

Abschlussbericht

**Biologische Bekämpfung adulter Dickmaulrüssler (Otiornychinae),
die ein Schadpotential für Baumschulen aufweisen**

-

**Erarbeitung von Grundlagen zur Entwicklung eines
praxisrelevanten Bekämpfungsverfahrens**



Das Vorhaben wurde mit Mitteln des **Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz** (BMELV) über die **Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung** (BLE) gefördert. Förderkennzeichen: 2813HS014

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Abteilung Gartenbau . Gartenbauzentrum
Thiensen 16, 25373 Ellerhoop

Projektleitung: Dr. Andreas Wrede

Projektbearbeitung: Thorsten Ufer

Projektzeitraum: 01.06.2013 . 29.02.2016

Inhalt

1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens	3
2. Material und Methoden.....	4
2.1. Prüfung der Attraktivität von Lockstoffen bei Dickmaulrüssler-Arten in Baumschulen ..	4
2.2. Biologische Bekämpfung der Käfer des Kompakten-, Weiden- und Gebüsch- dickmaulrüsslers mit Hilfe von Nematoden-Gel unter Brettern	5
2.3. Wirkung von Lockstoffen bei Dickmaulrüssler-Arten im Laborversuch	6
2.4. Wirkung von Lockstoffen bei Dickmaulrüssler-Arten im Käfigversuch	7
2.5. Wirksamkeit von Repellentien gegen Käfer des Gefurchten, Kompakten-, Weiden- und Gebüschdickmaulrüsslers	8
2.5.1. Fütterungsversuch mit Dihydropinidin ohne Alternative	8
2.5.2. Wirkung von Dihydropinidin beim Gefurchten Dickmaulrüssler auf Nadelfraß und Eiablage bei Eibenjungpflanzen	9
2.5.3. Wirkungsdauer von Dihydropinidin auf Eibennadeln.....	10
3. Ergebnisse	11
3.1. Prüfung der Attraktivität von Lockstoffen bei Dickmaulrüssler-Arten in Baumschulen	11
3.2. Bekämpfung der Käfer des Kompakten-, Weiden- und Gebüschdickmaulrüsslers mit Hilfe von Nematoden-Gel unter Brettern	12
3.3. Wirkung von Lockstoffen bei Dickmaulrüssler-Arten im Laborversuch	14
3.4. Wirkung von Lockstoffen bei Dickmaulrüssler-Arten im Käfigversuch	16
3.5. Wirksamkeit von Repellentien (Dihydropinidin) gegen Käfer des Gefurchten, Kompakten-, Weiden- und Gebüschdickmaulrüsslers	17
3.5.1. Fütterungsversuch mit Dihydropinidin ohne Alternative	17
3.5.2. Wirkung von Dihydropinidin auf Nadelfraß und Eiablage bei Eibenjungpflanzen	18
3.5.3. Wirkungsdauer von Dihydropinidin auf Eibennadeln.....	20
4. Zusammenfassung.....	21
5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen.....	22
6. Veröffentlichungen und Vorträge	23
7. Kooperierende Institutionen/Personen.....	24
8. Literatur.....	25
9. Abbildungsverzeichnis.....	26
10. Tabellenverzeichnis.....	27

1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

Der Gefurchte Dickmaulrüssler (*Otiiorhynchus sulcatus*) ist weltweit ein wirtschaftlich bedeutender Schädling in vielen gartenbaulichen Kulturen. In Baumschulen kann der Wurzelfraß des Larvenstadiums zur Unverkäuflichkeit der Gehölze bzw. zu bedeutenden Ausfällen führen (MOORHOUSE et al. 1992) (Abb. 1). Die Bekämpfung der Larven mit Hilfe von insektenpathogenen Nematoden gehört zu den Erfolgsgeschichten des biologischen Pflanzenschutzes. Für einen nachhaltigen Bekämpfungserfolg werden außerdem die Käfer im Sommer mit Insektiziden bekämpft. Hierfür gab es bisher keine nicht-chemische Alternative.

Im Rahmen von Versuchen der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein konnte in jüngerer Vergangenheit im Laborversuch gezeigt werden, dass auch die adulten Käfer mit Hilfe von insektenpathogenen Nematoden bekämpfbar sind (UFER et al. 2010). Da sich die Nematoden hierbei unter Brettern befinden, ist eine Praxiseignung erst dann gegeben, wenn der Schädling verlässlich aus den großflächigen Gehölzquartieren in den Nahbereich der Nematoden gelockt wird. Im Rahmen dieses Vorhabens wurden dafür Grundlagen erarbeitet.

