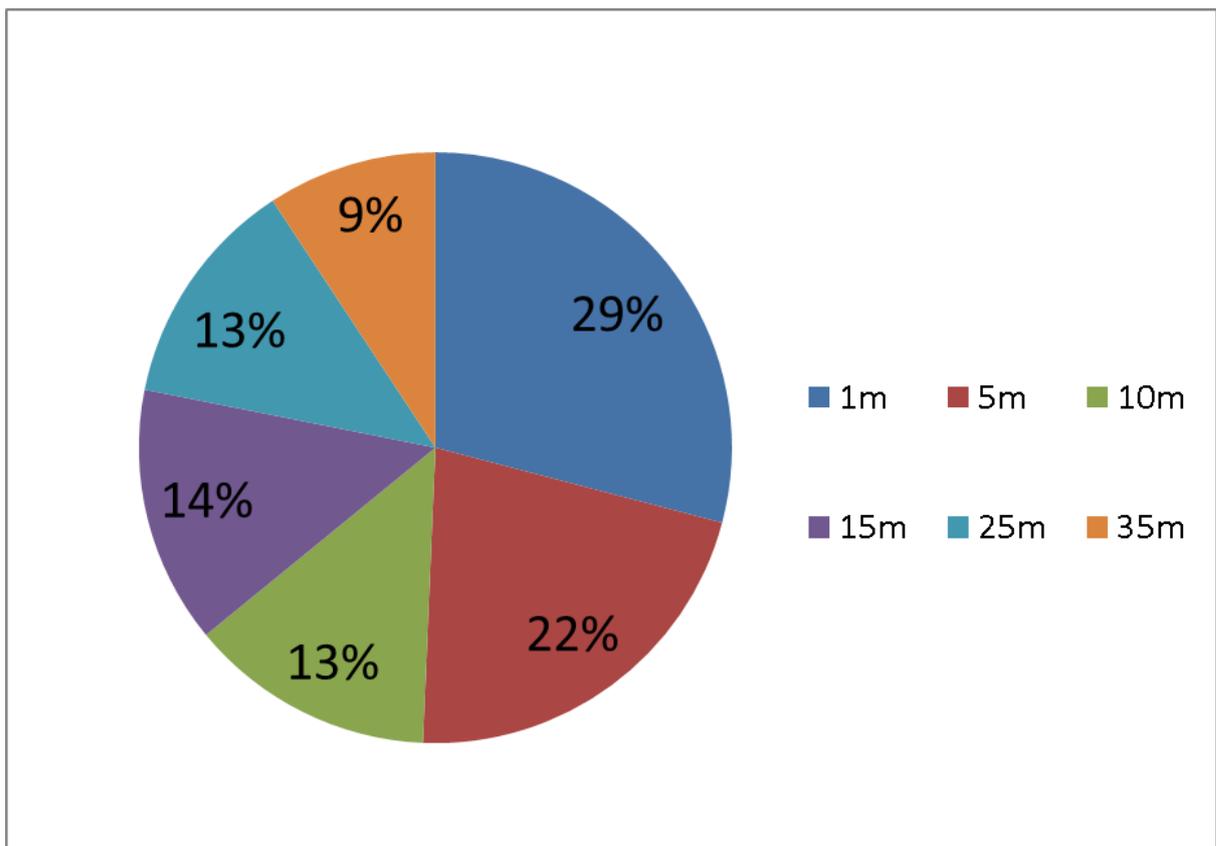
**Tab. 4: Artenspektrum, Phänologie und Individuenzahl der am Versuchsstandort im Frühjahr 2009 gefangenen Laufkäfer (*Carabidae*) (Adulte und Larven)**

Art	Phänologie	Anzahl der Individuen
<i>Bembidion properans</i> (Steph.)	Frühjahrsbrüter mit Herbstbestand	4
<i>Brachinus crepitans</i> (L.)	Frühjahrsbrüter	6
<i>Harpalus (anisodactylus) binotatus</i> (Fabr.)	Frühjahrsbrüter mit Herbstbestand	3
<i>Harpalus (pseudophonus) rufipes</i> (Deg.)	Herbstbrüter	5
<i>Harpalus (semiophonus) signaticornis</i> (Duft.)	Frühjahrsbrüter	2
<i>Harpalus aeneus/affinis</i> (Schrk.)	Frühjahrsbrüter mit Herbstbestand	1
<i>Harpalus distinguendus</i> (Duft.)	Frühjahrsbrüter mit Herbstbestand	4
<i>Harpalus serripes</i> (Que.)	Frühjahrsbrüter mit Herbstbestand	1
<i>Harpalus (pardileus) calceatus</i> (Duft.)	Herbstbrüter	1
<i>Poecilus cupreus</i> (L.)	Frühjahrsbrüter	21
<i>Poecilus lepidus</i> (Les.)	Herbstbrüter	2
<i>Poecilus sericeus</i> (Waldh.)	Frühjahrsbrüter mit Herbstbestand	2
Carabidenlarven	-	36
<b>Gesamt</b>		<b>88</b>

Unter den Individuen der Frühjahrserhebung konnten 2 Leitarten identifiziert werden:

- die Laufkäferart *Poecilus cupreus* mit einem Anteil von 33% aller gefangenen *Carabidae* und
- die Kurzflüglerart *Platystethus spinosus* mit einem Anteil von 58% aller gefangenen *Staphylinidae*.

Knapp über die Hälfte aller gefangenen Individuen befand sich in den Fallen im Abstand von 1m und 5m zur Brachfläche (Abb. 40).



**Abb. 40: Anteil potentieller epigäischer und endogäischer Prädatoren von *Diabrotica*-Eiern in den Frühjahrsproben in den verschiedenen Abstandsklassen (1m bis 35m) zur Brachfläche**

Der Abstand der Fallen für die Probennahme von der Brachfläche hatte bei manchen der taxonomischen Gruppen einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Anzahl der gefundenen Individuen potentieller Prädatoren von *D. v. virgifera*. Je geringer der Abstand der Fallen von der Bracheffläche, desto mehr Individuen waren in den Fallen vorhanden.

**Tab. 5: Anzahl möglicher Eiprädatoren (epigäisch und endogäisch) von *D. v. virgifera* pro Prädatorengruppe abhängig vom Abstand zur Brachfläche (Frühjahr 2009) Fänge mit beiden Fallentypen**

Prädatorengruppe	1m	5m	10m	15m	25m	35m	Gesamt	R <sup>2</sup>
Carabidae (Familie)	32	17	12	10	11	6	<b>88</b>	0,94
Staphylinidae (Familie)	45	24	22	31	32	27	<b>181</b>	0,35
Mesostigmata (Ordnung)	97	84	61	56	43	29	<b>370</b>	0,92
Formicidae (Familie)	42	36	3	6	8	6	<b>101</b>	0,75
Chilopoda (Unterklasse)	1	0	2	2	0	1	<b>6</b>	0,01
<b>Gesamt</b>	<b>217</b>	<b>161</b>	<b>100</b>	<b>105</b>	<b>94</b>	<b>69</b>	<b>746</b>	<b>0,95</b>

R<sup>2</sup> = Bestimmtheitsmaß

Die Gesamtanzahl der gefangenen Individuen war zwischen den Barberfallen und Berlesetrichter nicht signifikant verschieden. Mit den Barberfallen wurden 388 epigäische Prädatoren gefangen und mit den Berlesetrichtern 358 endogäische Prädatoren. In den Barberfallen war die häufigste Prädatorengruppe die der Kurzflügler (142 Individuen), in den Berlesetrichtern die der Raubmilben (271 Individuen). Die Unterklasse der Hundertfüßer war die einzige Prädatorengruppe die nur in einem Fallentyp (Berlesetrichter) gefangen wurde. Bei den Laufkäfern wurden mit dem Berlesetrichter nur Larvenstadien gefangen (Tab. 6 und Tab. 7).

**Tab. 6: Anzahl potentieller Eiprädatoren von *D. v. virgifera* pro Prädatorengruppe in BARBERFALLEN abhängig vom Abstand zur Brachfläche (Frühjahr 2009)**

Prädatorengruppe	1m	5m	10m	15m	25m	35m	Gesamt	R <sup>2</sup>
Carabidae (Familie)	21	11	8	8	8	5	<b>61</b>	0,92
Staphylinidae (Familie)	34	18	21	22	22	25	<b>142</b>	0,32
Mesostigmata (Ordnung)	17	17	21	19	18	7	<b>99</b>	0,12
Formicidae (Familie)	39	29	1	6	5	6	<b>86</b>	0,78
Chilopoda (Unterklasse)	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	-
<b>Gesamt</b>	<b>111</b>	<b>75</b>	<b>51</b>	<b>55</b>	<b>53</b>	<b>43</b>	<b>388</b>	<b>0,92</b>

R<sup>2</sup> = Bestimmtheitsmaß

**Tab. 7: Anzahl potentieller Eiprädatoren von *D. v. virgifera* pro Prädatorengruppe in BERLESETRICHTERN abhängig vom Abstand zur Brachfläche (Frühjahr 2009)**

<b>Prädatorengruppe</b>	<b>1m</b>	<b>5m</b>	<b>10m</b>	<b>15m</b>	<b>25m</b>	<b>35m</b>	<b>Gesamt</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Carabidae (Familie)	11	6	4	2	3	1	<b>27</b>	0,95
Staphylinidae (Familie)	11	6	1	9	10	2	<b>39</b>	0,17
Mesostigmata (Ordnung)	80	67	40	37	25	22	<b>271</b>	0,94
Formicidae (Familie)	3	7	2	0	3	0	<b>15</b>	0,23
Chilopoda (Unterklasse)	1	0	2	2	0	1	<b>6</b>	0,01
<b>Gesamt</b>	<b>106</b>	<b>86</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>41</b>	<b>26</b>	<b>358</b>	<b>0,76</b>

R<sup>2</sup> = Bestimmtheitsmaß

Der Abstand der Fallen für die Probennahme von der Brachfläche hatte, bei den unterschiedlichen Fangmethoden (Barberfallen und Berlesetrichter), bei manchen der taxonomischen Gruppen einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Anzahl der gefundenen Individuen potentieller Prädatoren von *D. v. virgifera*. Je geringer der Abstand der Fallen von der Brachfläche, desto mehr Individuen waren in den Fallen vorhanden (Tab. 6 und Tab. 7).

### 3.1.1. Prädatorenspektrum in Barberfallen und Berlesetrichtern im Spätsommer

Insgesamt wurden im Spätsommer an 2 Aufsammlungsterminen in 24 Barberfallen und 24 Berlesetrichtern zusammen, 451 Individuen potentieller Prädatoren von *Diabrotica*-Eiern gefangen (Tab. 8).

Mit 252 der gefangenen Individuen bildet die Familie der Ameisen (*Formicidae*) die größte Prädatorengruppe. Hohe Fangzahlen ergaben sich auch bei der Ordnung der Raubmilben (*Mesostigmata*) mit 124 Individuen (Abb. 41).

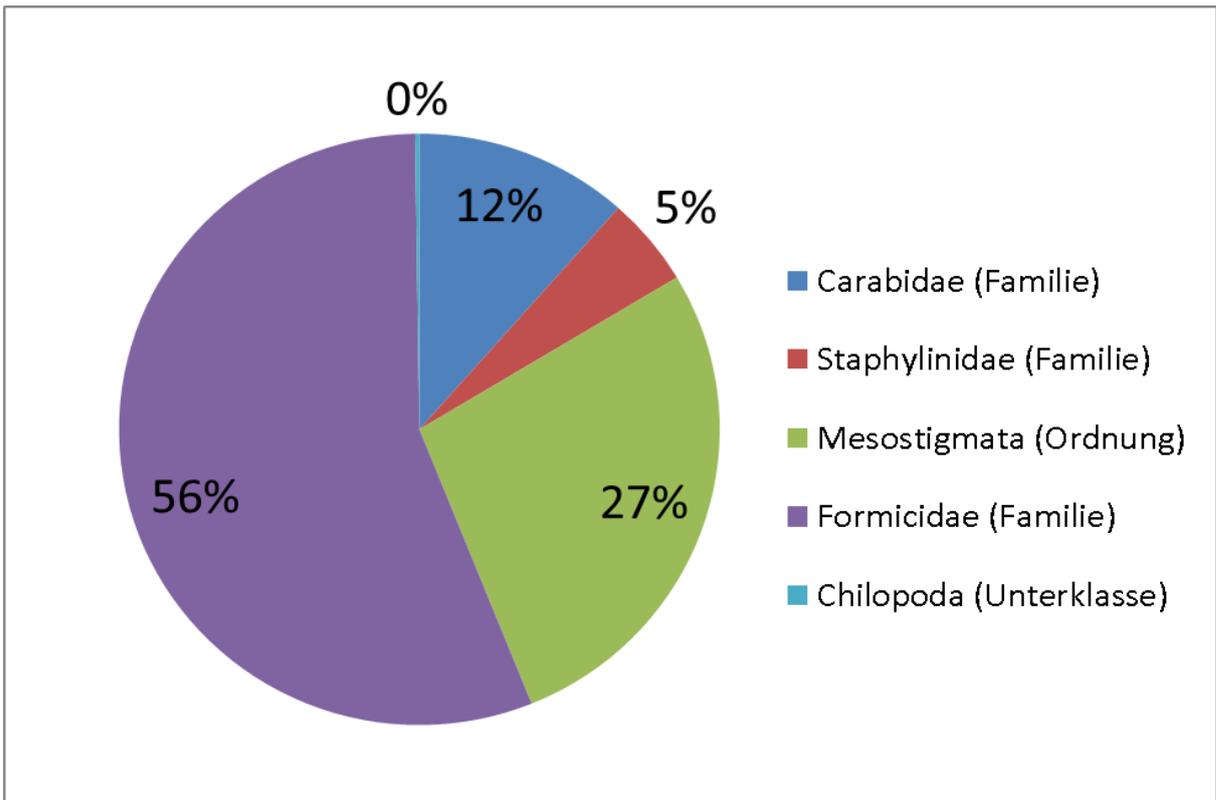


Abb. 41: Anteil verschiedener epigäischer und endogäischer potentieller Prädatoren von *Diabrotica*-Eiern im Spätsommer 2009

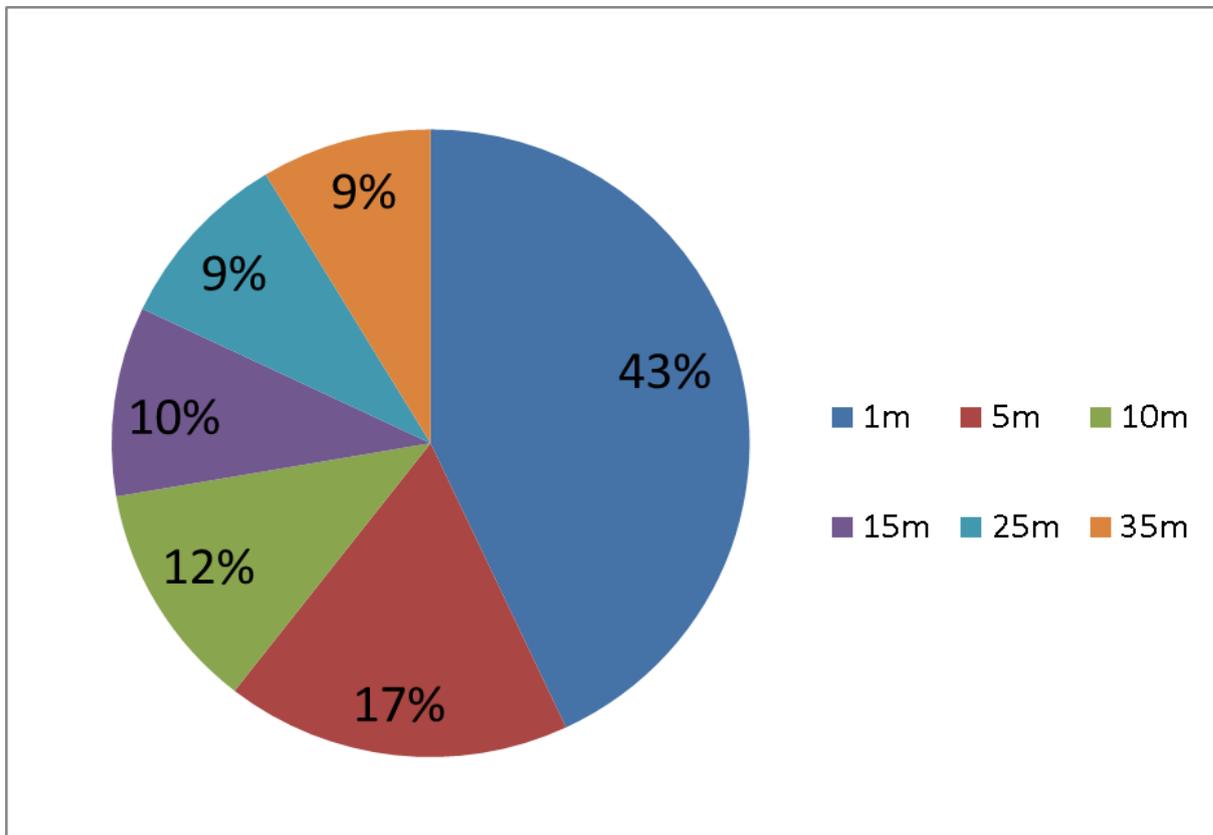
Bei der Detailbestimmung innerhalb der Familie der Laufkäfer (*Carabidae*) konnten 52 Individuen der Erhebung vom Spätsommer 8 taxonomischen Arten zugeordnet werden. 7 Laufkäfer wurden im Larvenstadium gefangen und nicht weiter bestimmt. (Tab. 8).

Unter den Individuen der Spätsommererhebung konnte als Leitart die Laufkäferart *Calathus fuscipes* mit einem Anteil von 30% aller gefangenen *Carabidae* identifiziert werden.