Dazu erfolge die Prüfung der Attraktivität von 2 Lockstoffen (Kairomonen) mit Hilfe von Bodenfallen unter baumschulischen Praxisbedingungen.



Abb. 1: *Otiiorhynchus sulcatus*
Gefurchter Dickmaulrüssler

Otiiorhynchus armadillo
Kompakter Dickmaulrüssler

Otiiorhynchus salicicola
Weidendickmaulrüssler

Otiiorhynchus crataegi
Gebüschdickmaulrüssler

Neben dem Gefurchten Dickmaulrüssler weisen noch drei weitere Arten von Dickmaulrüsslern ein erhöhtes Schadpotenzial für Baumschulen auf. Es handelt sich um den Kompakten Dickmaulrüssler (*O. armadillo*), den Weidendickmaulrüssler (*O. salicicola*) und den Gebüschdickmaulrüssler (*O. crataegi*) (Abb. 1). Ein vorangegangenes Projekt der BLE hat durch ein deutschlandweites Monitoring ergeben, dass die genannten Arten zunehmend im Öffentlichen- und Privaten Grün, aber auch in Baumschul- und Staudenbetrieben auftreten können (SPRICK 2009, 2012, HOMMES et al. 2015). Vor diesem Hintergrund ist es wünschenswert, dass bereits im Vorfeld einer potentiell neuen Schädlingsproblematik, die biologischen Bekämpfungsstrategien gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler auch bei diesen drei Arten getestet werden. Wären diese wirksam, stünde der Praxis ein einheitliches, umweltschonendes Bekämpfungsverfahren zur Verfügung.

Dazu wurden die Käfer des Kompakten-, Weiden- und Gebüschdickmaulrüsslers hinsichtlich ihrer Bekämpfbarkeit mit insektenpathogenen Nematoden (*Steinernema carpocapsae*) überprüft.

Danach folgte die Testung der für den Gefurchten Dickmaulrüssler entwickelten Lockstoffe bei den drei Arten im Labor und darauf aufbauend im kleinräumigen Käfig.

Dieses ist die zweite, notwendige Komponente der oben beschriebenen %attract and kill% Methode, die für eine Praxistauglichkeit im Produktionsgartenbau erforderlich ist.

Das Verhalten der Insekten bei einem Einsatz von Lockstoffen ist konzentrationsabhängig, und es kann auch zu vertreibenden/repellentem Effekten bei den Tieren kommen (STEFFENS et al. 2015). Diese gezielt bei den vier Dickmaulrüssler-Arten zu nutzen stellt ein weiteres zukünftiges Bekämpfungskonzept dar. Dabei sollen die Rüsselkäfer aus dem

Kulturpflanzenbestand vertrieben und somit deren dortige Eiablage/Larvenentwicklung verhindert werden.

Das aus Piniengewächsen stammende Alkaloid Dihydropinidin hat gegen den Forstschädling Brauner Fichtenrüssler (*Hylobius abietis*) eine deutliche repellente Wirkung (ERIKSSON 2006). Dessen Synthese wurde aktuell verfahrenstechnisch stark vereinfacht und damit erst potentiell wirtschaftlich produzierbar (SIMON et al. 2012). Für die obigen vier Dickmaulrüssler-Arten liegen zur Wirkung bis heute noch keinerlei Ergebnisse vor.

Folglich wurde die konzentrationsabhängige, repellente Wirksamkeit von Dihydropinidin beim Gefurchten, Kompakten-, Weiden- und Gebüschdickmaulrüssler getestet. Ein Käfigversuch mit behandelten Pflanzen überprüfte die Verhinderung von Eiablage und Fraßschäden. Ein Versuch zur Wirkungsdauer im Gewächshaus und Freiland schloss die Untersuchungen ab.