Tab. 8: Artenspektrum, Phänologie und Individuenzahl der am Versuchsstandort im Spätsommer 2009 gefangenen Laufkäfer (Adulte und Larven)

Art	Phänologie	Anzahl der Individuen
<i>Amara</i> spp.	-	3
<i>Calathus fuscipes</i> (Gze.)	Herbstbrüter	16
<i>Calathus melanocephalus</i> (L.)	Herbstbrüter	1
Carabidenlarve	-	7
<i>Harpalus (pseudophonus) rufipes</i> (Deg.)	Herbstbrüter	12
<i>Harpalus aeneus/affinis</i> (Schrk.)	Frühjahrsbrüter mit Herbstbestand	2
<i>Harpalus calceatus</i> (Duft.)	Herbstbrüter	4
<i>Harpalus rubripes</i> (Duft.)	Herbstbrüter	2
<i>Poecilus sericeus</i> (Waldh.)	Frühjahrsbrüter mit Herbstbestand	5
<b>Gesamt</b>		<b>52</b>

In den Fallen im Abstand von 1m und 5m zur Brachfläche befanden sich 60% aller gefangenen Individuen. Es ergab sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Abstand der Fallen von der Brachfläche und der Verteilung der potentiellen Prädatoren.



**Abb. 42: Anteil potentieller epigäischer und endogäischer Prädatoren von *Diabrotica*-Eiern in den Spätsommerproben in den verschiedenen Abstandsklassen (1m bis 35m) zur Brachfläche**

Der Abstand der Fallen für die Probenahme von der Brachfläche hatte bei manchen der taxonomischen Gruppen einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Anzahl der gefundenen Individuen potentieller Prädatoren von *D. v. virgifera*. Je geringer der Abstand der Fallen von der Brachfläche, desto mehr Individuen waren in den Fallen vorhanden (Tab. 9).

**Tab. 9: Anzahl möglicher Eiprädatoren (epigäisch und endogäisch) von *D. v. virgifera* pro Prädatorengruppe abhängig vom Abstand zur Brachfläche (Spätsommer 2009)**

Prädatorengruppe	1m	5m	10m	15m	25m	35m	Gesamt	R <sup>2</sup>
Carabidae (Familie)	21	11	10	7	1	2	52	0,96
Staphylinidae (Familie)	6	2	3	1	0	10	22	0,01
Mesostigmata (Ordnung)	31	27	14	15	25	12	124	0,52
Formicidae (Familie)	136	39	25	21	16	15	252	0,86
Chilopoda (Unterklasse)	0	0	1	0	0	0	1	0,01
<b>Gesamt</b>	<b>194</b>	<b>79</b>	<b>53</b>	<b>44</b>	<b>42</b>	<b>39</b>	<b>451</b>	<b>0,88</b>

R<sup>2</sup> = Bestimmtheitsmaß;

Mit 406 epigäischen und 45 endogäischen Prädatoren wurde der Großteil der Individuen in den Barberfallen gefangen, wobei die häufigste Prädatorengruppe die der Ameisen (244 Individuen) darstellten, in den Berlesetrichern hingegen die Raubmilben (32 Individuen). Die Unterklasse der Hundertfüßer konnte nur mit Berlesetrichern gefangen werden, die Familie der Kurzflügler nur mit Barberfallen. Bei den Laufkäfern wurden mit dem Berlesetricher nur Larvenstadien gefangen (Tab. 10 und Tab. 11).

**Tab. 10: Anzahl potentieller Eiprädatoren von *D. v. virgifera* pro Prädatorengruppe in BARBERFALLEN abhängig vom Abstand zur Brachfläche (Spätsommer 2009)**

Prädatorengruppe	1m	5m	10m	15m	25m	35m	Gesamt	R <sup>2</sup>
Carabidae (Familie)	19	10	9	7	1	2	<b>48</b>	0,95
Staphylinidae (Familie)	6	2	3	1	0	10	<b>22</b>	0,01
Acari - räuberisch (Ordnung)	26	24	8	4	22	8	<b>92</b>	0,37
Formicidae (Familie)	133	38	24	19	15	15	<b>244</b>	0,85
Chilopoda (Unterklasse)	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	-
<b>Gesamt</b>	<b>184</b>	<b>74</b>	<b>44</b>	<b>31</b>	<b>38</b>	<b>35</b>	<b>406</b>	<b>0,87</b>

R<sup>2</sup> = Bestimmtheitsmaß

**Tab. 11: Anzahl potentieller Eiprädatoren von *D. v. virgifera* pro Prädatorengruppe in BERLESETRICHERN abhängig vom Abstand zur Brachfläche (Spätsommer 2009)**

Prädatorengruppe	1m	5m	10m	15m	25m	35m	Gesamt	R <sup>2</sup>
Carabidae (Familie)	2	1	1	0	0	0	<b>4</b>	*0,90
Staphylinidae (Familie)	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	-
Acari - räuberisch (Ordnung)	5	3	6	11	3	4	<b>32</b>	0,01
Formicidae (Familie)	3	1	1	2	1	0	<b>8</b>	0,53
Chilopoda (Unterklasse)	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>	0,01
<b>Gesamt</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>45</b>	<b>0,15</b>

R<sup>2</sup> = Bestimmtheitsmaß

Der Abstand der Fallen für die Probennahme von der Brachfläche hatte, bei den unterschiedlichen Fangmethoden (Barberfallen und Berlesetricher), bei manchen der taxonomischen Gruppen einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Anzahl der gefundenen Individuen potentieller Prädatoren von *D. v. virgifera*. Je geringer der Abstand der Fallen von der Brachfläche, desto mehr Individuen waren in den Fallen vorhanden (Tab. 10 und Tab. 11).

## **3.2 Fragestellung 2**

Wie hoch ist die Fraßleistung wichtiger ausgewählter Prädatorenarten bei „no-choice“- und „choice“-Prädationsversuchen mit *D. v. virgifera* Eiern im Labor

### **3.2.1 Arenaversuche**

#### **3.2.1.1 Zusammenfassende Ergebnisse der Fraßleistung von *Poecilus cupreus***

Insgesamt wurde von 59 laborgezüchteten Adulten und 58 laborgezüchteten Larven der Art *P. cupreus* in 5 „no-choice“- und 4 „choice“-Varianten 981 *Diabrotica*-Eier konsumiert. Je nach Versuchstier (männlich, weiblich, juvenil) und dem Versuchsnahrungsangebot ergaben sich teilweise signifikante Unterschiede in der Menge der konsumierten *Diabrotica*-Eier. Die L1 Larven konsumierten sowohl in der „no-choice“-Variante als auch in der „choice“-Variante die größte Menge an *Diabrotica*-Eiern (Abb. 43 und Abb. 44). In 2 Varianten (weiblich „no-choice“, L1 „no-choice“) wurden während des Versuchsverlaufes je ein bzw. zwei tote Versuchstiere gefunden. Die Konsumationsraten dieser Versuchstiere wurden in den Ergebnissen nicht einbezogen.

In der „no-choice“-Variante konsumierte ein Männchen durchschnittlich 4,3 *Diabrotica*-Eier nach 72 Stunden Versuchsdauer, ein Weibchen durchschnittlich 5,2. Ein signifikanter Unterschied in der durchschnittlichen Konsumation zwischen männlichen Käfern und weiblichen Käfern konnte nicht festgestellt werden (Tab. 16A, Anhang).

#### **3.2.1.2 Eierkonsumation in „no-choice“-Varianten**

Die Konsumationsrate der Larvenstadien in den „no-choice“-Varianten innerhalb von 72h war zwischen den 3 Larvenstadien signifikant unterschiedlich. Individuen im ersten Larvenstadium (L1) konsumierten mit durchschnittlich 28,2 *Diabrotica*-Eiern pro Individuum eine signifikant höhere Zahl, als die L2-Larven (5 *Diabrotica*-Eier pro Individuum) und die L3-Larven (4,4 *Diabrotica*-Eier pro Individuum) (Tab. 17A, Anhang).

Im statistischen Vergleich aller „no-choice“-Varianten unterschied sich die Konsumationsrate der L1-Larven signifikant von jener allen anderen Varianten.

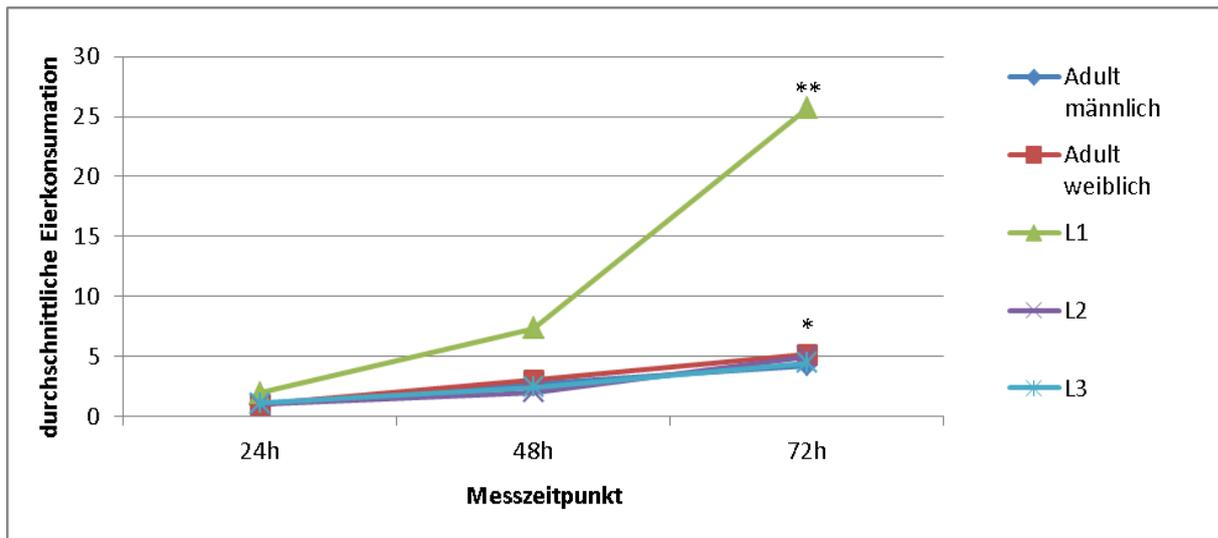


Abb. 43: Vergleich der durchschnittlichen Konsumtionsrate von juvenilen und adulten *P. cupreus* in "no-choice" Versuchen nach 24, 48, 72 Stunden. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit \* und \*\* hervorgehoben ( $\alpha \leq 0,05$ )

### 3.2.1.3 Eierkonsumation in „choice“-Varianten

In der „choice“-Variante konsumierte ein Männchen durchschnittlich 0,5 *Diabrotica*-Eier nach 72 Stunden Versuchsdauer, ein Weibchen durchschnittlich 0,7. Ein signifikanter Unterschied zwischen männlich und weiblich konnte nicht festgestellt werden (Tab. 18A-Anhang).

Nach 72 Stunden konsumierten die Versuchstiere im 1.ten Larvenstadium mit durchschnittlich 14,4 *Diabrotica*-Eiern eine signifikant höhere Menge, als die L2-Larven (4,7 *Diabrotica*-Eier) (Tab. 18A-Anhang).

Im statistischen Vergleich aller „choice“-Varianten unterschieden sich die L1-Larven signifikant von allen anderen Varianten (Abb. 44).

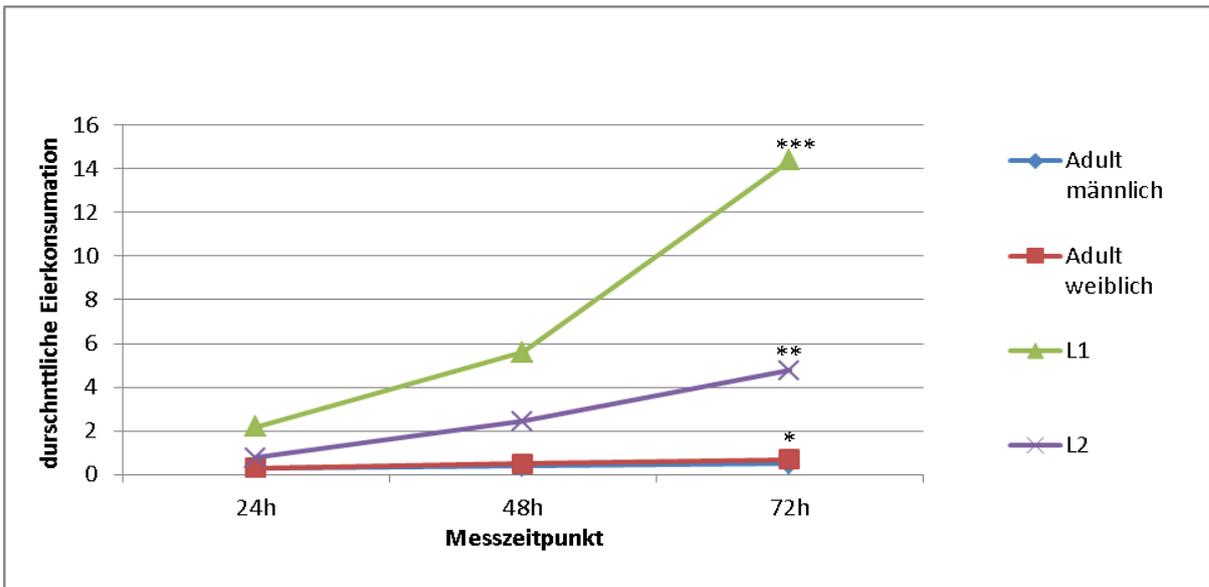


Abb. 44: Vergleich der durchschnittlichen Konsumtionsrate von juvenilen und adulten *P. cupreus* in "choice" Versuchen nach 24, 48, 72 Stunden. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit \*, \*\* und \*\*\* hervorgehoben ( $\alpha \leq 0,05$ )

### 3.2.1.4 Vergleich Eierkonsumation „no-choice“ und „choice“

Nach 72 Stunden wurde in allen „no-choice“-Varianten im Durchschnitt 10,2 *Diabrotica*-Eier konsumiert, in allen „choice“-Varianten hingegen durchschnittlich nur 4,9 *Diabrotica*-Eier. Somit unterschieden sich die Konsumtionsraten bei den beiden Futter-Angebotsvarianten signifikant voneinander (Tab. 16A, Tab. 17A und Tab. 18A).

Die geringste mittlere Konsumtionsrate nach 72h Stunden wiesen die Varianten Weibchen-choice (0,7 *Diabrotica*-Eier/Versuchstier), Männchen-choice (0,5 *Diabrotica*-Eier/Versuchstier) auf, während bei der L1-choice Variante eine mittlere Konsumtionsrate von 14,4 *Diabrotica*-Eier/Versuchstier erzielt wurde und für die L1 no-choice Variante die höchste Konsumtionsrate festgestellt werden konnte (25,7 *Diabrotica*-Eier/Versuchstier) (Abb. 45).

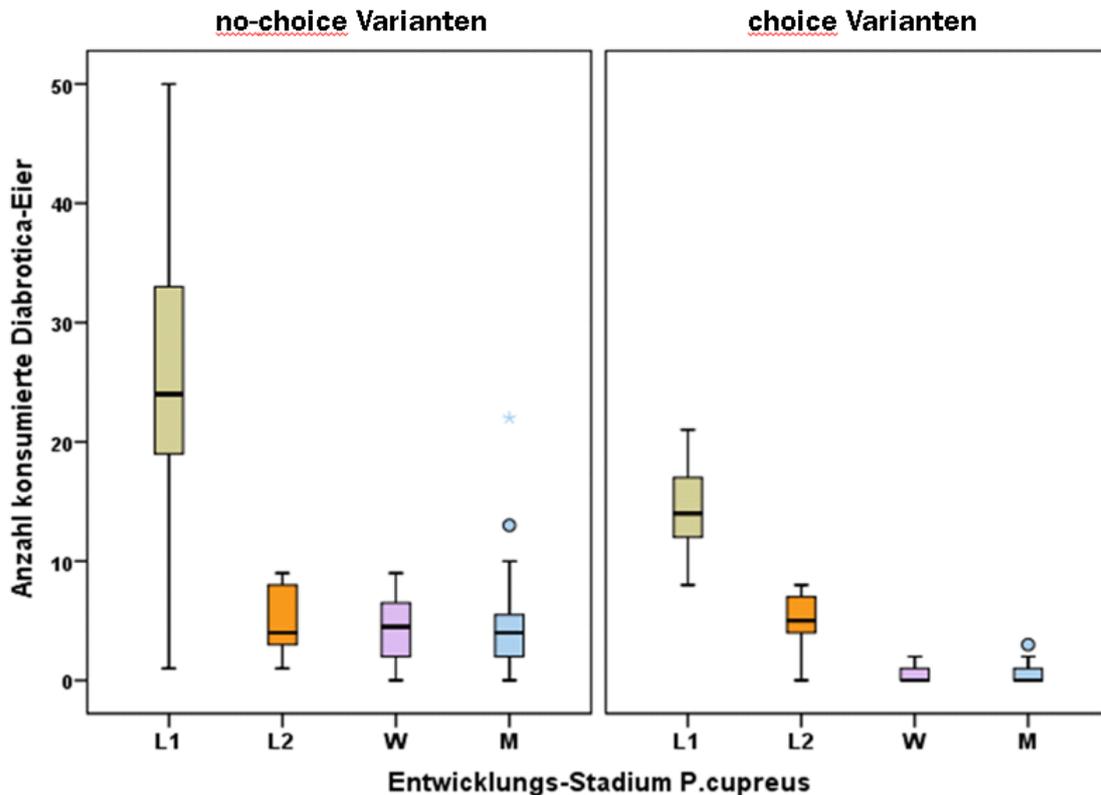


Abb. 45: Darstellung der unterschiedlichen Konsumtionsraten an *Diabrotica*-Eiern durch juvenile und adulte *P. cupreus* im Vergleich beider Varianten des Nahrungsangebotes nach 72 Stunden Versuchsdauer

### 3.2.1.5 Eierkonsumation Prädatoren aus Freilandfängen

Bei den 3 Varianten der „no-choice“- Versuche mit Prädatoren aus Freilandfängen, konsumierten die 27 adulten Versuchstiere von 3 Coleopterenarten (pro Art 9 Versuchstiere) nach 72 Stunden 769 *Diabrotica*-Eier. In jeder dieser Coleopteren-Varianten wurden tote Versuchstiere gefunden (*Bembidion properans* 4, *Calathus fuscipes* 2, *Platystethus spinosus* 1) die Konsumtionsraten der toten Versuchstiere wurden nicht in die Gesamtauswertung einbezogen.