2. Material und Methoden

2.1. Prüfung der Attraktivität von Lockstoffen bei Dickmaulrüssler-Arten in Baumschulen

Lockstoffe (Kairomone)

Die beiden im Projekt verwendeten Lockstoffe/Kairomone wurden von Dr. van Tol, University & Research Centre Wageningen, NL entwickelt und bereitgestellt. Es handelt sich um flüchtige Inhaltsstoffe vom Kletter-Spindelstrauch (*Euonymus fortunei*) auf die der Gefurchte Dickmaulrüssler reagiert (VAN TOL et al. 2001, 2002, 2012). Es sind somit keine Sexuallockstoffe sondern Fraßduftstoffe. Hauptbestandteil von Lockstoff A ist (Z)-2-pentenol, Lockstoff B ist eine Kombination aus (Z)-2-pentenol und (E)-2-hexenol. Die in den Versuchen eingesetzte Formulierung war eine kleine Kunststoffampulle mit 0,4 ml Flüssigkeit (Abb. 2). Ab 2014 wurde mit einer neuen Formulierung gearbeitet. Diese enthielt den Lockstoff in einem speziellen Pheromon-Septum (Abb. 2). Nur die Olfaktometerversuche wurden mit der neuen Formulierung durchgeführt. Grundsätzlich fand die Lagerung der Lockstoffe bis zum Versuchsbeginn bei -25 °C statt. Beide Lockstoffe sind patentrechtlich geschützt.

Praxisversuch

Die Prüfung der Attraktivität von zwei verschiedenen Fraßlockstoffen (A und B) erfolgte in Baumschulpraxisbetrieben. Hierfür konnten drei Betriebe (vier Versuchsflächen) gewonnen werden, die Wirtspflanzen des Gefurchten Dickmaulrüsslers kultivieren und bei denen nach eigenen Angaben auch bereits der Schädling auftrat.

Im ersten Projektjahr wurden die Versuche in verschiedenen Kulturen (*Rhododendron*, Kletter-Spindelstrauch, Heidelbeere, Eibe) sowie Kultursystemen (Container und Freiland) angelegt. Die Käferfänge waren dort unbefriedigend. Da primär die Attraktivität der Lockstoffe unter Praxisbedingungen zu prüfen war, wurde von der ursprünglichen Planung Abstand genommen. Somit stammen die Ergebnisse ausschließlich aus Eiben-Kulturen in Freilandquartieren (Abb. 5). In Tab. 1 sind die Standorte der beiden Lockstoffe mit Kulturpflanze und Kultursystem zusammengestellt.

Für den Versuch wurden im Baumschulquartier eine Bodenfalle (+ Überdachung) in den Boden eingesenkt (Abb. 3). Der Lockstoff befand sich in ca. 25 cm Höhe direkt neben der Falle (Abb. 2). Eine weitere Falle ohne Lockstoff (= Kontrollfalle) stand in ca. 5 bis 7 m Entfernung. Mit einer Distanz von mindestens 10 m wurden zwei weitere Fallenpaare für den jeweiligen Lockstoff aufgebaut. Insgesamt 6 Fallen plus 6 Kontrollfallen waren pro Lockstoff im Versuch. Die Lockstoffe und Fangflüssigkeit (gesättigte Kochsalzlösung) wurden wöchentlich erneuert. Im Herbst erfolgte die Fallenentleerung sowie der Lockstoffwechsel im 14 tägigen Intervall. Der gesamte Untersuchungszeitraum lag zwischen dem 02.05. und 03.10.2014.

Tab. 1: Standort, Kultursystem, Kulturpflanze und Lockstoff für die Prüfung der Attraktivität von Lockstoffen unter Praxisbedingungen in 2014

Lockstoff	Lockstofffallen/ Kontrollfallen	Kulturpflanze	Kultursystem	Standort
A	3/3	<i>Taxus baccata</i>	im Boden	Baumschule III
A	3/3	<i>Taxus baccata</i> Solitäre	im Boden	Baumschule IV ¹⁾
B	3/3	<i>Taxus baccata</i>	im Boden	Baumschule I
B	3/3	<i>Taxus baccata</i> Formgehölze	im Boden	Baumschule II

¹⁾ Eingeschränkter Untersuchungszeitraum, da die Versuchsfläche im Juli 2014 kurzfristig gerodet werden musste und keine adäquate Alternativfläche zur Verfügung stand



Abb. 2: Lockstoff-Formulierung in einer Ampulle (r.) und seit 2014 im roten Septum (l.)



Abb. 3: Aufbau einer Bodenfalle im Eibenquartier



Abb. 4: Bodenfalle mit Lockstoff (grüner Gitterbehälter) im Eibenquartier



Abb. 5: Prüfung von Lockstoffen im Eibenquartier einer Baumschule unter Praxisbedingungen

2.2. Biologische Bekämpfung der Käfer des Kompakten-, Weiden- und Gebüschdickmaulrüsslers mit Hilfe von Nematoden-Gel unter Brettern

Angelehnt an die Vorgehensweise im BLE Vorhaben %Optimierung und Erweiterung des Nematodeneinsatzes gegen Dickmaulrüssler und andere Bodenschädlinge% wurde der Versuch durchgeführt (UFER et al. 2010, WREDE et al. 2012). Die Parasitierung der Käfer geschieht durch den insektenpathogenen Nematoden *Steinernema carpocapsae*. Dieser befindet sich in einem Gel, das in Furchen auf der Bodenseite eines Holzbrettes angebracht ist (Abb. 6). Während sich die Käfer tagsüber in den Furchen verstecken, kommen sie dabei mit ihrem Gegenspieler in Kontakt.

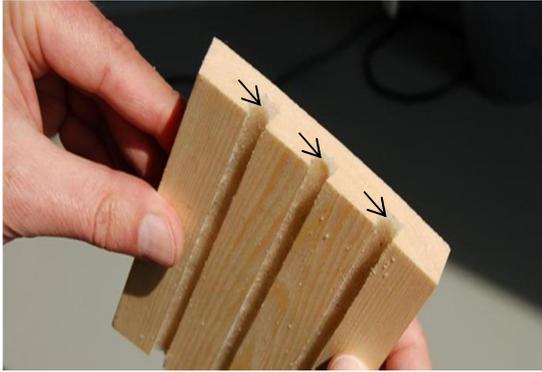


Abb. 6: Bodenseite eines Holzbretts mit Nematoden-Gel in den Furchen (Pfeile)



Abb. 7: Versuchsaufbau zur Käferbekämpfung von Dickmaulrüssler-Arten mit Nematoden

Im Test (Abb. 7) wurden drei Käfer einer Art für 14 Tage in einem Käfig platziert, der ein Brett mit Nematoden-Gel enthielt bzw. Gel ohne *S. carpocapsae* in der unbehandelten Kontrolle. Ferner befanden sich in den Kunststoffboxen (mit Lüftungsschlitzen) eine 0,5 cm hohe Bodenschicht aus einem Torf-Sand-Gemisch, ein kurzer Wirtspflanzentrieb und etwas nasser Zellstoff (Abb. 19). Der Versuch wurde in vierfacher Wiederholung angelegt (Weidendickmaulrüssler mit drei Wiederholungen aufgrund geringer Verfügbarkeit).

2.3. Wirkung von Lockstoffen bei Dickmaulrüssler-Arten im Laborversuch

Die patentierten Kairomone (Lockstoffe A und B) für den Gefurchten Dickmaulrüssler wurden von Dr. van Tol, Universität Wageningen, NL entwickelt und für die Untersuchungen in den Verdünnungsstufen 1:10, 1:100 und 1:1000 bereitgestellt (Septen). Bis zur Verwendung lagerten diese bei -25 °C. Für die Untersuchungen wurden still-air-olfactometer (angelehnt an VAN TOL 2002) eingesetzt (Abb. 8). Ein Versuchsdurchgang (Wiederholung) verlief über Nacht (15 Stunden, 16 bis 7 Uhr) im abgedunkelten Raum mit 10 Käfern (5 Weidendickmaulrüssler) pro Olfaktometer (Raumtemperatur ca. 21 °C). Der Versuchsaufbau befand sich in oben offenen Kartons mit 25 cm Wandhöhe. Die Ausrichtung des Lockstoffs wechselte mit den 4 Wiederholungen über die vier Haupthimmelsrichtungen. Zum Versuchsbeginn wurden die Dickmaulrüssler in die Petrischale platziert und konnten dann durch die Löcher im Deckel den Raum mit dem Lockstoff wählen oder den Alternativraum ohne Lockstoff. In seltenen Fällen verbleiben Tiere in der Petrischale. Die Position der Käfer wurde morgens festgehalten. Jede Art wurde in vierfacher Wiederholung getestet, Kompakter- und Weidendickmaulrüsslers dabei nach Geschlecht getrennt.

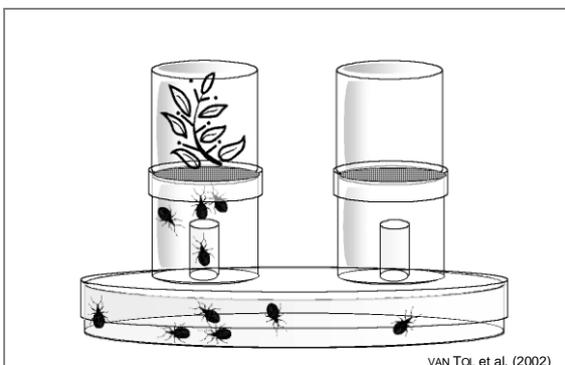


Abb. 8: Aufbau eines still-air-olfactometers zur Untersuchung von Lockstoffen bei Dickmaulrüssler-Arten, Schema nach VAN TOL et al. (2002) (l.) und verwendeter Aufbau im Labor (r.)