Die höchste Konsumtionsrate mit durchschnittlich 58,3 konsumierten *Diabrotica*-Eiern nach 72 Stunden, wurde von *Calathus fuscipes* erreicht. *Bembidion properans* konsumierte in derselben Zeit knapp ein Zehntel dieser Menge, der Kurzflügler *Platystethus spinosus* zirka ein Drittel (Tab. 19).

In Abb. 46 ist ein Vergleich der Konsumtionsverläufe über 72 Stunden zwischen den drei Arten aus den Freilandfängen und dem adulten laborgezüchteten *Poecilus cupreus* (3.2.1.2) dargestellt.

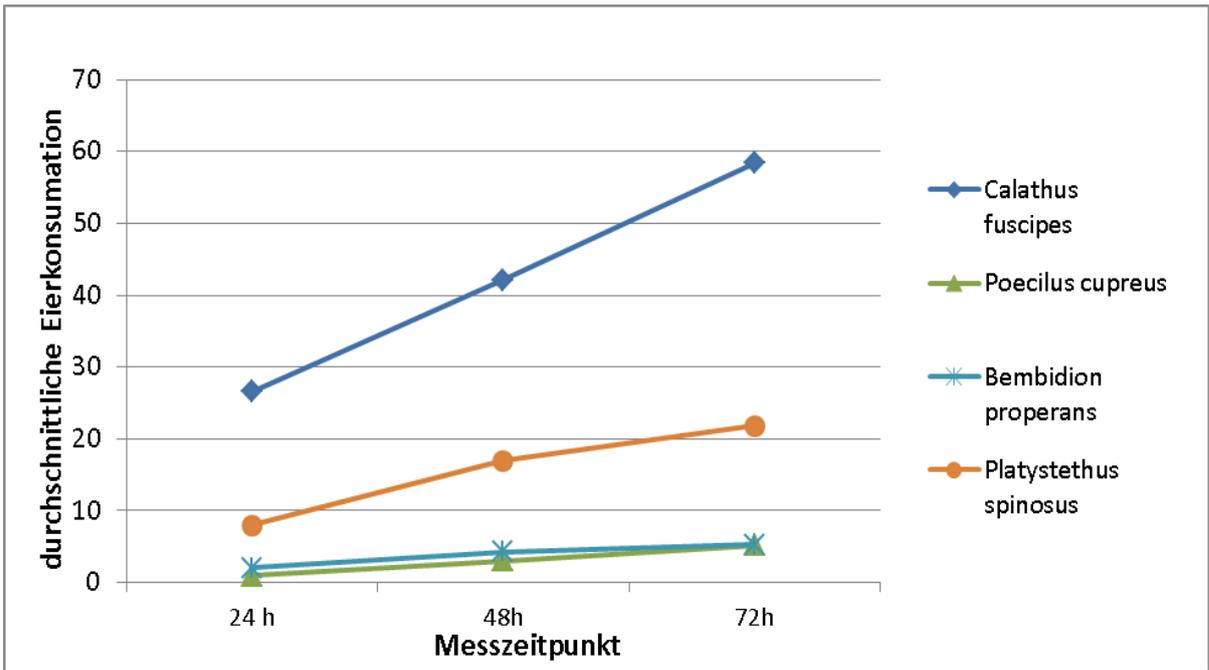


Abb. 46: Vergleich der durchschnittlichen Konsumtion von *Diabrotica*-Eiern nach 24, 48 und 72 Stunden von Adulten (3 Coleopteren-Arten) aus Freilandfängen im Vergleich zu adulten *Poecilus cupreus* aus der Laborzucht

### 3.2.2 Becherversuche

Je nach Versuchsvariante (Hauptprobe, Positivprobe, Kontrollprobe, Negativprobe) wurde zu Versuchsende eine unterschiedliche Anzahl äußerlich unversehrter *Diabrotica*-Eier (Abb. 47) und lebende *P. cupreus* gefunden (Tab. 12 und Tab. 20A).

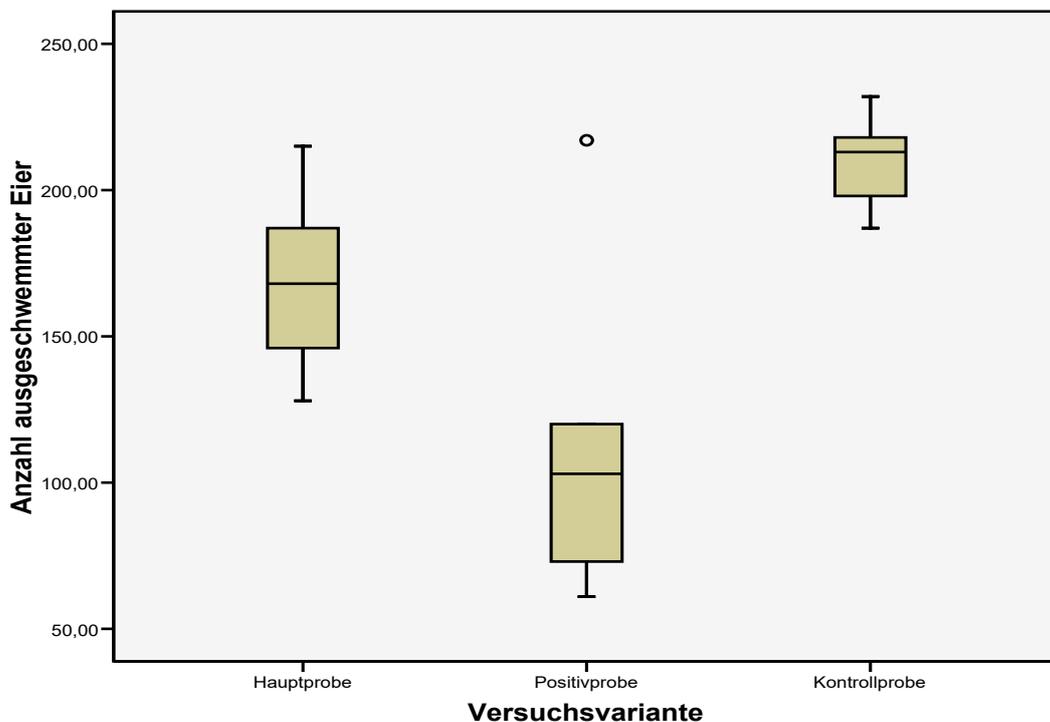


Abb. 47: Anzahl unversehrter *Diabrotica*-Eier in den Becherversuchen nach Versuchsvarianten

**Tab. 12: Durchschnittliche Anzahl unversehrter *Diabrotica*-Eier, prozentueller Anteil an der Ausgangsmenge (350 Eier) und lebender Versuchstiere nach Versuchsende pro Variante**

Versuchsvariante	N Wdhg.	Ø N Eier	% von Ausgangsmenge	N lebende adulte <i>P. cupreus</i>
Hauptprobe <sup>1</sup>	20	168,1	48	0
Positivprobe <sup>2</sup>	5	114,8	32,8	4
Kontrollprobe <sup>3</sup>	5	209,6	59,9	-
Negativprobe <sup>4</sup>	5	-	-	0

<sup>1</sup>Hauptprobe: Larve+Eiersubstrat+Torf; <sup>2</sup>Positivprobe: Larve+Eiersubstrat+Torf+Alternativnahrung; <sup>3</sup>Kontrollprobe: Eiersubstrat+Torf; <sup>4</sup>Negativprobe: Larve+Torf

Die höchste durchschnittliche Anzahl äußerlich unversehrter *Diabrotica*-Eier wurde in der Variante „Kontrollprobe“ die keine *P. cupreus* enthielten gefunden. In den beiden Varianten die *P. cupreus* Larven enthielten („Hauptprobe“ und „Positivprobe“), waren mehr *Diabrotica*-Eier in jener Variante unversehrt in der keine Alternativnahrung zu den *Diabrotica*-Eiern zugefüttert wurden („Hauptprobe“), als in der Variante in der Alternativnahrung zugefüttert wurde („Positivprobe“). In der Variante in der keine Alternativnahrung zugefüttert wurde, konnten keine lebenden *P. cupreus* gefunden werden, im Gegensatz zur Variante mit Alternativnahrung. In allen Varianten (außer PP) konnte sich *P. cupreus* nicht zum Adulttier entwickeln.

Die durchschnittliche Anzahl unversehrter *Diabrotica*-Eier in der Variante „Hauptprobe“ war statistisch signifikant verschieden von jener der Variante „Positivprobe“ ( $\alpha \leq 0.014$  Bonferroni-Test) aber nicht von jener der Variante „Kontrollprobe“ ( $\alpha \leq 0.071$  Bonferroni-Test). Die durchschnittliche Anzahl unversehrter *Diabrotica*-Eier in der Variante „Positivprobe“ war statistisch hoch signifikant verschieden von jener der Variante „Kontrollprobe“ ( $\alpha \leq 0.001$  Bonferroni-Test).

### 3.3 Fragestellung 3

Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Eidichte in den Böden und der Abundanz der wichtigsten Prädatoren?

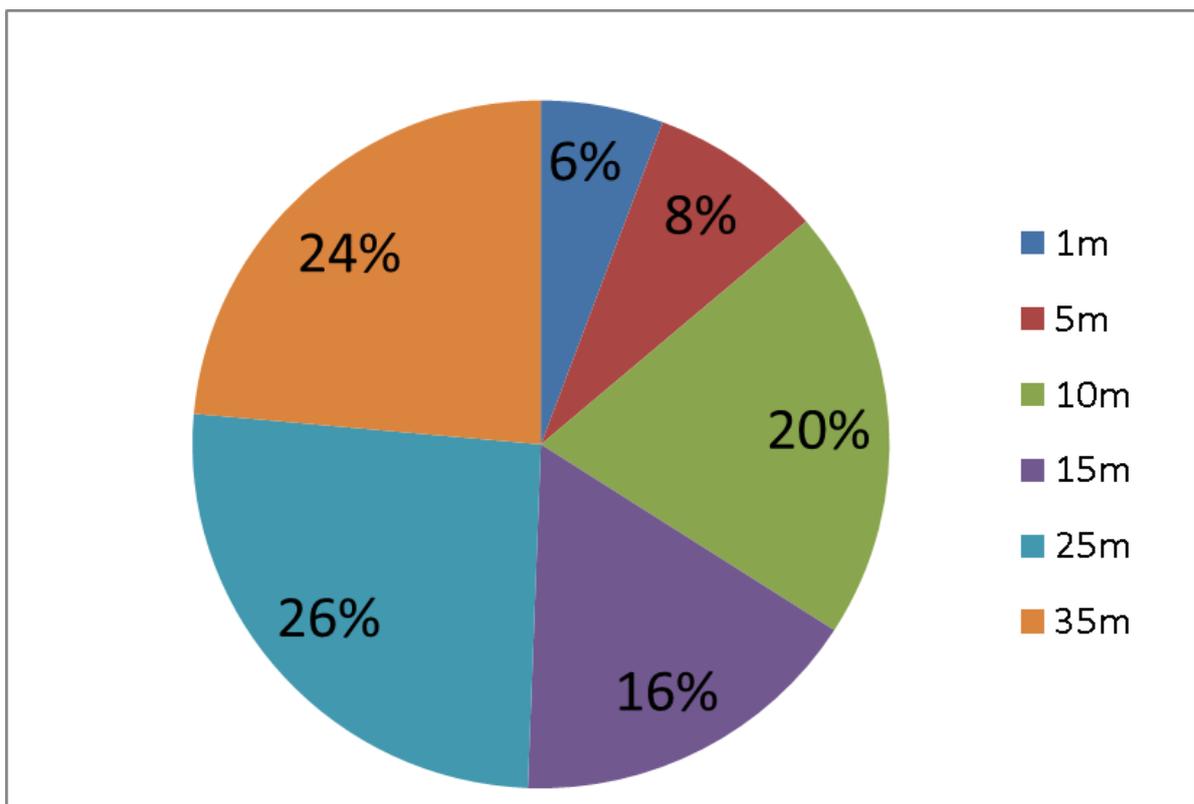
Bei der Erhebung der Anzahl von *Diabrotica*-Eiern aus Bodenproben von intensiv genutzten Maisflächen ergaben sich Unterschiede in der Menge ausgeschwemmter *Diabrotica*-Eier je nach Erhebungszeitpunkt und Abstand zur Brachfläche. Keine Zusammenhänge ergaben sich bei der Abundanz der wichtigsten Prädatoren und der Eidichte.

### 3.3.1 Anzahl *Diabrotica*-Eier im Frühjahr

Im Frühjahr wurden aus 24 Bodenproben insgesamt 581 *Diabrotica*-Eier ausgeschwemmt, wobei aber in 9 Proben keine *Diabrotica*-Eier gefunden wurden (Tab. 13).

Bei allen durchgeführten statistischen Tests konnte keine signifikante Abhängigkeit zwischen der Eidichte und der Abundanz der wichtigsten Prädatoren nachgewiesen werden.

Die geringste Anzahl an *Diabrotica*-Eiern befand sich in den Bodenproben mit einem Abstand von 1m und 5m zur Brachfläche, d.h. den Probenahmevarianten mit dem geringsten Abstand zur Brachfläche.



**Abb. 48: Prozentueller Anteil der Eierdichte im Abstand zur Brachfläche. Summe aller 4 Wiederholungen. Erhebung im Frühjahr 2009**

Die Auswertung der einzelnen Wiederholungen (A-D) zeigte, dass die Anzahl der *Diabrotica*-Eier sowohl innerhalb der Versuchsvarianten als auch zwischen den Versuchsvarianten (= Abstand zur Brachfläche) sehr unterschiedlich war. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Abstand der Probenahme von der Brachfläche und der gefundenen Anzahl der *Diabrotica*-Eiern ist daher statistisch nicht nachweisbar. Allerdings das Bestimmtheitsmaß für den Gesamtvergleich der Anzahl der *Diabrotica*-Eier, in den Abstandsvarianten über alle Wiederholungen, deutet darauf hin (Tab. 13).

Tab. 13: Anzahl *Diabrotica*-Eier aus je 250g Bodenprobe von der Versuchsfläche abhängig vom Abstand zur Brachfläche. Erhebung im Frühjahr 2009.

Wiederholung	1m	5m	10m	15m	25m	35m	Gesamt	R <sup>2</sup>
A	0	0	0	11	43	13	<b>67</b>	0,36
B	26	0	113	33	74	41	<b>287</b>	0,13
C	7	8	0	0	0	83	<b>98</b>	0,17
D	0	39	5	52	33	0	<b>129</b>	0,05
<b>Gesamt</b>	<b>33</b>	<b>47</b>	<b>118</b>	<b>96</b>	<b>150</b>	<b>137</b>	<b>581</b>	<b>0,82</b>

### 3.3.2 Anzahl *Diabrotica*-Eier im Spätsommer

Im Spätsommer wurden aus 24 Bodenproben insgesamt 976 *Diabrotica*-Eier ausgeschwemmt, wobei in 13 Proben keine *Diabrotica*-Eier gefunden wurden (Tab. 14).

Bei allen durchgeführten statistischen Tests (Kreuztabelle mit anschließendem Fisher-Test) konnte keine signifikante Abhängigkeit zwischen der Eidichte und der Abundanz der wichtigsten Prädatoren nachgewiesen werden.

Es ergab sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Abstand der Bodenproben von der Brachfläche und der Verteilung der *Diabrotica*-Eier.

Tab. 14: Anzahl *Diabrotica*-Eier aus je 250g Bodenprobe von der Versuchsfläche. Aufteilung nach Wiederholung und Abstand zur Brachfläche. Erhebung im Spätsommer 2009.

Wiederholung	1m	5m	10m	15m	25m	35m	Gesamt	R <sup>2</sup>
A	7	0	0	47	132	0	<b>186</b>	0,16
B	0	0	117	183	7	0	<b>307</b>	0,04
C	38	43	0	0	0	127	<b>208</b>	0,03
D	0	142	0	0	56	77	<b>275</b>	0,03
<b>Gesamt</b>	<b>45</b>	<b>185</b>	<b>117</b>	<b>230</b>	<b>195</b>	<b>204</b>	<b>976</b>	<b>0,67</b>

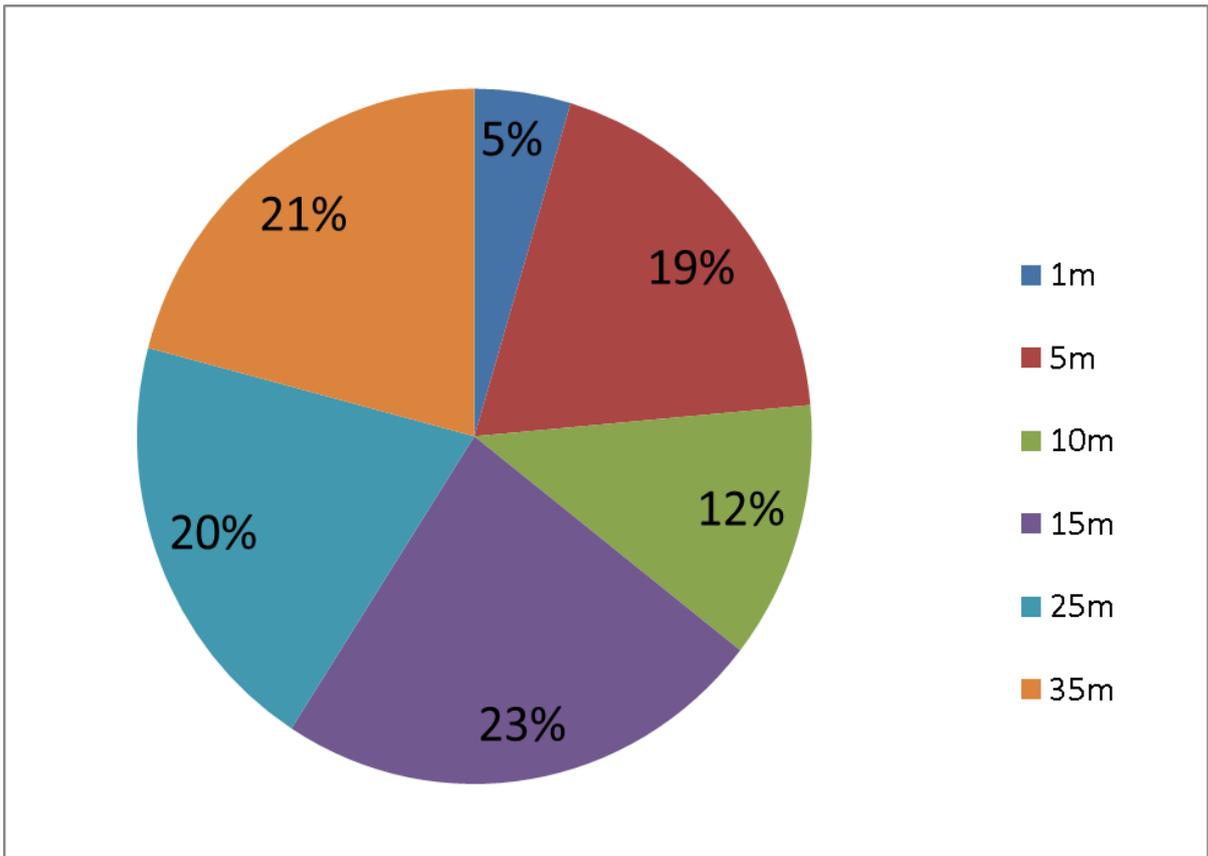


Abb. 49: Prozentueller Anteil der Anzahl *Diabrotica*-Eier aus Bodenproben im Abstand zur Brachfläche. Summe aller 4 Wiederholungen. Erhebung im Spätsommer 2009.

### 3.4 Fragestellung 4:

Welche Räuber haben Zugang zu den Eiern bzw. wo legt das *Diabrotica*-Weibchen seine Eier ab?

#### 3.4.1 Ergebnis Eiablageversuche

Bei den Eiablageversuchen von *Diabrotica*-Weibchen ergaben sich Unterschiede in der Menge abgelegter *Diabrotica*-Eier und den Orten der Eiablage.

Insgesamt wurden in den 10 Wiederholungen 483 abgelegte *Diabrotica*-Eier gefunden, durchschnittlich 48,3 Eiern pro *Diabrotica*-Weibchen (Tab. 15). Es wurden in jedem Versuchsgehege *Diabrotica*-Eier gefunden. Die größte Anzahl mit 326 *Diabrotica*-Eiern wurde in den Spalten gefunden, 83 beim Futterstück und 74 an der Bodenoberfläche (Abb. 50).

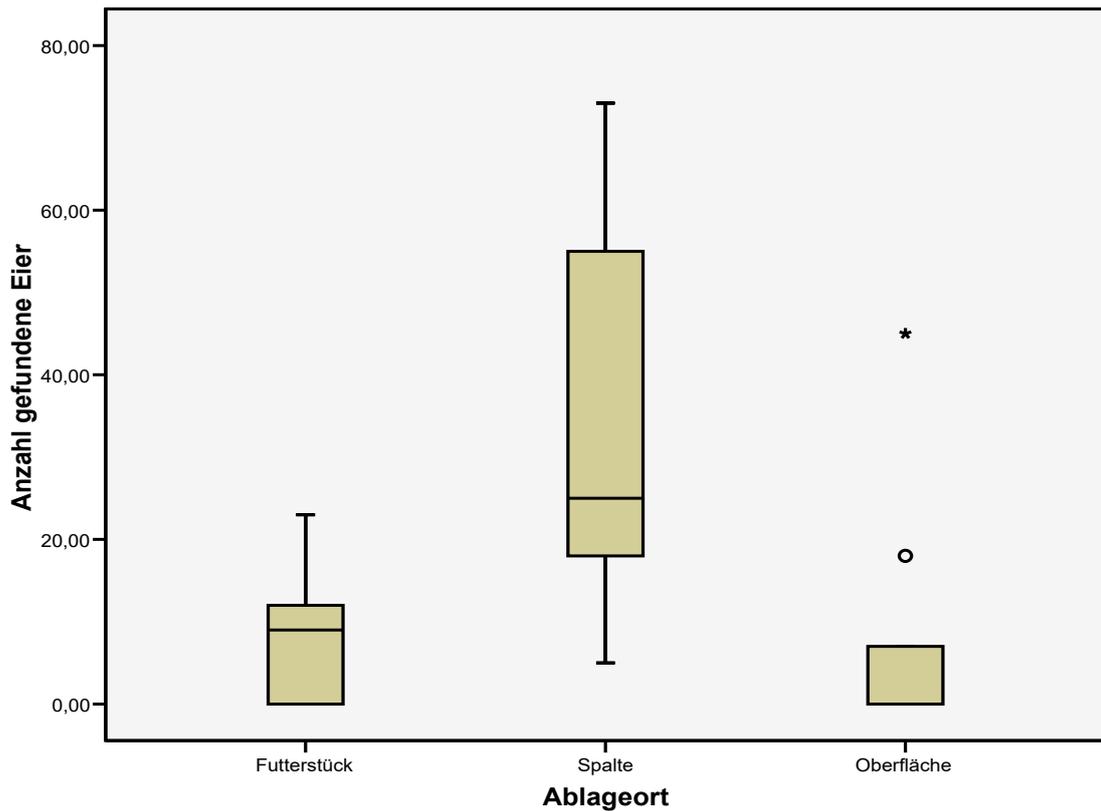


Abb. 50: Durchschnittliche Anzahl abgelegter Eier pro Eiablageort

Die Spalten wurden von allen 10 Versuchstieren zur Eiablage herangezogen, 6 von 10 wählten zusätzlich den Bereich beim Futterstück und 3 von 10 die Bodenoberfläche. Alle 3 Eiablageorte wählten 2 von 10 *Diabrotica*-Weibchen (Tab. 15).

Tab. 15: Anzahl *Diabrotica*-Eier für jedes Versuchstier pro Eiablageort

Eiablageort:	Futterstück	Spalten	Bodenoberfläche	Gesamt
<b>Nr. Versuchstier</b>				
1	18	25	0	43
2	23	15	0	38
3	0	73	0	73
4	11	18	0	29
5	12	20	4	36
6	0	55	0	55
7	12	5	45	62
8	0	60	7	67
9	0	30	18	48
10	7	25	0	32
<b>Gesamt</b>	<b>83</b>	<b>326</b>	<b>74</b>	<b>483</b>
Mittelwert:	8,3	32,6	7,4	48,3
Standardabweichung:	8,3	22,2	14,4	15,3

Viele Eier die zum Ablageort Oberfläche gezählt wurden, befanden sich nicht direkt an der Oberfläche sondern knapp (2-5mm) unter dieser vergraben. Auch die in den Spalten abgelegten Eier wurden nicht direkt am Spaltenboden abgelegt, sondern dort mit Substrat vermengt in der obersten Schicht positioniert.

Während der Auswertung war auffällig, dass viele gefundene Eier in kleinen Gruppen bzw. Paketen positioniert wurden. Diese Eierpakete bestanden aus 3 bis maximal 5 Eiern und wurden meist vergraben in den Spalten bzw. unter der Bodenoberfläche gefunden. Die Eier an der direkten Oberfläche lagen oft lose um, im, am und unterm Futterstück (Abb. 35 und Abb. 36).

## 4 Diskussion

Ziel der Freilandhebungen (Fragestellung 1) war die Ermittlung eines repräsentativen Spektrums potentieller Prädatoren von Eiern des Maiswurzelbohrers auf einer typischen intensiv genutzten landwirtschaftlichen Fläche mit hohem Maisanteil in der Fruchtfolge.

Der ausgewählte Versuchsstandort in Ostösterreich war exemplarisch für vergleichbare Ackerflächen auf denen in Untersuchungen ein ähnliches Artenspektrum wie bei den vorliegenden Untersuchungen gefunden wurde (PORHAJAŠOVÁ 2008, WALCHER 2013). Zusätzlich erwies sich der Versuchsstandort im Hinblick auf die Untersuchung der Bedeutung von Rückzugshabitaten für die Prädatoren der *Diabrotica*-Eier aufgrund der angrenzenden Brachfläche als sehr gut geeignet (KROMP 1999).

Die Versuchsdauer mit einer Freilandsaison im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit war kürzer und dadurch die Anzahl der möglichen Erhebungstermine geringer als bei vergleichbaren Arbeiten (GRABENWEGER et al. 2002, BALOG et al. 2008, BALOG et al. 2010), in denen mehrfache Erhebungen teilweise über mehrere Jahre und auf mehreren Versuchsstandorten parallel durchgeführt wurden.

Die in der vorliegenden Masterarbeit verwendeten Fangmethoden wiesen verschiedene Vor- und Nachteile im Hinblick auf die Fangergebnisse auf. Barberfallen wurden deshalb eingesetzt, weil sie für epigäische Arthropoden als einfach handhabbare, zuverlässige und etablierte Fangmethode für die Erhebung der Aktivität und relativen Häufigkeit von bodenlebenden Arthropoden gelten (VOLKMAR et al. 2001; PRASIFKA et al. 2006).

Allerdings erfassen Barberfallen die Individuendichte und das Artenspektrum nicht vollständig. So kann die tatsächliche Individuendichte (Abundanz) nicht mit Barberfallen ermittelt werden, da die Zahl der gefangenen Tiere auch von der Aktivität der Arten abhängig ist (GRABENWEGER et al. 2002). Bei Laufkäfern sind körperlich größere Arten im Vergleich zu kleineren Arten überrepräsentiert (KROMP 1999).

Um die Nachteile von Barberfallen einzuschränken oder auszuschließen, könnte die Verwendung von „Litter Bags“ eine Alternative bzw. Ergänzung zu den gängigen Barberfallen darstellen. Bei „Litter Bags“ handelt es sich um grobmaschige durchgängige, meist aus Kunststoff bestehende, Beutel (z.B. Zwiebelsäcke mit 3-5 Liter) die mit Pflanzenmaterial befüllt sind und die auf bzw. unter der Bodenoberfläche platziert werden um lebende Arthropoden zu fangen. Dadurch ergeben sich im Vergleich zu Barberfallen höhere Fangzahlen für Arthropoden mit höheren Feuchtigkeitsansprüchen wie Laufkäferlarven und Hundertfüßern (PRASIFKA et al. 2006).

Weitere in der Literatur erwähnte Erhebungsmethoden, die in Kombination oder als Alternative zu den Barberfallen eingesetzt werden könnten, wären die Kempson-

Extraktionsmethode, der Leerfangrahmen, die D-Vac Absaugmethode oder Bodenphotokollektoren (e.g. LAWSON-BALAGBO 2002, VOLKMAR et al. 2003, KOSS et al. 2005, KROMP 1999).

Die verwendete Extraktionsmethode mit Berlestrichtern zur Erfassung der endogäischen Arthropoden wurde ausgewählt, da sie die einzige standardisierte Boden-Extraktionsmethode ist, die sich auch für eine größere Anzahl von Proben eignet (KÖHLER 1999). Als Alternative wäre die Extraktion mit Heptan möglich gewesen, bei der auch immobile Bodentiere oder Entwicklungsstadien von endogäischen Arthropoden erfasst werden, die aber für einen großen Probenumfang ungeeignet ist (KÖHLER 1999). Für die morphologische Bestimmung der Laufkäfer-Arten wurde der Bestimmungsschlüssel von FREUDE et al. (1967) herangezogen, der auch in vergleichbaren Arbeiten verwendet wurde (PORHAJAŠOVÁ 2008, WALCHER 2013, BALOG et al. 2008, BALOG et al. 2010). Die Aktualität der im Bestimmungsschlüssel angegebenen Artnamen wurde mittels Internetrecherche und mit einem weiteren Bestimmungsschlüssel überprüft (TRAUTNER und GEIGENMÜLLER, 1987).

Das in der vorliegenden Arbeit im Frühjahr erhobene Arthropodenspektrum im Hinblick auf die 5 taxonomischen Gruppen potentieller Eiprädatoren von *D. v. virgifera* (*Mesostigmata*, *Staphylinidae*, *Carabidae*, *Formicidae* und *Chilopoda*), entsprach dem Arthropodenspektrum auf Ackerflächen in vergleichbaren Arbeiten (KÖHLER 1999, BALOG et al. 2008, BALOG et al. 2010, PORHAJAŠOVÁ 2008, ).

Die vorherrschende Prädatorengruppe im Frühjahr stellten die Raubmilben (*Mesostigmata*) dar. Dies ist möglicherweise auf die hohe Anpassungsfähigkeit von bodenbürtigen Raubmilben auf landwirtschaftlichen Flächen aufgrund ihrer relativ kleinen Körpergröße, ihrer morphologischen Toleranz gegenüber ungünstigen Witterungseinflüssen und ihre Reproduktionseigenschaften zurückzuführen (BEDANO et al. 2006; HÜLSMANN und WOLTERS, 1998; KÖHLER 1999).

Der Großteil der Raubmilben wurde sowohl im Frühjahr als auch im Spätsommer, in den Berlestrichtern nachgewiesen, vergleichsweise wenig in den Barberfallen. Dies lässt die Vermutung zu, dass es sich dabei hauptsächlich um endogäische Räuber handelt, was durch Literaturhinweise bestätigt wird (e.g. KÖHLER 1999; ČOJA und BRUCKNER 2006).

Bei den Coleopteren stellten die Staphyliniden (Kurzflügler) die häufigste Prädatorengruppe im Frühjahr in den Barberfallen dar, ähnlich einer vergleichbaren Freilanderhebung von ROSE und DIVELY (2007). Dieses Ergebnis legt nahe, dass Kurzflügler großteils über bzw. an der Bodenoberfläche (epigäisch) leben, wie auch in anderen Arbeiten mit Freilanderhebungen mit Flugfallen bzw. Barberfallen beschrieben wurde (MARKGRAF und BASEDOW, 2002; BALOG et al. 2008; BALOG et al. 2010). Die große Anzahl der

gefangenen Kurzflügler könnte auch auf eine hohe Abundanz des Käfers aufgrund des feuchten Versuchsstandortes zurückzuführen sein (BALOG et al. 2008).

Der Anteil von *Platystethus spinosus* von 58% der gefangenen Kurzflügler-Arten der Versuchsmaisfläche ist vergleichbar mit der relativen Abundanz von *Platystethus spinosus* von 65,6% auf Versuchsflächen mit transgenem bzw. konventionell gezüchtetem Mais westlich von Budapest (BALOG et al. 2010). Möglicherweise handelt es sich daher bei *Platystethus spinosus* um eine für Maisflächen besonders im pannonischen Raum typische Kurzflügler-Art.

Das Artenspektrum der in der gegenständlichen Arbeit erhobenen Carabiden-Arten (Laufkäfer) kann auch als typisch für Ackerflächen im Osten Österreichs bzw. im pannonischen Raum eingestuft werden (KROMP 1999; PORHAJAŠOVÁ 2008; WALCHER 2013). Zu beiden Erhebungsterminen wurden in den Barberfallen großteils Adulte und in Berlesetrichtern ausschließlich juvenile Laufkäfer gefangen. Diese Ergebnisse bestätigen die Annahme, dass die adulten Carabiden hauptsächlich epigäisch, die juvenile Stadien hingegen endogäisch leben (WACHMANN et al. 1995).

Bei den gefundenen Carabiden konnte eine Veränderung im Artenspektrum von Frühjahr zu Spätsommer beobachtet werden. Im Frühjahr trat als Leitart *Poecilus cupreus* (kupferfarbener Buntgrabläufer) auf. Der große Anteil von 33% von *P. cupreus* am Carabidenspektrum der Versuchsfläche im Frühjahr kann darauf zurückgeführt werden, dass *P. cupreus* nach der Überwinterung als Käfer im Boden (bis zu 35cm tief) (GILGENBERG 1986) seine Hauptaktivität in den Monaten Mai bis Juni bevorzugt auf feuchten und lehmigen Äckern entwickelt (OBERHOLZER und FRANK 2002). *P. cupreus* ist ein polyphager Räuber, der sich im Frühjahr von ungefähr 1/3 pflanzlicher und 2/3 tierischer Nahrung wie Blattläusen, Lepidopterenlarven, Spinnen, Milben, Ameisen und verschiedenen Insekteneiern ernährt (WACHMANN et al. 1995; EDWARDS et al. 1979).

Die im Frühjahr ebenfalls gefangenen Formicidae und Chilopoda wurden hauptsächlich bzw. ausschließlich in den Berlesetrichtern gefangen.

Das Arthropodenspektrum potentieller Eiprädatoren von *D. virgifera virgifera* war in der vorliegenden Arbeit im Spätsommer im Vergleich zum Frühjahr unverändert, allerdings die Anzahl der gefangenen Individuen insgesamt um 40% geringer, wobei dieser Rückgang nicht für alle 5 taxonomischen Prädatorengruppen im gleichen Ausmaß zutrifft.

Im Spätsommer waren die Formicidae die einzige Prädatorengruppe, die in größerer Anzahl (252) als im Frühjahr (101) gefangen werden konnte. Diese Steigerung könnte darauf zurückzuführen sein, dass es im Frühjahr (Mai-Juni) zu einer sogenannten Neugründung von Ameisenstaaten, durch trüchtige Ameisenweibchen (Königinnen), kommt (KLAUSNITZER

1996) und somit die höhere Anzahl an Ameisenstaaten eine höhere Anzahl an Ameisen im Spätsommer bedingt.

Die Raubmilben (*Mesostigmata*) machten auch im Spätsommer wieder einen hohen Anteil (27%) an den Freilandfängen aus, wobei allerdings die Anzahl um 70% geringer war als im Frühjahr. Diese Abnahme in der Raubmilbenanzahl könnte auf die mögliche Abnahme der organischen Masse im Boden im Lauf der Vegetationsperiode sowie mit der Zunahme von natürlichen Gegenspielern zurückzuführen sein (KÖHLER 1999; KROMP 1999; BALOG et al 2008).

Die Carabiden konnten im Spätsommer in vergleichbarer Anzahl wie im Frühjahr gefangen werden, allerdings mit einem veränderten Artenspektrum. Als Leitart trat *Calathus fuscipes* (Großer Kahnlaufkäfer) auf, der trockene und warme Lebensräume wie Äcker, Sandgruben und Trockenhänge bevorzugt (WACHMANN et al. 1995) und möglicherweise deshalb häufig auf der Versuchsfläche im Spätsommer zu finden war. Außerdem waren in diesem Zeitraum Getreidekörner und keimende Unkrautsamen, aber auch Blattläuse und Ameisen, die zum Nahrungsspektrum dieser Art gehören, häufig vorhanden.