Die in den Versuchen eingesetzten Käfer stammten von natürlichen Befallsstandorten (Deutschland) im Freiland und wurden nach Geschlecht getrennt von Dr. Sprick (Curcurlio

Institut, Hannover) bereitgestellt. Lediglich die Käfer des Gefurchten Dickmaulrüsslers stammten aus einem natürlichen Befall in Schleswig-Holstein. Alle Zuchten standen bei ca. 5 °C und dunkel. Als Käfige dienten transparente Kunststoffboxen (LxBxH 18x13x6 cm) mit einem kleinen Wasserschälchen. Das Futter wurde wöchentlich erneuert. Der Kompakte und Weidendickmaulrüssler erhielten Efeublätter (*Hedera helix*). Dem Gefurchten- sowie Gebüschdickmaulrüssler standen Triebspitzen von Eiben (*Taxus baccata*) zur Verfügung. Der Gefurchte-, Kompakte- und Gebüschdickmaulrüssler befanden sich in der Phase des Reifungsfraßes. Der Weidendickmaulrüssler ging im Versuchszeitraum aus der Reifungsfraß- in die Eiablagephase über.

Um zu verhindern, dass die Käfer an einem Tag ohne Fraßaktivität getestet werden, wurden sie 24 Stunden vor Versuchsbeginn ohne Futter bei Raumtemperatur und natürliche Lichtperiode aufgestellt.

2.4. Wirkung von Lockstoffen bei Dickmaulrüssler-Arten im Käfigversuch

Die Käfigversuche waren in diesem Vorhaben die wirtschaftlichste Möglichkeit die Ergebnisse aus dem Olfaktometerversuch einerseits und Freilandversuch andererseits besser bewerten zu können. Der unmittelbare Nahbereich des Lockstoffs und der Falle wird hierbei abgebildet. Die Wechselwirkungen vom tageszeitabhängigen Verhalten des Käfers mit den Lockstoffen werden in der Versuchsarena auf mögliche anziehende sowie auch abstoßende Effekte hin geprüft. Ferner ergeben sich wertvolle Hinweise für die Optimierung der Lockstoffe auf dem Weg zu einem praxistauglichen Produkt für Gartenbaubetriebe/Baumschulen.

Der verwendete Versuchsaufbau geht von folgender Hypothese zum Verhalten der Käfer aus: In der Nacht wird Futter gesucht und gefressen (räumliche Mobilität). Der Fraßduftstoff wirkt nun anlockend auf die Käfer und führt zu einem verstärkten Fraß im Bereich des Lockstoffs. Am Tag suchen die nachtaktiven Tiere ein Versteck auf und bleiben dort weitgehend immobil. Überhöhte Düfte von Futter (= Lockstoff) wirken bei der Wahl des Verstecks eventuell sogar vertreibend von der Duftstoffquelle.

Entsprechend wurde der Lockstoff in der Mitte des Insektenkäfigs (Grundfläche 1 m²) aufgebaut. Von der Käfigmitte ausgehend befanden sich in den Abständen von 15 cm, 25 cm, 35 cm und 55 cm symmetrisch in vier Richtungen Holzbretter als Unterschlupf für den Tag (Abb. 9). Auf jedem Brett lag Futter (Blätter der entsprechenden Wirtspflanze). Die Käfer konnten also in den unterschiedlichen Distanzen zum Lockstoff fressen und sich auch verstecken. Die beiden Käfige (mit und ohne Lockstoff) standen in zwei räumlich abgetrennten Hallen mit natürlichem Tageslichteinfluss (ca. 16 Stunden Licht) und einer Raumtemperatur von ca. 18 °C. Zum Versuchsbeginn (ca. 17 Uhr) wurden jeweils 10 Dickmaulrüssler in 10 cm Abstand zur Käfigmitte platziert und am folgenden Morgen (ca. 7 Uhr) deren Fraßstellen an den Blättern gezählt sowie die Käferposition bestimmt. Dieser Ablauf wurde an vier Tagen wiederholt. Bei jeder Wiederholung wurden jeweils neue Käfer-Individuen verwendet.