Die Anzahl der *Staphyliniden* war im Spätsommer 87% geringer als im Frühjahr, im Gegensatz zu vergleichbaren Arbeiten in der Literatur in denen keine Abnahme der Anzahl der Kurzflüglern festgestellt wurde (BALOG et al. 2010). Ein möglicher Grund für diese Abnahme könnten die Flugzeiten der Kurzflügler mit den Flughöhepunkten in den Monaten Mai und Juni (MARKGRAF und BASEDOW 2002) und/oder die verringerte Feuchtigkeit des Versuchsstandortes im Laufe der Vegetationsdauer sein. Letztere Veränderung könnte auch die Reduktion der Anzahl der im Spätsommer gefangenen Chilopoda im Vergleich zum Frühjahr erklären (ROSENBERG 2009).

Die Anzahl der gefundenen Individuen potentieller Prädatoren von *D. v. virgifera* wurde neben dem Aufsammlungszeitraum auch vom Abstand der Fallen für die Probennahme von der Brachfläche beeinflusst. Je größer der Abstand der Fallen von der Brachfläche, desto weniger Raubmilben, Carabiden oder Ameisen waren in den Fallen vorhanden. Dieses Ergebnis bestätigt die in der Literatur beschriebene doppelt so hohe Abundanz von Raubmilben in 0-15 cm Tiefe auf Brachflächen und 2-3 mal höhere Artenanzahl wie auf Ackerflächen (KÖHLER 1999). Auch für Carabiden existieren Studien in denen wo Brachflächen als Rückzugshabitate beschrieben werden (KROMP 1999).

Bei den Ameisen könnte die komplexe soziale Lebensweise ein Grund für die höhere Ameisenabundanz auf Brachflächen sein, da Ameisenstaaten bevorzugt in an Ackerflächen angrenzende extensiv genutzte Habitaten und eher selten direkt auf Ackerflächen gegründet werden (KIRCHNER 2007). Aufgrund der auf Ackerflächen regelmäßig durchgeführten

Bodenbearbeitung kann man zusätzlich davon ausgehen, dass dort gegründete Ameisenstaaten es schwer haben dürften sich längerfristig zu etablieren.

Für die beiden anderen potentiellen Prädatorengruppen von *D. v. virgifera*, die Staphyliniden und die Chilopoden konnte kein statistisch signifikanter Einfluß des Abstandes der Fallen für die Probennahme von der Brachfläche auf die Anzahl der gefundenen Individuen festgestellt werden.

Die Ergebnisse aus den vorliegenden Freilandhebungen weisen darauf hin, dass verschiedene potentielle Eiprädatoren von *D. v. virgifera* auf einer Maismonokulturfläche vorhanden sein können. Allerdings konnten sich nur wenige Leitarten etablieren.

Darüber hinaus konnte ein positiver Einfluss einer angrenzenden Brachfläche auf das Auftreten von drei der fünf taxonomischen Gruppen der potentiellen Eiprädatoren festgestellt werden. Um den fördernden Einfluss von Brachflächen auf das Auftreten von potentiellen Eiprädatoren von *D. v. virgifera* abzusichern, hätten Erhebungen auf einer ähnlichen Maismonokulturfläche ohne angrenzende Brachfläche durchgeführt werden müssen. Bei der Schonung und Förderung bestimmter Prädatorengruppen wie Carabiden, Staphyliniden und Formiciden kommt anderen Rückzugshabitaten wie Ackerrandstreifen bzw. Feldrainen, Hecken und Sukzessionsstreifen (KROMP 1999) sowie konservierenden Bewirtschaftungsmethoden (LUNDGREN und FERGE 2011) bzw. Kulturmaßnahmen eine große Bedeutung zu, wie z.B. der reduzierten Bodenbearbeitung, bei der aufwendige Bearbeitungsmethoden (Pflug) weitgehend oder gänzlich verzichtet wird und mit Direktsaatverfahren gearbeitet wird (VOLKMAR et al. 2003; LAWSON-BALAGBO 2002; LANGE et al. 2008).

Weitere Maßnahmen zur Förderung bestimmter Prädatorengruppen umfassen die Steigerung von organischem Material auf der Ackerfläche durch, Mulch, Kompost und anderen organischen Düngergaben (PORHAJAŠOVÁ 2008) oder auch die Bereitstellung von Wintervegetation in Form von Zwischenfruchtanbau (KROMP 1999; LUNDGREN und FERGE 2011). So konnte eine signifikante Reduktion des dritten Larvenstadiums von *D. v. virgifera* mit Weizen gras als Zwischenfrucht winterbegrünter Maisflächen erzielt werden (LUNDGREN und FERGE 2010).

Einen weiteren Beitrag zur Schonung der potentiellen Eiprädatoren auf einer ackerbaulich genutzten Fläche könnte auch die Verwendung von selektiven Pflanzenschutzmitteln leisten (LUNDGREN et al. 2013; KOSS et al. 2005).

Ziel der Fraßversuche (Fragestellung 2) im Labor war die Ermittlung der Fraßleistung der wichtigsten identifizierten Prädatorenarten bei Angebot von *D. v. virgifera* Eiern in „no-choice“- bzw. „choice“-Situationen. Vergleichbare Versuche unter Laborbedingungen wurden mit Laufkäfern und Kurzflüglern als Eiprädatoren von *D. v. virgifera virgifera* bzw. von anderen

Arthropoden und Schnecken (*Arion lusitanicus* und *Deroceras reticulatum*) durchgeführt (HATTELAND et al. 2010; OBERHOLZER und FRANK 2003; DE KRAKER et al. 2000; JO und SMITLEY, 2003). In der spezifischen Untersuchung mit *D. virgifera virgifera* dienten die *Diabrotica*-Eier allerdings nur als Alternativnahrung bei Prädationsversuchen (je 4 Arten Laufkäfer und Kurzflügler) mit Ei- und Larvenstadien der Hauptnahrung *Ataenius spretulus*, einem Schädling auf Golfplätzen (JO und SMITLEY, 2003). Prädationsversuche mit juvenilen Stadien von Laufkäfern unter Laborbedingungen mit *Diabrotica*-Eiern waren bis zur Abfassung der vorliegenden Masterarbeit hingegen nicht bekannt. Die in den zitierten Arbeiten verwendeten Versuchstiere von *P. cupreus* stammten ausschließlich aus Freilandaufsammlungen (HATTELAND et al. 2010, OBERHOLZER und FRANK 2003, DE KRAKER et al. 2000, JO und SMITLEY 2003), während in der vorliegenden Arbeit Versuchstiere aus einer kommerziellen Laborzucht eingesetzt wurden. Bei den Versuchen mit Versuchstieren aus Freilandaufsammlungen wurde die Anzahl der Wiederholungen (9-12) von dem Umfang der Lebendfängen begrenzt, während bei den Versuchen mit Versuchstieren aus der Laborzucht eine geeignete Anzahl von Versuchstieren auch für Parallel-Versuche (20 Wdhg.) zur Verfügung stand.

Für die erfolgreiche Durchführung der Fraßversuche erwiesen sich mehrere methodische Faktoren bzw. Parameter wie z.B. eine funktionierende Erhaltungszucht von *P. cupreus*, eine standardisierte Extraktionsmethode von *Diabrotica*-Eiern aus dem Eiablage-Substrat, die Eignung der verwendeten Versuchssarenen, die Verwendung eines geeigneten Versuchssubstrates und das Angebot geeigneter alternativer Futterquellen in den „choice“-Varianten als wichtig.

Als Versuchssarenen wurden für die adulten *P. cupreus* Kunststoffbehälter verwendet, da sie sich bereits in der Erhaltungszucht bewährt hatten, für die Fraßversuche mit den juvenilen Laufkäfern gelangten dagegen Petrischalen zum Einsatz, die in vergleichbaren Arbeiten für die Versuche mit den Adulten verwendet wurden (OBERHOLZER und FRANK 2003, DE KRAKER et al. 2000, JO und SMITLEY 2003).

Der als Versuchssubstrat verwendete angefeuchtete Torf erwies sich in der Erhaltungszucht als geeignet daher wurde er auch für die Versuche ausgewählt. Zeitaufwändiger war aber die Versuchsauswertung, da das Auffinden von Versuchstieren (besonders Larven) und möglicherweise verschleppten *Diabrotica*-Eiern aufgrund der groben und lockeren Struktur erschwert war.

Die Verwendung der angefertigten Eikärtchen mit *Diabrotica*-Eiern erwies sich sowohl als standardisierte Futterquelle für *P. cupreus* geeignet, als auch für eine genaue und schnelle Feststellung der Fraßleistung aufgrund der verlässlichen und schnellen Auffindbarkeit der Versuchsnahrung. Als Alternativnahrung wurden Blattläuse sowie Puppen von

Schmeißfliegen (*Calliphoridae*) verwendet, die auch in der Literatur als geeignete Beutetiere für Laufkäfer beschrieben wurden (HEIMBACH 1994; OBERHOLZER und FRANK 2003; FRANK et al. 2010).

Die in der vorliegenden Arbeit festgelegte Versuchsdauer von 72 Stunden (HATTELAND et al. 2010) bot gegenüber einer kürzeren Versuchsdauer von 24 Stunden (OBERHOLZER und FRANK 2003; JO und SMITLEY 2003) den Vorteil, dass mehrere Auswertungen in 24-Stundenschritten durchgeführt werden konnte und die Entwicklung der Konsumationsrate über einen längeren Auswertungszeitraum erfasst wurde.

Die in den Arenaversuchen festgestellte Eignung von *D.v.virgifera*-Eiern als Nahrung für männliche und weibliche adulte *P. cupreus* und L1/L2 Larven aus der Laborzucht entspricht dem Beutespektrum einer Carabidenart mit generalistischer Ernährungsweise. Hinsichtlich Ernährungsweisen gelten Laufkäferarten großteils als polyphag, mit einer hohen Präferenz zu tierischer Nahrung (KOTZE et al. 2011). Nur wenige Laufkäfer haben spezialisierte Ernährungsweisen (KROMP 1999). Je nach Nahrungsangebot ist auch Kannibalismus bei Laufkäfern weit verbreitet (FRANK et al 2010). Obwohl das Fraßverhalten von Laufkäfern häufig schon erforscht wurde, sind grundlegende Fragen, speziell das artenspezifische Fraßverhalten, immer noch ungeklärt (KOTZE et al. 2011). In aus der Literatur bekannten Versuchsreihen in denen Laufkäfer als Prädatoren von Eiern von Pflanzenschädlingen in Arenaversuchen getestet wurden, konnte ebenfalls gezeigt werden, dass diese als Nahrung angenommen wurden (KROMP 1999).

Unter Freilandbedingungen dient *D. v. virgifera* als Nahrungsquelle für räuberische Arthropoden (LUNDGREN et al. 2009). In dieser Arbeit wurde die aufgenommene Nahrung von 1500 Arthropoden aus Freilandfängen qualitativ mittels qPCR auf *Diabrotica*-DNA getestet. Ein weites Artenspektrum von Laufkäfern und diversen Kurzflüglern gehörte zum Kreis der Konsumenten. Das größte Artenspektrum wurde aber bei Prädatoren mit saugenden Mundwerkzeugen festgestellt. Welches Entwicklungsstadium von *Diabrotica v. v.* von den untersuchten Arthropoden konsumiert wurde lässt sich nicht feststellen. Auch über das Ausmaß der konsumierten Menge lassen sich keine Rückschlüsse ziehen.

Bei den, in der vorliegenden Arbeit durchgeführten, Fraßleistungsversuchen mit *P. cupreus* konnten je nach Entwicklungsstadium und Geschlecht der Adulten Nahrungspräferenzen innerhalb der Art aufgezeigt werden. Die niedrigsten Konsumationsraten an *Diabrotica*-Eiern wurde unabhängig vom Geschlecht bei den Adulten festgestellt. Ein möglicher Grund für die niedrigen Konsumations-Werte der adulten *P. cupreus* in dieser Versuchsreihe im Vergleich zu Versuchen mit anderem Beuteangebot (OBERHOLZER und FRANK 2003) könnte darin liegen, dass die Eier für die Laufkäfer zu klein sind um als Nahrung wahrgenommen zu werden. Weitere Gründe könnten sein, dass die Adulten einer Reihe von Laufkäferarten

bevorzugt lebende bzw. bewegliche Beute fressen (FINCH 1996), oder dass chemische Botenstoffe der Beutetiere eine anziehende Wirkung auf den Prädator haben (LAROCHELLE 1990). Adulte *P. cupreus* sind prinzipiell in der Lage große Mengen an tierischer Nahrung von täglich bis zu  $\frac{3}{4}$  des eigenen Körpergewichts aufzunehmen (FINCH 1996). Die Fütterung von Alternativnahrung in Form von Blattläusen führte in der vorliegenden Arbeit im Vergleich zur „no-choice“ Variante zu einem Rückgang der Konsumation von *Diabrotica*-Eiern. Hingegen konnten JO und SMITLEY (2003) in ihren Versuchen, in denen *Diabrotica*-Eier als Alternativnahrung zu den Eiern der Hauptnahrung (*Ataenius spretulus*) in „choice“-Versuchen angeboten wurden, keine Abnahme der Anzahl konsumierter *Diabrotica*-Eier im Vergleich zur „no-choice“ Varianten beobachten. Die Konsumationsraten von *Diabrotica*-Eiern der juvenilen Stadien in den gegenständlichen Fraßversuchen waren größer als jene der adulten Laufkäfer. Eine statistisch signifikant größere durchschnittliche Fraßleistung als alle anderen Entwicklungsstadien konnte bei den L1-Larven festgestellt werden, sowohl in „no-choice“ als auch „choice“-Varianten. Ein möglicher Grund für diese unterschiedlichen Konsumationsraten von Larven und Adulten könnten unterschiedliche Beuteschemen sein, wie beispielsweise die Bevorzugung von unbeweglicher und kleinerer Beute durch die Larven. Außerdem nehmen juvenile Laufkäfer im Zuge ihrer Entwicklung mehr tierische Nahrung auf als adulte (LAROCHELLE 1990).

Aufgrund der eingeschränkten Mobilität muss das Nahrungsangebot aus der unmittelbaren Umgebung genutzt werden, daher existiert bei den Larven ein breiteres Beutespektrum, auch vor Kannibalismus wird nicht halt gemacht (LAROCHELLE 1990).

Die Ergebnisse aus den beschriebenen Fraßleistungsversuchen mit *P. cupreus* ließen darauf schließen, dass die Larvenstadien von *P. cupreus* ein großes Potential zur Reduktion der Anzahl von *Diabrotica*-Eiern und in weiterer Folge zur Verzögerung des Aufbaus von Populationen von *D. v. virgifera* haben können. Daher wurde eine weitere Versuchsreihe („Becherversuche“) speziell mit juvenilen Laufkäfern durchgeführt.

Die unterschiedliche Anzahl wiedergefundener Eier von *D. v. virgifera* in den Versuchsvarianten der Becherversuche lassen darauf schließen, dass die juvenilen Stadien von *P. cupreus* in der Lage sind die Eier von *D. v. virgifera* in größerem Ausmaß zu konsumieren. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Resultaten aus den Arenaversuchen. Außerdem konnte gezeigt werden, dass ein Auffinden und Konsumieren der *Diabrotica*-Eier nicht nur an der Bodenoberfläche sondern auch im Boden möglich ist. Das bedeutet, dass juvenile *P. cupreus* die Eier von *D. v. virgifera* vermutlich auch unter natürlichen Verhältnissen im Freiland im Boden auffinden und konsumieren können, da sich ein Großteil der abgelegten *Diabrotica*-Eier im Boden befindet (PIERCE und GRAY 2006). Adulte Laufkäfer konnten nur in der Versuchsvariante „Positivprobe“ (100g Substrat mit ca. 350 *Diabrotica*-Eier + 60g Torf + *P. cupreus* Larve + zweimal wöchentlich  $\frac{1}{2}$  *Calliphora* sp)

gefunden werden, was vermuten lässt, dass eine vollständige Entwicklung nur mit Eiern von *D. v. virgifera* als Nahrung nicht möglich ist. Obwohl in der Versuchsvariante „Positivprobe“ Zusatznahrung gefüttert wurde, wurden mehr Eier von *D. v. virgifera* konsumiert, als in den anderen Versuchsvarianten ohne Zusatznahrung. Dies lässt sich durch die längere Lebensdauer der Tiere erklären, wo sie auch über einen längeren Zeitraum *Diabrotica*-Eier konsumieren konnten.

Bei den „no-choice“ Versuchen mit den Arthropoden aus den Freilandfängen ist die Fraßleistung der Art *Calathus fuscipes* hervorzuheben. Individuen von *C. fuscipes* konsumierten im Mittel fast 60 Eier von *D. v. virgifera*, folglich zirka 20 Eier pro Tag. *C. fuscipes* kann durchschnittlich täglich eine Nahrungsmenge von 3/4 bis zur vollen Höhe des eigenen Körpergewichtes aufnehmen (SCHERNEY 2009). Geht man von einem durchschnittlichen Gewicht von 65µg/ *Diabrotica*-Ei aus (SPENCER et al. 2009), werden bei einer täglich konsumierten Menge von 20 Eiern von *D. v. virgifera* 1,3 mg Nahrung täglich konsumiert. Im Vergleich zu einem geschätzten Gewicht von 50 mg für *Calathus fuscipes* (WACHMANN et al. 1995) liegen die erreichten Werte dennoch weit unter der theoretischen möglichen Fraßleistung. Vergleicht man die Fraßleistung von *C. fuscipes* in „no-choice“ Versuchen aufgrund von Größe und ähnlicher Nahrungspräferenz mit der von *P. cupreus*, ist hierbei ein großer Unterschied erkennbar und zeigt, dass die oben angeführten möglichen Gründe für die niedrige Konsumationsrate von *P. cupreus* nicht auf alle Großlaufkäferarten zutreffen.

Die Kurzflüglerart *Platystethus spinosus* konsumierte in der vorliegenden Arbeit nach 72 Stunden durchschnittlich 21,77 *Diabrotica*-Eier, in „no-choice“ Versuchen innerhalb von 24h durchschnittlich 8 *Diabrotica*-Eier und somit eine vergleichbare Menge wie in den „choice“ Versuchen von JO und SMITLEY (2003) mit durchschnittlich 5,5-10 *Diabrotica*-Eiern. Grundsätzlich lieferten alle Versuchstiere aus den Freilandfängen größere durchschnittliche Fraßleistungen als *P. cupreus*, aber ein direkter Vergleich wäre nur zulässig, wenn es sich bei allen Versuchstieren um laborgezuchtete Individuen gehandelt hätte, wenn es eine entsprechend hohe und gleiche Anzahl an Wiederholungen gegeben hätte und wenn zusätzlich für alle Arten Versuche mit Alternativnahrung durchgeführt worden wären. Alternativ hätte man auch mit adulten *P. cupreus* aus Freilandfängen, die grundsätzlich zur Verfügung gestanden wären, eine Versuchsreihe durchführen können, um festzustellen ob sich hierbei ein Unterschied zu den laborgezuchteten Tieren ergeben hätte. Dies war aber aus Zeitgründen nicht möglich.

Aus allen dargestellten Versuchen der vorliegenden Arbeit zur Fraßleistung potentieller Prädatoren von Eiern von *D. v. virgifera* lässt sich schließen, dass diese unter Laborbedingungen als Nahrung angenommen werden.

Bei der laborgezüchteten Carabidenleitart aus den Frühjahrserhebungen *P. cupreus* ist die Konsumationsrate abhängig vom Entwicklungsstadium und dem Vorhandensein von Alternativnahrung. Besonders die juvenilen Stadien dieser Laufkäferart besitzen ein vielversprechendes Potenzial zur Reduktion der *Diabrotica*-Eier, was sowohl in den Arenaversuchen als auch in den Becherversuchen gezeigt werden konnte. Bei den „no-choice“ Prädationsversuchen mit den Versuchstieren aus den Freilandfängen lieferten *C. fuscipes* und *P. spinosus* vielversprechende Ergebnisse. *P. spinosus* war die Leitart innerhalb der Prädatorengruppe der Kurzflügler und *C. fuscipes* die häufigste Carabidenart im Spätsommer. Ungeklärt bleibt aber ob unter Freilandbedingungen ebenfalls ähnliche Fraßleistungen von *Diabrotica*-Eiern möglich sind, da hierbei der Faktor Alternativnahrung viel stärker zum tragen kommt.

Ziel der Fragestellung 3 war die Ermittlung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der Dichte von Eiern von *D. v. virgifera* im Boden und der Abundanz potentieller Prädatoren auf einer typischen intensiv genutzten landwirtschaftlichen Fläche mit hohem Maisanteil in der Fruchtfolge.

Zur Bestimmung der Dichte von Eiern von *D. v. virgifera* im Boden im Freiland können verschiedene Methoden wie z.B. die Entnahme der Bodenprobe mittels Bodenbohrer (PIERCE und GRAY 2006) oder die Schwemmmethode zur Extraktion der *Diabrotica*-Eier (PIERCE und GRAY 2006; TOLLEFSON 1990; MEINKE et al. 2009) angewendet werden. In der vorliegenden Arbeit wurden im Frühjahr um 40% weniger *Diabrotica*-Eier gefunden als im Spätsommer. Man kann aber trotzdem nicht von einem direkten Rückgang der Eizahl aufgrund von Einflußfaktoren im Sommer sprechen, da die Eier z.T. aus zwei verschiedenen Generationen gestammt haben können. Der Rückgang der Eizahl war vielleicht nur scheinbar vorhanden und wurde durch die zwischenzeitlich erfolgte Bodenbearbeitung nach der Maisernte verursacht, die möglicherweise zu einer homogeneren Verteilung der ansonsten aggregiert abgelegten *Diabrotica*-Eier auf der Ackerfläche geführt hatte. Die hohe Anzahl an Bodenproben ohne *Diabrotica*-Eier im Spätsommer lässt vermuten, dass die Weibchen die Eier aggregiert ablegen. Im Spätsommer kurz nach der Eiablage der Weibchen, waren die *Diabrotica*-Eier, mit Ausnahme des Abstandes von 1m zur Brachfläche, halbwegs gleichmäßig auf die Bodenproben verteilt. Ein Grund für die niedrige Eieranzahl am Feldrand könnten einerseits geänderte Bodenbedingungen wie Feuchtigkeit und Textur sein, die das Eiablageverhalten der Weibchen beeinflussen (SPENCER et al. 2009). Andererseits könnte die Population von *D. v. virgifera* zum Rand des Maisfeldes hin abnehmen und deshalb dort weniger Eier abgelegt werden, obwohl *Diabrotica*-Weibchen grundsätzlich auch außerhalb von Maisfeldern Eier ablegen können (SPENCER et al. 2009). Hervorzuheben ist der mögliche Einfluß potentieller Ei-Prädatoren aus direkt angrenzenden Brachflächen auf die Anzahl von *Diabrotica*-Eiern wie die geringere Anzahl von *Diabrotica*-

Eiern aus Bodenproben in geringem Abstand zur vorhandenen Brachefläche im Vergleich zur Anzahl von *Diabrotica*-Eiern in Bodenproben mit größerem Abstand zur vorhandenen Brachefläche in der gegenständlichen Untersuchung gezeigt hat. Obwohl kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Verteilung der Eier von *D. v. virgifera* und dem Auftreten bzw. der Anzahl einer Prädatorengruppe noch einer häufigen Prädatorenart festgestellt werden konnte. Dies hängt wahrscheinlich mit den unterschiedlichen Erhebungs- und Auswertungsmethoden für die verschiedenen Entwicklungsstadien (Eier von *D. v. virgifera* bzw. adulte Prädatoren) einerseits und den verschiedenen bevorzugten Habitaten (epigäisch, endogäisch) der Prädatoren andererseits zusammen. Besonders der Nachweis über einen Zusammenhang zwischen der Abundanz von *Diabrotica*-Eiern mit den Fängen von potentieller Ei-Prädatoren aus den Barberfallen ist schwer durchführbar, da der Aktionsradius vieler epigäischer Arthropoden um ein Vielfaches das Ausmaß der Bodenprobe überschreitet. Ein Zusammenhang zwischen der Abundanz von *Diabrotica*-Eiern mit den Fängen der endogäischen Arthropoden aus den Berlesetrichtern ist eher möglich, wobei aber Faktoren wie Alternativnahrung, Humus und Räuber-Beute-Schemen auch berücksichtigt werden müssten.

In den gegenständlichen Untersuchungen konnten potentielle Prädatoren von Eiern von *D. v. virgifera*, aber keine ausschließlich auf *Diabrotica*-Eier spezialisierte Prädatorenarten gefunden werden. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten TOEPFER und KUHLMANN (2004). Arbeiten über Ei-Prädatoren von *D. v. virgifera* führen immer Nahrungs-Generalisten an (TOEPFER 2006; LUNDGREN et al. 2008; MEINKE et al. 2009).

Zusätzlich zur Feststellung der Verteilung der Eiablage im Freiland sollte untersucht werden wo im Boden das *Diabrotica*-Weibchen seine Eier ablegt und welche Räuber zu den *Diabrotica*-Eiern Zugang haben (Fragestellung 4).

Der neu für diese Arbeit konzipierte Versuchsaufbau erwies sich als sehr gut geeignet, da die verwendeten Glasplatten sowie das transparente Insektennetz eine problemlose Beobachtung der Versuchstiere ermöglichten, ohne die Versuchseinheiten demontieren zu müssen. Nachteilig war, dass es nicht oder nur sehr schwer möglich war das Futterstück zu wechseln.

Die durchschnittliche Anzahl der abgelegten und gefundenen Eier von  $48 \pm 13$  pro Weibchen ist im Vergleich zu den Werten aus anderen wissenschaftlichen Arbeiten von  $353 \pm 237$  Eier pro Weibchen (TOEPFER und KUHLMANN 2006) bzw.  $226 \pm 133$  pro Weibchen (BEREŠ und SIONEK 2012) oder Angaben über tausend Eier pro Weibchen bei entsprechender Ernährung der Weibchen (SPENCER et al. 2009) sehr niedrig. Der wahrscheinlichste Grund ist, dass die Nahrungsversorgung über die Eiablageperiode schlecht bzw. nicht ausreichend war. Die verabreichten Futterstücke waren am Versuchsende zwar keineswegs

aufgefressen, aber doch demensprechend ausgetrocknet und dadurch wahrscheinlich für die Weibchen ungenießbar. Weitere Gründe könnten das limitierte Platzangebot und die unnatürlichen Haltungsbedingungen für die *Diabrotica*-Weibchen sein. Das Nichtvorhandensein eines männlichen Tiers und die damit einhergehende mehrmalige Befruchtung, scheidet als Grund eher aus, da aus SPENCER et al 2009 hervorgeht, dass vom Männchen eine große Spermatophore (Samenpaket) im Weibchen platziert wird, die eine Produktion von fruchtbaren Eiern über eine Dauer von 40 bis 70 Tage ermöglicht.

Aus den Ergebnissen der Eiablageversuche geht hervor, dass der bevorzugte Ablageort die Spalten im Boden sind. Dies deckt sich mit einer Vielzahl an Literaturhinweisen, wonach Trockenrisse, Bohrlöcher von Bodenlebewesen und andere Bodenöffnungen bevorzugte Eiablageorte der Weibchen von *D. v. virgifera* sind (SPENCER et al. 2009, HARMUTH 2005). 60% der Eier werden in den obersten 10 cm der Bodenschicht abgelegt (PIERCE und GRAY 2006).

Zusätzlich zu den Bodenspalten wurde ein milchreifes Maiskolbenstück als Futterstück als Ablageort gewählt. Möglicherweise wurden die Weibchen von *D. v. virgifera* von Semiochemikalien der Maispflanze angelockt oder ein alternativer Eiablageort benötigt, da die Bodenspalten schon belegt waren.

Sowohl die Eier an der Bodenoberfläche als auch jene in den Spalten waren leicht im Substrat vergraben und mit dem Substrat vermengt aufgefunden, was als Schutz vor Austrocknung dienen könnte, da die Feuchtigkeitsversorgung der wichtigste Anspruch an einen adäquaten Eiablageort der Weibchen von *D. v. virgifera* ist (MEINKE et al. 2009).

Da die Eier der Weibchen von *D. v. virgifera* nicht in tieferen Bodenschichten versteckt bzw. vergraben werden, wäre die Erreichbarkeit für epigäische als auch endogäische Prädatoren grundsätzlich gegeben.

In der vorliegenden Masterarbeit konnte erstmals gezeigt werden, dass die getesteten arthropoden Prädatoren, die in Maisflächen in Österreich natürlich auftreten einen Beitrag zur Reduktion der *D. v. virgifera* Population aufgrund der Konsumation der Eier leisten könnten. Zur Förderung der potentiellen Eiprädatoren von *D. v. virgifera* wären geeignete Kulturmaßnahmen (reduzierte Bodenbearbeitung, Ackerrandstreifen) und selektive Pflanzenschutzmaßnahmen empfehlenswert. Ob damit eine gezielte Minderung der Schädlingspopulation im Freiland erzielt werden könnte, müsste in entsprechenden Exaktversuchen abgeklärt werden.

## 5 Zusammenfassung

Der aus den USA in den frühen 1990ziger Jahren nach Europa eingeschleppte Westliche Maiswurzelbohrer, *Diabrotica virgifera virgifera* (Leconte), hat sich mittlerweile auch auf den Maismonokulturflächen im Osten Österreichs etabliert. Die derzeitigen Bekämpfungsstrategien richten sich hauptsächlich gegen die Adult- und Larvenstadien dieses wirtschaftlich bedeutenden Schadkäfers. Da die natürliche Eimortalität von *D. v. virgifera* sehr hoch ist, könnte eine weitere Erhöhung der Eimortalität zu einer Unterbrechung des Entwicklungszyklus und zu einer wirksamen Reduktion der Schädlingspopulation führen. In der vorliegenden Masterarbeit wurde dazu untersucht, ob und in welchem Ausmaß häufig vorkommende, räuberische Arthropoden das Potential besitzen, die Eier des Maiswurzelbohrers als Nahrungsquelle zu nutzen.

Bei Freilandhebungen auf einer Maismonokulturfläche in Ostösterreich mit Barberfallen und Berlesetrichern wurden im Frühjahr und Spätsommer der Versuchssaison in Abhängigkeit vom Abstand der Probennahme zu einer angrenzenden Brachfläche (1m, 5m, 10m, 15m, 25m und 35m) fünf taxonomische Gruppen epigäischer und endogäischer räuberischer Arthropoden in unterschiedlicher Häufigkeit (Mesostigmata, Staphylinidae, Formicidae, Carabidae bis Chilopoda) je nach Erhebungszeitraum und Erhebungsmethode gefunden. Innerhalb der Coleopteren traten am häufigsten *Poecilus cupreus* und *Calathus fuscipes* (Carabidae) sowie *Platystethus spinosus* (Staphylinidae) auf. Es wurden umso mehr räuberische Arthropoden (z.T. statistisch signifikant) in den Probennahme-Fallen gefunden, je geringer der Abstand zur angrenzenden Brachfläche war.

Erstmalig konnte für *Poecilus cupreus* aus einer Laborzucht (Adulte und Larven) und für ausgewählten Prädatoren-Arten der Freilandhebungen in „no-choice“- und „choice“-Prädationsversuchen im Labor gezeigt werden, dass die Eier von *D. v. virgifera* als Nahrungsquelle angenommen werden. Im „no-choice“-Test lag die Konsumationsrate bei allen Entwicklungsstadien von *P. cupreus* höher, als im „choice“-Test. Die L1 Larven konsumierten sowohl im „no-choice“-Test (*D. v. virgifera* Eier = DvVE als einzige Nahrungsquelle), als auch im „choice“-Test (Alternativnahrung *Myzus persicae* bzw. Puppen von *Calliphora* sp.) mit durchschnittlich 28,2 DvVE/72h bzw. 14,4 DvVE/72h eine statistisch signifikant höhere Anzahl von *D. v. virgifera* Eiern als die L2 Larven (5 DvVE/72h bzw. 4,7 DvVE/72h) und die adulten *P. cupreus* (4,7 DvVE/72h bzw. 0,6 DvVE/72h).

In „no-choice“-Prädationsversuchen mit Käfern aus Freilandfängen erzielte *Calathus fuscipes* die höchste durchschnittliche Fraßleistung (58,3 DvVE/72h) im Vergleich zu *Platystethus spinosus* (21,8 DvVE/72h) und *Bembidion properans* (5,3 DvVE/72h).

In einem ergänzenden Laborversuch wurde festgestellt, dass Bodenspalten gegenüber der Bodenoberfläche oder Futterstücken aus milchreifem Maiskolben von Weibchen von *D. v. virgifera* für Eiablage bevorzugt werden.

Die Anwendung der erzielten Erkenntnisse als Möglichkeit einer gezielten Reduktion von *D. v. virgifera* Populationen im Freiland, müsste in entsprechenden Exaktversuchen abgeklärt werden.

## 6 Abstract

The Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte), which was introduced from USA to Europe in the early 1990ies has meanwhile also established in the maize monoculture areas in Eastern Austria. The current control strategies are mainly directed against the adults and the larval stages of this economically important pest beetle. As the natural mortality of the eggs *D. virgifera virgifera* is very high, a further increase of the egg mortality could lead to an interruption of the developmental cycle and thus to an effective reduction of the pest population.

In this context the present Master Thesis examined if and to which extent frequently occurring predatory arthropods have the potential to feed on the eggs of *D. v. virgifera*.

In field samples from a maize monoculture site in Eastern Austria drawn in spring and late summer of the trial season with pitfall traps and Tullgren funnels (Berlese traps) at different distances from an adjacent fallow land area (1m, 5m, 10m, 15m, 25m und 35m) five taxonomic groups of epigeic and endogeic predators were found in different frequency (Mesostigmata, Staphylinidae, Formicidae, Carabidae and Chilopoda) depending on the time and the method of the survey. Within the order of the Coleoptera the most frequent species were *Poecilus cupreus* and *Calathus fuscipes* (Carabidae) and *Platystethus spinosus* (Staphylinidae). The lower the distance to the extensive used fallow land was, the more predatory arthropods were found in the traps (partly statistically significant).

For the first time predation of *D. v. virgifera* eggs by lab-reared *P. cupreus* (adults and larvae) and for selected predatory beetle species collected in the field was demonstrated in laboratory trials. In "no-choice" tests (only eggs of *D. v. virgifera*.) with *P. cupreus* the predation rate was higher for all developmental stages (adults and larvae) than in "choice" tests (alternative prey). The (statistically significant) highest rate of predation was detected for the first larval instar, both in "no-choice" and "choice" tests.

1<sup>st</sup> larval instars consumed a significantly higher number of *D. v. virgifera* eggs both in the „no-choice“-test (*D. v. virgifera* Eier = DvVE only prey source) and in the „choice“- test (alternative prey *Myzus persicae* resp. pupae of *Calliphora* sp.) with 28.2 DvVE/72h resp. 14.4 DvVE/72h at average than the 2<sup>nd</sup> larval instars (5 DvVE/72h resp. 4.7 DvVE/72h) and the adult *P. cupreus* (4.7 DvVE/72h resp. 0.6 DvVE/72h).

In „no-choice“- predation trials with beetles from the field *Calathus fuscipes* reached the highest mean predation rate (58.3 DvVE/72h) compared to *Platystethus spinosus* (21.8 DvVE/72h) and *Bembidion properans* (5.3 DvVE/72h).

In additional laboratory experiment was found, that *D. v. virgifera* prefers soil cracks for oviposition rather than the soil surface or immature corncobs.

The potential application of the obtained findings for a targeted reduction of *D. v. virgifera* populations in the field, has to be examined in appropriate field studies.