Abb. 9: Versuchsaufbau im Insektenkäfig (l.) zur Prüfung von Lockstoffen bei verschiedenen Dickmaulrüssler-Arten. Lockstoffbehälter (Mitte), Blätter als Futter, Holzbrettern als Versteckmöglichkeit (r.)

2.5. Wirksamkeit von Repellentien gegen Käfer des Gefurchten, Kompakten-, Weiden- und Gebüschdickmaulrüsslers

Dihydropinidin (2S, 6R)-2-methyl-6-propylpiperidin hydrochloride

Dieser natürliche sekundäre Pflanzeninhaltsstoff kommt in Nadeln und Rinde von Piniengewächsen (u.a. *Picea sitchensis*, *Picea pungens*) vor. Dihydropinidin wirkt beim Braunen Fichtenrüssler fraßhemmend/repellent (Antifeedant). Es ist jedoch nicht als flüchtige, %luftende%Substanz über die Gasphase wirksam (ERIKSSON 2006, ERIKSSON et al. 2006, 2007). Dieses Piperidin Alkaloid kann erst seit wenigen Jahren auf einfachem Wege synthetisiert werden (SIMON et al. 2012). Für die Fütterungs- und Wirkungsdauerversuche wurden 1,1 g hergestellt. Bei den Untersuchungen zur Eiablage und Nadelfraß bei Eibenjungpflanzen standen insgesamt 4,1 g zur Verfügung. Das Dihydropinidin wurde über Prof. Dr. Kroutil (Universität Graz, Österreich) bereitgestellt.

In den Tests wurden wässrige Lösungen mit demineralisiertem Wasser nach (w:w) in den entsprechenden Konzentrationen angesetzt. Bis zur Verwendung erfolgte die Lagerung der Substanz bei ca. 21 °C (dunkel). Die Verdünnungsstufen wurden dunkel bei ca. 5 °C gelagert.

Versuchstiere

Die in den Versuchen eingesetzten Käfer stammten von natürlichen Befallsstandorten (Deutschland) im Freiland und wurden nach Geschlecht getrennt von Dr. Sprick (Cuculio Institut, Hannover) bereitgestellt. Lediglich die Käfer des Gefurchten Dickmaulrüsslers stammten aus einem natürlichen Befall in Schleswig-Holstein. Alle Zuchten standen in einem Raum mit Tageslicht und einer mittleren Lufttemperatur von ca. 21°C. Als Käfige dienten transparente Kunststoffboxen (LxBxH 18x13x6 cm) einem kleinen Wasserschälchen. Das Futter wurde wöchentlich erneuert. Der Kompakte und Weidendickmaulrüssler erhielten Efeublätter (*Hedera helix*) bzw. eine Woche vor dem Fütterungsversuch Triebspitzen von *Thuja occidentalis*. Dem Gefurchten sowie Gebüschdickmaulrüssler standen Triebspitzen von Eiben (*Taxus baccata*) zur Verfügung. Die Tiere hatten zum Zeitpunkt der Versuche mit Dihydropinidin ihren Reifungsfraß abgeschlossen und befanden sich in der Eiablagephase.

2.5.1. Fütterungsversuch mit Dihydropinidin ohne Alternative

In dem Versuch befand sich ein Käfer in einer Petrischale (Ø 8 cm, transparent, PS, Belüftungsnocken) mit zwei Eibennadeln und hatte für 16 Stunden die Möglichkeit diese zu fressen (no choice test) (Abb. 10). Die Petrischalen befanden sich in einem Klimaschrank (RUMED Typ1301) bei 20 °C, 75% rF und einem Licht-Dunkel-Rhythmus von 6 h Licht : 8 h Dunkel : 2 h Licht (Start 16 Uhr, Auswertung 8 Uhr Folgetag) (Abb. 12). Bei der Auswertung wurde die gefressene Nadelfläche geschätzt (Abb. 11). Die Behandlung mit Dihydropinidin fand durch das Eintauchen in die entsprechende Lösung statt. Der Stilbereich der Nadeln wurde mit Klebeband abgedeckt, da hier durch den Transfer mit der Pinzette nicht ausreichend Flüssigkeit haften blieb. In Tab.2 sind die getesteten Konzentrationen aufgeführt.