# 7 Verzeichnisse

## 7.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 (li): Großaufnahme eines adulten Maiswurzelbohrers. © Savić D. ....	9
Abb. 2 (re): Großaufnahme einer Diabroticalarve (L2). © Greb P. ....	9
Abb. 3: Aktuelles und ehemaliges Verbreitungsgebiet von <i>D. v. virgifera</i> in Europa. Daten der jeweiligen Nationalen Pflanzenschutzorganisationen .....	10
Abb. 4: Entwicklungszyklus von <i>D. v. virgifera</i> über 12 Monate. Grafik: Grabenweger G. ....	11
Abb. 5: Satellitenaufnahme der Versuchsfläche Deutsch Jahrndorf (rot markiert) Foto: Google.maps .....	15
Abb. 6: Versuchsfläche in Deutsch Jahrndorf kurz nach der Maissaat (Friedl, 2009) .....	16
Abb. 7: Schematische Darstellung des Versuchsdesigns auf der Versuchsfläche (nicht maßstabsgetreu).....	17
Abb. 8 (li): Aufnahme einer Versuchswiederholung auf der Versuchsfläche (Friedl, 2009)...	18
Abb. 9 (re): Barberfallen mit Plexiglasüberdachung und Kennzeichnung (Friedl, 2009) .....	18
Abb. 10 (li): Aufnahme der Berleseapparaturen (Friedl, 2009) .....	19
Abb. 11 (re): Nahaufnahme eines Fangbehälters (Friedl, 2009).....	19
Abb. 12: Großaufnahme <i>Poecilus Cupreus</i> . © Schmidt U. (2008).....	22
Abb. 13 (li): Aufnahme von 10 Anzuchtboxen zur Laufkäferhaltung (Friedl, 2009) .....	23
Abb. 14 (re): Nahaufnahme von einem Versuchstier <i>P. cupreus</i> (Friedl, 2009).....	23
Abb. 15: In 2 Hälften geteilte Schmeißfliegenpuppen als Futter für die <i>P. cupreus</i> Erhaltungszucht (Friedl, 2009).....	23
Abb. 16: Behälter zur Laufkäferhaltung. Links, Petrischale mit Futterrationen (Friedl, 2009)	24
Abb. 17 (li) und Abb. 18 (re): Glaszylinder zur Larvenhaltung (Friedl, 2009) .....	25
Abb. 19: Frisch geschlüpfte Larve, <i>Poecilus cupreus</i> (Friedl, 2009).....	26
Abb. 20: <i>Diabrotica</i> -Eier (Pfeile) nach Entfernung der Bodenbestandteile. Binokular ~10x Vergrößerung (Foto: A. Kahrer) .....	27
Abb. 21: <i>Diabrotica</i> -Ei: Binokular ~20x Vergrößerung (Foto: A. Kahrer).....	28
Abb. 22: Nahaufnahme der Eikärtchen (Friedl, 2009) .....	29
Abb. 23: Kartonkärtchen mit der Alternativnahrung „Blattläuse“ (Friedl, 2009). .....	30
Abb. 24 (li) und Abb. 25 (re): Eierkärtchen mit Alternativnahrungen in den Versuchsarenen (Friedl, 2009) .....	31
Abb. 26: Versuchsarenen der Larvenfraßversuche in der Klimazelle (Friedl, 2009) .....	32
Abb. 27 (li): Positivprobe; Becher mit Substrat und Zusatznahrung (Friedl, 2009).....	35
Abb. 28 (re): Lagerung der Becher in der Klimazelle (Friedl, 2009).....	35
Abb. 29: Selektierte <i>Diabrotica</i> -Weibchen (Friedl, 2009).....	38
Abb. 30: Stereomikroskopische Aufnahme der Tarsen von <i>D. v. virgifera</i> .; Pfeile zeigen die Haftstellen am 1 Tarsomer der Männchen. Prothorakaler Tarsus eines Männchens (A) und eines Weibchens (B). Mesothorakaler Tarsus eines Männchens (C) und eines Weibchens (D). © HAMMACK und WADE-FRENCH 2007 .....	39
Abb. 31 (li): Versuchsgehege beim Befüllen mit sandigem Substrat (Friedl, 2009). .....	39
Abb. 32 (re): Fertig befülltes Versuchsgehege mit gebohrten Spalten (Pfeile) (Friedl, 2009). .....	39
Abb. 33 (li): Futterstück im fertigen Versuchsgehege (Friedl, 2009). .....	40
Abb. 34 (re): Alle 10 Versuchsgehege zu Versuchsbeginn (Friedl, 2009).....	40
Abb. 35 (li): Eigelege an der Oberfläche. Eier erscheinen eiförmig und dunkelgelb (Friedl, 2009). .....	41

Abb. 36 (re): Eigelege in einer Spalte. Eier leicht vergraben im Spaltenboden (Friedl, 2009). .....	41
Abb. 37 (li): Eigelege am Spaltenboden eines Versuchsgeheges (Friedl, 2009). .....	41
Abb. 38 (re): Dreier Eipaket in der Bodenoberfläche eines Versuchsgeheges (Friedl, 2009). .....	41
Abb. 39: Anteil verschiedener epigäischer und endogäischer potentieller Prädatoren von <i>Diabrotica</i> -Eiern in den Frühjahrsproben.....	43
Abb. 40: Anteil potentieller epigäischer und endogäischer Prädatoren von <i>Diabrotica</i> -Eiern in den Frühjahrsproben in den verschiedenen Abstandsklassen (1m bis 35m) zur Brachfläche.....	44
Abb. 41: Anteil verschiedener epigäischer und endogäischer potentieller Prädatoren von <i>Diabrotica</i> -Eiern im Spätsommer 2009 .....	47
Abb. 42: Anteil potentieller epigäischer und endogäischer Prädatoren von <i>Diabrotica</i> -Eiern in den Spätsommerprobenproben in den verschiedenen Abstandsklassen (1m bis 35m) zur Brachfläche.....	48
Abb. 43: Vergleich der durchschnittlichen Konsumationsrate von juvenilen und adulten <i>P.</i> <i>cupreus</i> in "no-choice" Versuchen nach 24, 48, 72 Stunden. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit * und ** hervorgehoben ( $\alpha \leq 0,05$ ).....	51
Abb. 44: Vergleich der durchschnittlichen Konsumationsrate von juvenilen und adulten <i>P.</i> <i>cupreus</i> in "choice" Versuchen nach 24, 48, 72 Stunden. Statistisch signifikante Unterschiede sind mit *, ** und *** hervorgehoben ( $\alpha \leq 0,05$ ) .....	52
Abb. 45: Darstellung der unterschiedlichen Konsumationsraten an <i>Diabrotica</i> -Eiern durch juvenile und adulte <i>P. cupreus</i> im Vergleich beider Varianten des Nahrungsangebotes nach 72 Stunden Versuchsdauer.....	53
Abb. 46: Vergleich der durchschnittlichen Konsumation von <i>Diabrotica</i> -Eiern nach 24, 48 und 72 Stunden von Adulten (3 Coleopteren-Arten) aus Freilandfängen im Vergleich zu adulten <i>Poecilus cupreus</i> aus der Laborzucht.....	54
Abb. 47: Anzahl unversehrter <i>Diabrotica</i> -Eier in den Becherversuchen nach Versuchsvarianten .....	54
Abb. 48: Prozentueller Anteil der Eierdichte im Abstand zur Brachfläche. Summe aller 4 Wiederholungen. Erhebung im Frühjahr 2009.....	56
Abb. 49: Prozentueller Anteil der Anzahl <i>Diabrotica</i> -Eier aus Bodenproben im Abstand zur Brachfläche. Summe aller 4 Wiederholungen. Erhebung im Spätsommer 2009.....	58
Abb. 50: Durchschnittliche Anzahl abgelegter Eier pro Eiablageort.....	59

## 7.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Futterquellen von adulten <i>D. v. virgifera</i> (Untersuchungen aus Süd-Ungarn) (adaptiert nach MOESER und VIDAL 2004) .....	12
Tab. 2: Erhebungstermine auf der Versuchsfläche .....	16
Tab. 3: Auflistung der durchgeführten Arenaversuche 2009.....	32
Tab. 4: Artenspektrum, Phänologie und Individuenzahl der am Versuchsstandort im Frühjahr 2009 gefangenen Laufkäfer ( <i>Carabidae</i> ) (Adulte und Larven).....	43
Tab. 5: Anzahl möglicher Eiprädatoren (epigäisch und endogäisch) von <i>D. v. virgifera</i> pro Prädatorengruppe abhängig vom Abstand zur Brachfläche (Frühjahr 2009) Fänge mit beiden Fallentypen .....	45
Tab. 6: Anzahl potentieller Eiprädatoren von <i>D. v. virgifera</i> pro Prädatorengruppe in BARBERFALLEN abhängig vom Abstand zur Brachfläche (Frühjahr 2009).....	45
Tab. 7: Anzahl potentieller Eiprädatoren von <i>D. v. virgifera</i> pro Prädatorengruppe in BERLESETRICHTERN abhängig vom Abstand zur Brachfläche (Frühjahr 2009).....	46
Tab. 8: Artenspektrum, Phänologie und Individuenzahl der am Versuchsstandort im .....	47
Tab. 9: Anzahl möglicher Eiprädatoren (epigäisch und endogäisch) von <i>D. v. virgifera</i> pro ..	48
Tab. 10: Anzahl potentieller Eiprädatoren von <i>D. v. virgifera</i> pro Prädatorengruppe in.....	49
Tab. 11: Anzahl potentieller Eiprädatoren von <i>D. v. virgifera</i> pro Prädatorengruppe in.....	49
Tab. 12: Durchschnittliche Anzahl unversehrter <i>Diabrotica</i> -Eier, prozentueller Anteil an der Ausgangsmenge (350 Eier) und lebender Versuchstiere nach Versuchsende pro Variante .....	55
Tab. 13: Anzahl <i>Diabrotica</i> -Eier aus je 250g Bodenprobe von der Versuchsfläche abhängig vom Abstand zur Brachfläche. Erhebung im Frühjahr 2009. ....	57
Tab. 14: Anzahl <i>Diabrotica</i> -Eier aus je 250g Bodenprobe von der Versuchsfläche. Aufteilung nach Wiederholung und Abstand zur Brachfläche. Erhebung im Spätsommer 2009.....	57
Tab. 15: Anzahl <i>Diabrotica</i> -Eier für jedes Versuchstier pro Eiablageort .....	59
Tab. 16A: Eierkonsumationsrate von jedem adulten Versuchstier ( <i>Poecilus cupreus</i> ) und Mittelwerte mit Standardabweichung jeder Versuchsvariante in „no-choice“- Situationen nach 24, 48 und 72 Stunden. Aufteilung nach Geschlecht des Versuchstiers. ....	86
Tab. 17A: Eierkonsumationsrate von jedem juvenilen Versuchstier ( <i>Poecilus cupreus</i> ) und Mittelwerte mit Standardabweichung jeder Versuchsvariante in „no-choice“- Situationen nach 24, 48 und 72 Stunden. Aufteilung nach den 3 Larvenstadien des Versuchstiers. ....	87
Tab. 18A: Eierkonsumationsrate von jedem juvenilen (L1, L2) und adulten Versuchstier ( <i>Poecilus cupreus</i> ) und Mittelwerte mit Standardabweichung jeder Versuchsvariante in „choice“- Situationen nach 24, 48 und 72 Stunden. Aufteilung nach L1- und L2-Larven bzw. Geschlecht der Adulten. ....	88
Tab. 19A: Eierkonsumationsrate von jedem adulten Versuchstier und Mittelwerte mit Standardabweichung jeder Versuchsvariante in „no-choice“- Situationen nach 24, 48 und 72 Stunden. Aufteilung nach Art der Versuchstiere. ....	90
Tab. 20A: Anzahl unversehrter Eier, Entwicklungsstadium und Zustand von jedem Versuchstier und Mittelwerte mit Standardabweichung jeder Versuchsvariante.....	91

### 7.3 Literaturverzeichnis

- AGES (2015): Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit: Diabrotica-Monitoring 2015, [https://geogis.ages.at/GEOGIS\\_DIABROTICA.html](https://geogis.ages.at/GEOGIS_DIABROTICA.html)
- BACA, F. (1994): New member of the harmful entomofauna of Yugoslavia *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). *Zastita bilja* 45, 125–131.
- BALOG, A., Kiss, J., Szekeres, D.; Szena, A., Marko, V. (2010): Rove beetle (Coleoptera: Staphylinidae) communities in transgenic Bt (MON810) and near isogenic maize. *Crop Protection* 29, 567–571.
- BALOG, A., Marko, V. and Szarvas, P. (2008): Dominance, activity density and prey preferences of rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) in conventionally treated Hungarian agro-ecosystems. *Bulletin of Entomological Research* 98, 343–353.
- BEDANO, J.C., Cantú, M .P. and Doucet, M.E. (2006): Influence of three different land management practices on soil mite (Arachnida: Acari) densities in relation to a natural soil, *Appl. Soil Ecol.* 32, pp. 293–304.
- BEREŚ, P. K., Sionek, R., (2012): Study on the Fecundity, Egg Collection Technique and Longevity of *Diabrotica Virgifera* Le Conte Females Under Laboratory and Field Conditions, *Journal of Plant Protection Research* 50, 429-437.
- CATE, P. (2002): The Western Corn Rootworm *Diabrotica virgifera virgifera* (LECONTE 1858) (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae)– First records for Austria. *Beiträge zur Entomofaunistik* 3, 180-181.
- CIOSI, M., MILLER, N., GIORDANO, R., ESTOUP A., GUILLEMAUD, T. and KIM, S. (2008): Invasion of Europe by the western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera*: multiple transatlantic introductions with various reductions of genetic diversity". Faculty Publications: Department of Entomology. Paper 249.
- ČOJA, T. und Bruckner, A. (2006): The maturity index applied to soil gamasine mites from five natural forests in Austria. *Applied Soil Ecology*, Volume 34, Issue 1, Pages 1-9.
- DE KRAKER, J. VAN HUIS, A. VAN LENTEREN, J. C. HEONG, K. L. RABBINGE, R. (2000): Identity and Relative Importance of Egg Predators of Rice Leafhoppers (Lepidoptera: Pyralidae). *Biological Control* 19, 215–222.
- EDWARDS, C. A., Sunderland K. D. und George K. S. (1979): Studies on polyphagous predators of cereal aphids. *J. Appl. Ecol.* 16, 811-823.
- EGARTNER, A., U. Heimbach und G. Grabenweger (2012): A new method for efficacy testing of control measures against adult Western Corn Rootworm in maize. *Journal Für Kulturpflanzen*, 64 (9). S. 342–347.
- EU (2003): Commission decision 2003/766/EC of 24 October 2003 on emergency measures to prevent the spread within the community of *Diabrotica virgifera* LeConte. *Official Journal of the European Union* L 275, 49–50.
- EU (2006a): Commission Recommendation 2006/565/EC of 11 August 2006 on containment programmes to limit the further spread of *Diabrotica virgifera* LeConte in Community areas where its presence is confirmed. *Official Journal of the European Union* L 225, 30–31.

- EU (2013): Amending Implementing Regulation (EU) No 540/2011, as regards the conditions of approval of the active substances clothianidin, thiamethoxam and imidacloprid, and prohibiting the use and sale of seeds treated with plant protection products containing those active substances. Official Journal of the European Union L 139, 12-14.
- EU (2014): Commission Recommendation 2014/63/EU of 6 February 2014 on measures to control *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte in Union areas where its presence is confirmed. Official Journal of the European Union L 38, 46.
- FINCH, S. (1996): Effect of beetle size on predation of cabbage root fly eggs by ground beetles. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Volume 81, Issue 2, Pages 199-206.
- FOLTIN, K. (2013): Der Maiswurzelbohrer erzwingt ein Umdenken. *Der fortschrittliche Landwirt*, 22, 28-40.
- FRANK, S.D., Shrewsbury, P.M., Denno, R.F. (2010): Effects of alternative food on cannibalism and herbivore suppression by carabid larvae. *Ecological Entomology*, 35, 61–68.
- FREUDE, H., Harde, K. W., Lohse, G. A. (1967): Die Käfer Mitteleuropas. Bd. 7: Clavicornia (Ostomidae-Cisidae), Spektrum Akademischer Verlag.
- FURLAN, L., Canci, S., Di Bernardo, A., Edwards, C.R., (2006): The ineffectiveness of insecticide seed coatings and planting-time soil insecticides as *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte population suppressors. *J. Appl. Entomol.* 130, 485–490.
- GILGENBERG, A. (1986): Die Verteilungsstruktur der Carabiden- und Staphylinidenfauna verschieden bewirtschafteter landwirtschaftlicher Flächen sowie eines Waldes. Diss. Rheinische Friedrich-Wilhelm Univ. Bonn, 262pp.
- GMO Compass (2015): Genetically modified plants: Global Cultivation Area. Maize. [http://www.gmocompass.org/eng/agri\\_biotechnology/gmo\\_planting/341.genetically\\_modified\\_maize\\_global\\_area\\_under\\_cultivation.html](http://www.gmocompass.org/eng/agri_biotechnology/gmo_planting/341.genetically_modified_maize_global_area_under_cultivation.html)
- GOULSON, D. (2013): An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, Volume 50, Issue 4, 977–987.
- GRABENWEGER, G., Lawson-Balagbo, E., Schausberger, P. (2002): Artenspektrum und Aktivitätsdichte der Laufkäfer (Coleoptera, Carabidae) bei konventioneller und konservierender Bodenbearbeitung. Abschlußbericht Forschungsprojekt 1181, BMLF, pp. 104-117.
- HAMMACK, L. and WADE-FRENCH, B. W. (2007): Sexual Dimorphism of Basitarsi in Pest Species of *Diabrotica* and *Cerotoma* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Annals of the entomological society of America* 100(1): 59-63.
- HARMUTH, P. (2005): Der Westliche Maiswurzelbohrer, eine Gefahr für den Maisanbau in Baden-Württemberg. Beitrag aus der Festschrift - 50 Jahre Landesanstalt für Pflanzenschutz Stuttgart, 1-12.
- HATTELAND, B. A., Grutle, K., Mong, C. E., Skartveit J., Symondson, W. O. C. and Solhøy, T. (2010): Predation by beetles (Carabidae, Staphylinidae) on eggs and juveniles of the Iberian slug *Arion lusitanicus* in the laboratory. *Bulletin of Entomological Research* 100, 559–567.