Abb. 10: Fütterungsversuch mit Dihydropinidin behandelten Eibennadeln beim Gebüschdickmaulrüssler in einer Petrischale



Abb. 11: Auswertung der nächtlichen Fraßaktivität an Eibennadeln durch Dickmaulrüssler-Arten im Fütterungsversuch mit Dihydropinidin



Abb. 12: Versuchsaufbau der Fütterungsversuche mit Dihydropinidin bei Dickmaulrüssler-Arten unter standardisierten Bedingungen im Klimaschrank

Tab. 2: Anzahl Wiederholungen und Versuchspflanzen mit denen die vier *Otiorhynchus*-Arten bei unterschiedlichen Dihydropinidin Konzentrationen getestet wurden. Aufgrund begrenzter Dihydropinidin-/Käfermengen konnten nicht alle Kombinationen getestet werden

Konzentration Dihydropinidin	<i>O. sulcatus</i> (n)	<i>O. armadillo</i> ^{a)} (n)	<i>O. salicicola</i> ^{b)} (n)	<i>O. crataegi</i> (n)
0%	15	15	10	15
0,01%	15	15	10	15
0,1%	15	15	10	15
1%	15	15	10	15
3%	10	15	10	nicht getestet
5%	10	15	10	nicht getestet
10%	15	nicht getestet	nicht getestet	15
Versuchspflanze	<i>Taxus baccata</i>	<i>Thuja occident.</i>	<i>Thuja occident.</i>	<i>Taxus baccata</i>

a) 8 + 7

b) 5 + 5

2.5.2. Wirkung von Dihydropinidin beim Gefurchten Dickmaulrüssler auf Nadelfraß und Eiablage bei Eibenjungpflanzen

Da der Wurzelfraß der Dickmaulrüsslerlarven den Hauptschaden in Gehölzkulturen darstellt, ist das Ziel der Dihydropinidin-Anwendung die Verhinderung/Reduzierung der Eiablage und

folglich der Larvenentwicklung im Wurzelballen. Anzustreben wäre, dass die Käfer aufgrund des fraßhemmenden Dihydropinidingeschmacks den behandelten Kulturpflanzenbestand verlassen und beim Abwandern in Randbereiche von natürlichen Gegenspielern (u.a. Vögel) dezimiert werden.

In einem ersten Käfigversuch (Abb. 13) bei dem Eibenjungpflanzen eine Spritzapplikation mit 3% Dihydropinidin erhielten, sollte überprüft werden, ob Fraß und Eiablage/Larvenentwicklung beeinflusst werden. Es wurde angestrebt, dass die Dickmaulrüssler primär an den unbehandelten Pflanzen fressen und in deren Töpfe die Eier ablegen, während die Töpfe mit den behandelten Pflanzen von den Käfern gemieden werden.



Abb. 13: Mit Dihydropinidin behandelte Eibenjungpflanzen und Gefurchte Dickmaulrüssler im Insektenkäfig, Versuchsaufbau im Gewächshaus



Abb. 14: Gefurchte Dickmaulrüssler haben die Wahl zwischen zwei unbehandelten und zwei mit Dihydropinidin behandelten Eiben für Fraß/Eiablage

Hierzu wurden frisch getopfte Eiben im 9er Vierecktopf verwendet. Zwei unbehandelte und zwei behandelte Pflanzen (Drucksprüher 3132GR BUGSI 360°, Applikation bis kurz vor dem run-off) standen nebeneinander in dem Insektenkäfig in einer Gewächshauskabine (Abb. 14). In einem Zeitraum von 16 Tagen hatten vier Gefurchte Dickmaulrüssler die Möglichkeit an den Jungpflanzen zu fressen bzw. Eier in das Substrat zu legen. Die Käfer befanden sich in ihrer Eiablagephase. Nach 16 Tagen wurden die Versuchspflanzen im Klimaschrank (20 °C, 16 h Licht : 8 h Dunkel, 75% rF) für 10 Wochen weiter kultiviert und die Larvenentwicklung abgewartet. Abschließend wurden die Topfballen aller Pflanzen auf Larvenbefall hin untersucht. Die Bonitur der Fraßschäden an den Nadeln erfolgte bei jeder Pflanze im unteren, mittleren und oberen Sprossbereich. Der Versuch wurde in vierfacher Wiederholung durchgeführt. Aufgrund einer Kontamination von zwei Käfigen mit einem Insektizid, konnten nur zwei Wiederholungen ausgewertet werden.