- HEIMBACH, U., Baloch, A.A. (1994): Effects of three pesticides on *Poecilus cupreus* (Coleoptera: Carabidae) at different post-treatment temperatures. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Volume 13, Issue 2, Pages 317-324.
- HENRY, M., Cerrutti, N., Aupinel, P., Decourtye A., Gayrard, M., Odoux, J., Pissard, A., Rüger, C., Bretagnolle, V. (2015): Reconciling laboratory and field assessments of neonicotinoid toxicity to honeybees. *Proc. R. Soc.B*, volume 282, issue 1819
- HILLS, T.M. und Peters, D. C. (1971): A method of evaluating postplanting insecticide treatments for control of western corn rootworm larvae. *Journal Economic Entomology* 64, 764-765.
- HÜLSMANN, A. and Wolters, V. (1998): The effects of different tillage practices on soil mites, with particular reference to Oribatida, *Appl. Soil Ecol.* 9 pp. 327–332.
- INTERNATIONAL STANDARDS FOR PHYTOSANITARY MEASURES (2016): Glossary of phytosanitary terms. ISPM No. 5, 1-27
- JO, Y. K. & Smitley, D. R. (2003): Predation of *Ataenius spretulus* (Coleoptera: Scarabaeidae) Eggs and Grubs by Species of Carabidae and Staphylinidae on Golf Courses in Michigan. *Environmental Entomology*, 32(6),1370-1376.
- KEHLENBECK, H. & Krügener, S. (2014): Costs and benefits of plant health measures against *Diabrotica*: experiences and estimations for Germany. *J. Appl. Entomol.*, 138, 222-233.
- KIRCHNER W. (2007): *Die Ameisen, Biologie und Verhalten*. 2. Auflage. C. H. Beck, München
- KLAUSNITZER, B. (1996): *Hymenoptera. Spezielle Zoologie. Teil 1: Einzeller und Wirbellose Tiere*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena New York, S: 666-670.
- KNOLHOFF, L.M., Onstad, D.W., Spencer, J.L., Levine, E. (2006): Behavioral differences between rotation-resistant and wild-type *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) *Environmental Entomology*, 35 (4), pp. 1049-1057.
- KOEHLER, H.H. (1999): Predatory mites (Gamasina, Mesostigmata), *Agric. Ecosyst. Environ.* 74, pp. 395–410.
- KOSS, A. M., Jensen, A. S., Schreiber, A., Pike, K. S. & Snyder W. E. (2005): Comparison of Predator and Pest Communities in Washington Potato Fields Treated with Broad-Spectrum, Selective, or Organic Insecticides. *Environ. Entomol.* 34(1): 87-95.
- KOTZE, D. J. et al. (2011): Forty years of carabid beetle research in Europe – from taxonomy, biology, ecology and population studies to bioindication, habitat assessment and conservation. *Zoo Keys* 100, 55–148.
- KROMP, B. (1999): Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 187-228.
- LANGE, D., Fernandes, W. D., Raizer, J. and Faccenda, O. (2008): Predacious Activity of Ants (Hymenoptera: Formicidae) in Conventional and in No-till Agriculture Systems. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Vol. 51, no. 6, 1199-1207.
- LAROCHELLE, A. (1990): The food of Carabid Beetles. *Fabrerics*, Supplement 5, 1-132

- LAWSON-BALAGBO, L. (2003): Artenspektrum und Aktivitätsdichte epigäischer Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) bei konventioneller und konservierender Bodenbearbeitung. Diplomarbeit / Masterarbeit - Inst.f. Pflanzenschutz, Universität für Bodenkultur
- LEVINE, E., Oloumi-Sadeghi H. (1991): Management of diabroticite rootworms in corn. *Ann. Rev. Entomol.* 36, 229–255.
- LUNDGREN, J. G. & Fergen, J. K. (2010): The Effects of a Winter Cover Crop on *Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) Populations and Beneficial Arthropod Communities in No-Till Maize. *Environmental Entomology*, 39(6):1816-1828.
- LUNDGREN, J. G. & Fergen, J. K. (2011): Enhancing predation of a subterranean insect pest: A conservation benefit of winter vegetation in agroecosystems. *Applied Soil Ecology* 51, 9-16.
- LUNDGREN, J. G., Nichols, S., Prischmann, D.A. and Ellsbury, M. M. (2008): Seasonal and diel activity patterns of generalist predators associated with *Diabrotica virgifera* immatures (Coleoptera: Chrysomelidae). *Biocontrol Science and Technology*, Vol. 19, No. 3, 327-333.
- LUNDGREN, J. G., Prischmann, D.A. and Ellsbury, M. M. (2009): Analysis of the predator community of a subterranean herbivorous insect based on polymerase chain reaction. *Ecological Applications*, 19(8), 2157–2166.
- LUNDGREN J.G., Hesler, L., Clay, S., Fausti, S. (2013): Insect communities in soybeans of eastern South Dakota: The effects of vegetation management and pesticides on soybean aphids, bean leaf beetles, and their natural enemies. *Crop Protection* 43 (2013) 104-118
- MARKGRAF, A. and Basedow, T. (2002): Flight activity of predatory Staphylinidae in agriculture in central Germany. *J. Appl. Ent.* 126, 79-81.
- MEINKE, L. J., Sappington, T.W., Onstad, D.W., Guillemaud, T., Miller, N.J., Komáromi, J., Levay, N., Toth, F. (2009): Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) population dynamics *Agricultural and Forest Entomology*, 11 (1), pp. 29-46.
- MOESER, J., Vidal, S., (2005): Nutritional resources used by the invasive maize pest *Diabrotica virgifera virgifera* in its new South-east-European distribution range. *Entomol. Exp. Appl.* 114, 55–63.
- OBERHOLZER, F. and Frank, T. (2003): Predation by the Carabid Beetles *Pterostichus melanarius* and *Poecilus cupreus* on Slugs and Slug Eggs. *Biocontrol Science and Technology* 13, 99-110.
- PIERCE, C. M. F. and Gray, M. E. (2006): Western Corn Rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae), Oviposition: A Variant's Response to Maize Phenology. *Environmental Entomology*, 35(2):423-434
- PILZ, C., Toepfer, S., Knuth, P., Strimitzer, T., Heimbach, U. & Grabenweger G. (2012): Persistence of the entomoparasitic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* in maize fields. *Journal of Applied Entomology* 138, 202–212.
- PORHAJAŠOVÁ, J., Petřivalský, V., Šustek, Z., Urmínská, J, Ondrišík, P., Noskovič, J. (2008): Long-termed changes in ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in a field treated by organic fertilizers. *Biologia*, Volume 63, Issue 6, Pages 1184-1195.

- PRASIFKA, J. R., Lopez, M. D., Hellmich, R. L., Lewis, L. C. and Dively, G. P. (2006): Comparison of pitfall traps and litter bags for sampling ground-dwelling arthropods. *Journal of Applied Entomology* 131(2), 115–120.
- ROSE, R., Dively, G.P. (2007): Effects of insecticide-treated and lepidopteran-active Bt transgenic sweet corn on the abundance and diversity of arthropods. *Environmental Entomology* Volume 36, Issue 5, Pages 1254-1268.
- ROSENBERG, J. (2009): Die Hundertfüßer. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 285, Westarp Wissenschaften Hohenwarsleben; 524 Seiten.
- SCHAUB, L., Furlan, L., Toth, M., Steinger, T., Carrasco, L. R. & Toepfer, S. (2011): Efficiency of pheromone traps for monitoring *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. *Bulletin OEPP/EPPO*, 41, 189-194.
- SCHERNEY, F. (2009): Beiträge zur Biologie und ökonomischen Bedeutung räuberisch lebender Käferarten. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 48: 163–175
- SPENCER, J. L., Hibbard, B.E., Moeser, J., Onstad, D.W. (2009): Behaviour and ecology of the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *Agricultural and Forest Entomology*, Volume 11, Issue 1, Pages 9-27
- TOEPFER, S. & Kuhlmann, U. (2004): Survey for natural enemies of the invasive alien chrysomelid, *Diabrotica virgifera virgifera*, in Central Europe. *BioControl*, 49, 385–395.
- TOEPFER, S. & Kuhlmann, U. (2006): Constructing life-tables for the invasive maize pest *Diabrotica virgifera virgifera* (Col.; Chrysomelidae) in Europe. *Journal of Applied Entomology* Volume 130, Issue 4, 193–256.
- TOEPFER, S., Burger, R., Ehlers, R.U., Peters, A., Kuhlmann, U. (2010): Controlling western corn rootworm larvae with entomopathogenic nematodes: effect of application techniques on plant-scale efficacy. *J. Appl. Entomol.* 134, 467-480.
- TOLLEFSON, J.J. (1990): Comparison of Adult and Egg Sampling for Predicting Subsequent Populations of Western and Northern Corn Rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Economic Entomology* Vol. 83, Issue 2, 574-579.
- TRAUTNER, J., Geigenmüller, K. (1987): Sandlaufkäfer und Laufkäfer, Illustrierter Schlüssel zu den Cicindeliden und Carabiden Europas. Verlag Josef Margraf (Germany).
- VAN ROEZEN K. und Ester A.; (2009): Chemical control of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte. *J. Appl. Entomol.* 134, 376-384. Blackwell Verlag.
- VOLKMAR, C., Lübke-Al Hussein, M. and Kreuter, T. (2003): Effekte moderner Verfahren der Bodenbewirtschaftung auf die Aktivität epigäischer Raubarthropoden. *Gesunde Pflanzen*, 55: 40–45.
- VOLKMAR, C., Lübke-Al Hussein, M., Jany, D., Hunold, I., Richter, L. & T. Wetzel (2001): Agrarökologische Begleituntersuchungen beim Anbau transgener und konventioneller Zuckerrüben am Standort Friemar (Freistaat Thüringen). *Arch. Phytopathol. Pflanz.* 34, 49\_73.
- WACHMANN, E., Platen, R. und Barndt, D. (1995): Laufkäferbeobachtung, Lebensweise. Nauturbuchverlag. Augsburg 295 pp.

WALCHER, R. (2013): Diversität von Laufkäfern (Coleoptera, Carabidae) in ökologischen Ausgleichsflächen und Weizenfeldern. Masterarbeit - Institut für Zoologie. Universität für Bodenkultur. Wien.

WILSTERMANN, A. & Vidal, S. (2013): Western corn rootworm egg hatch and larval development under constant and varying temperatures. *Journal of Pest Science*, 86, 419-428.

## 8 Anhang

Tab. 16A: Eierkonsumationsrate von jedem adulten Versuchstier (*Poecilus cupreus*) und Mittelwerte mit Standardabweichung jeder Versuchsvariante in „no-choice“- Situationen nach 24, 48 und 72 Stunden. Aufteilung nach Geschlecht des Versuchstiers.

Versuchsvariante			
Nr. Versuchstier	24 Stunden	48 Stunden	72 Stunden
<b>Männlich „no-choice“</b>			
1	0	0	0
2	2	4	4
3	1	5	6
4	0	0	2
5	1	2	5
6	1	2	2
7	0	3	7
8	0	3	5
9	2	6	9
10	0	1	1
11	0	1	4
12	5	7	7
13	1	2	2
14	0	6	6
15	0	0	0
16	0	1	1
17	4	4	7
18	1	3	6
19	1	3	7
20	1	1	4
Mittelwert:	1	2,7	4,3
Standardabweichung:	1,4	2,1	2,7
<b>Weiblich „no-choice“</b>			
1	0	2	4
2	0	0	0
3	0	1	1
4	2	2	4
5	0	1	1
6	0	2	5
7	2	5	5
8	1	3	10
9	0	0	3
10	0	2	3

11	1	3	5
12	1	3	3
13	1	1	2
14	0	2	2
15	2	5	6
16	4	6	7
17	0	2	2
18	3	10	13
19	2	7	22
Mittelwert:	1	3	5,2
Standardabweichung:	1,2	2,6	5,2

**Tab. 17A: Eierkonsumationsrate von jedem juvenilen Versuchstier (*Poecilus cupreus*) und Mittelwerte mit Standardabweichung jeder Versuchsvariante in „no-choice“- Situationen nach 24, 48 und 72 Stunden. Aufteilung nach den 3 Larvenstadien des Versuchstiers.**

Versuchsvariante Nr. Versuchstier	24 Stunden	48 Stunden	72 Stunden
<b>Larvenstadium 1 „no-choice“</b>			
1	2	20	50
2	1	14	32
3	4	19	21
4	0	0	24
5	10	15	41
6	2	13	25
7	0	10	19
8	1	4	19
9	2	13	34
10	0	0	21
11	0	6	24
12	0	1	44
13	3	4	19
14	2	3	32
15	1	2	11
16	1	2	50
17	6	8	11
18	0	9	30
Mittelwert:	1,9	7,9	28,2
Standardabweichung:	2,6	6,5	11,9
<b>Larvenstadium 2 „no-choice“</b>			
1	1	2	4
2	3	3	3

3	0	1	7
4	1	6	8
5	1	2	4
6	0	1	1
7	2	2	9
8	1	1	1
9	0	0	8
10	2	3	4
Mittelwert:	1	2	5
Standardabweichung:	1	1,7	3,1
<b>Larvenstadium 3 „no-choice“</b>			
1	0	0	3
2	0	3	5
3	1	1	4
4	3	4	7
5	0	3	3
6	2	5	5
7	0	0	0
8	0	2	6
9	4	4	7
10	0	2	3
Mittelwert:	1,1	2,4	4,4
Standardabweichung:	1,5	1,8	2,2

**Tab. 18A: Eierkonsumationsrate von jedem juvenilen (L1, L2) und adulten Versuchstier (*Poecillus cupreus*) und Mittelwerte mit Standardabweichung jeder Versuchsvariante in „choice“- Situationen nach 24, 48 und 72 Stunden. Aufteilung nach L1- und L2-Larven bzw. Geschlecht der Adulten.**

<b>Versuchsvariante</b>			
Nr. Versuchstier	<b>24 Stunden</b>	<b>48 Stunden</b>	<b>72 Stunden</b>
<b>Männlich „choice“</b>			
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	1	1	1
7	0	0	1
8	0	0	0
9	1	2	2
10	1	1	1
Mittelwert:	0,3	0,4	0,5

Standardabweichung:	0,5	0,7	0,7
<b>Weiblich „choice“</b>			
1	0	0	0
2	0	1	1
3	0	0	0
4	1	1	1
5	1	2	3
6	0	0	0
7	0	0	0
8	1	1	2
9	0	0	0
10	0	0	0
Mittelwert:	0,3	0,5	0,7
Standardabweichung:	0,5	0,7	1,1
<b>Larvenstadium 1 „choice“</b>			
1	1	5	11
2	4	4	16
3	0	0	17
4	3	12	14
5	2	6	13
6	0	5	14
7	6	12	12
8	0	6	8
9	1	1	18
10	5	5	21
Mittelwert:	2,2	5,6	14,4
Standardabweichung:	2,2	3,9	3,7
<b>Larvenstadium 2 „choice“</b>			
1	1	3	4
2	0	0	5
3	1	1	7
4	1	5	8
5	0	0	0
6	3	3	5
7	0	0	4
8	0	3	3
9	1	7	7
10	1	3	4
Mittelwert:	0,8	2,4	4,8
Standardabweichung:	0,8	2,5	2,4

**Tab. 19A: Eierkonsumationsrate von jedem adulten Versuchstier und Mittelwerte mit Standardabweichung jeder Versuchsvariante in „no-choice“- Situationen nach 24, 48 und 72 Stunden. Aufteilung nach Art der Versuchstiere.**

<b>Art Versuchstier</b>			
Nr. Versuchstier	<b>24 Stunden</b>	<b>48 Stunden</b>	<b>72 Stunden</b>
<b><i>Bembidion properans</i></b>			
1	0	6	6
2	5	7	8
3	2	3	5
4	1	2	5
5	0	5	5
6	0	2	4
7	3	4	4
8	5	5	5
9	0	6	6
Mittelwert:	2	4,25	5,25
Standardabweichung:	2,1	1,8	1,3
<b><i>Calathus fuscipes</i></b>			
1	40	60	80
2	40	59	79
3	40	58	78
4	40	60	80
5	4	20	36
6	20	20	20
7	40	60	80
8	12	23	39
9	3	19	33
Mittelwert:	26,6	42,1	58,33
Standardabweichung:	16,7	20,5	25,5
<b><i>Platystethus spinosus</i></b>			
1	0	6	8
2	5	7	12
3	24	43	43
4	15	35	37
5	9	18	32
6	2	11	12
7	7	16	16
8	4	4	19
9	6	13	17
Mittelwert:	8	17	21,8

Standardabweichung:	7,4	13,4	12,4
---------------------	-----	------	------

<sup>1</sup>Hauptprobe: Larve+Eiersubstrat+Torf; <sup>2</sup>Positivprobe: Larve+Eiersubstrat+Torf+Alternativnahrung;

<sup>3</sup>Kontrollprobe: Eiersubstrat+Torf; <sup>4</sup>Negativprobe: Larve+Torf

**Tab. 20A: Anzahl unversehrter Eier, Entwicklungsstadium und Zustand von jedem Versuchstier und Mittelwerte mit Standardabweichung jeder Versuchsvariante.**

Versuchsvariante Nr. Versuchstier	Anzahl unversehrte Eier	Entwicklungsstadium	Zustand
<b>Hauptprobe<sup>1</sup></b>			
1	143	nicht auffindbar	tot
2	189	nicht auffindbar	tot
3	177	L1	tot
4	151	nicht auffindbar	tot
5	160	L2	tot
6	128	L1	tot
7	207	nicht auffindbar	tot
8	185	L2	tot
9	179	nicht auffindbar	tot
10	165	nicht auffindbar	tot
11	128	nicht auffindbar	tot
12	149	nicht auffindbar	tot
13	215	nicht auffindbar	tot
14	181	nicht auffindbar	tot
15	203	L1	tot
16	129	nicht auffindbar	tot
17	156	nicht auffindbar	tot
18	215	nicht auffindbar	tot
19	131	L1	tot
20	171	nicht auffindbar	tot
Mittelwert	168,1		
Standardabweichung	28,88		
<b>Positivprobe<sup>2</sup></b>			
1	73	Adult	lebend
2	120	Adult	lebend
3	217	nicht auffindbar	tot
4	103	Adult	lebend
5	61	Adult	lebend
Mittelwert	114,8		
Standardabweichung	61,75		
<b>Kontrollprobe<sup>3</sup></b>			
1	218	-	-

2	198	-	-
3	213	-	-
4	232	-	-
5	187	-	-
Mittelwert	209,6		
Standardabweichung	17,52		
<b>Negativprobe<sup>4</sup></b>			
1	-	nicht auffindbar	tot
2	-	nicht auffindbar	tot
3	-	nicht auffindbar	tot
4	-	L1	tot
5	-	nicht auffindbar	tot

<sup>1</sup>Hauptprobe: Larve+Eiersubstrat+Torf; <sup>2</sup>Positivprobe: Larve+Eiersubstrat+Torf+Alternativnahrung;  
<sup>3</sup>Kontollprobe: Eiersubstrat+Torf; <sup>4</sup>Negativprobe: Larve+Torf