2.5.3. Wirkungsdauer von Dihydropinidin auf Eibennadeln

Mit diesem Versuch sollten erste Informationen zur Haltbarkeit und Wirkungsdauer der reinen Substanz in wässriger Lösung bereitgestellt werden. Deshalb wurden gezielt ein optimales sowie ein ungünstiges Kulturszenario als Testvarianten gewählt. Unter praxisnahen Freilandbedingungen auf einer Containerkulturfläche mit Gießwagen und natürlichem Niederschlag konnte überprüft werden, wie schnell der Wirkstoff abgewaschen wird. Parallel standen identisch behandelte Pflanzen im Gewächshaus und wurden dort ausschließlich über das Substrat bewässert, so dass ein Abwaschen weitestgehend ausgeschlossen war. Dadurch konnte dann die potenzielle Wirkungsdauer erstmals quantifiziert werden.

Hierfür wurden zunächst Nadeln von 6 Eibenjungpflanzen (9 cm Vierecktopf) in eine 10% Dihydropinidin-Lösung getaucht. verblieben dabei aber an der Pflanze. Anschließend standen 50% der Pflanzen für 28 Tage im Gewächshaus und 50% standen zeitgleich auf der Freilandfläche. Die ausgebrachte Gießwasser- und Niederschlagsmenge wurde dokumentiert. Nach 3, 7, 14 und 21 Tagen (Gewächshaus zusätzlich nach 28 Tagen) wurden

Nadeln von beiden Standorten entnommen und in einem Fütterungsversuch (siehe 2.5.1.) im Klimaschrank mit dem Gefurchten Dickmaulrüssler in 15 Wiederholungen getestet.

3. Ergebnisse

3.1. Prüfung der Attraktivität von Lockstoffen bei Dickmaulrüssler-Arten in Baumschulen

Alle drei Fallen mit Lockstoff A wiesen in Baumschule III mehr Gefurchte Dickmaulrüssler auf, als die dazugehörenden Kontrollfallen (Distanz ca. 5 m) (Abb. 15). Hier deutet sich bei dem Lockstoff A zunächst eine Wirkung unter Praxisbedingungen an. Da die Anzahl gefangener Käfer aber insgesamt sehr niedrig war, sollte dies durch weitere Untersuchungen verifiziert werden, da für die zweite Baumschule mit Lockstoff A keine nutzbaren Daten vorliegen. Dort musste das Quartier außerplanmäßig gerodet werden und eine geeignete Alternativfläche stand nicht zur Verfügung. Von ersten erfolgreichen Praxisversuchen mit Lockstoff A in Erdbeerkulturen berichtet VAN TOL et al. (2012) übereinstimmend. Auch die Ergebnisse der Olfaktometer- und Käfigversuche (s. 3.2. und 3.3.) zeigten parallel den anlockenden Effekt von Lockstoff A. Dagegen konnte REINEKE et al. (2012) in einem Feldversuch bei *O. raucus*, *O. dieckmanni* und *O. rugosostriatus* keine signifikanten Verhaltensänderungen durch die Lockstoffe feststellen.

Bei Lockstoff B kam es mit dem gewählten Versuchsaufbau bei den Gefurchten Dickmaulrüsslern zu einem abstoßenden Effekt (Abb. 16). In beiden Baumschulen fanden sich in den Kontrollfallen über das Jahr mehr Käfer als in den Fallen direkt neben dem Lockstoff B. In zwei Kontrollfallen war die Anzahl Käfer doppelt so hoch verglichen mit den Lockstoff-Fallen. Zwei weitere Kontroll-Fallen wiesen mit 33 gegenüber 20 Käfer und 21 gegenüber 6 Käfer ebenfalls ein deutliches Übergewicht bei den Fallen ohne Lockstoff B auf. Ob Käfer durch den Lockstoff angelockt wurden, sich in der Pflanzreihe auf die Duftquelle hin bewegten und dabei in die davor liegende Kontroll-Falle fielen, konnte mit dem gewählten Versuchsdesign jedoch nicht geklärt werden.

Auch können negative Wechselwirkungen von Lockstoff und Duftsubstanzen im Pflanzenbestand mit dem eingesetzten Lockstoff nicht ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisse überraschen insofern als das Lockstoff B im Labor (neue Formulierung) und im Käfigversuch attraktive Wirkung auf die Käferarten zeigte. Aufgrund der inzwischen neu entwickelten Formulierung von Lockstoff A und B in Septen, sollten auch diese unter Baumschul-Praxisbedingungen überprüft werden. Für Baumschulen mit hohen Schäden durch Dickmaulrüssler kann eine erste versuchsweise Nutzung von Lockstoff A durchaus sinnvoll sein, um damit den Zeitpunkt des Auftretens der Schädlinge besser festzustellen und so den optimalen Bekämpfungstermin zu ermitteln.

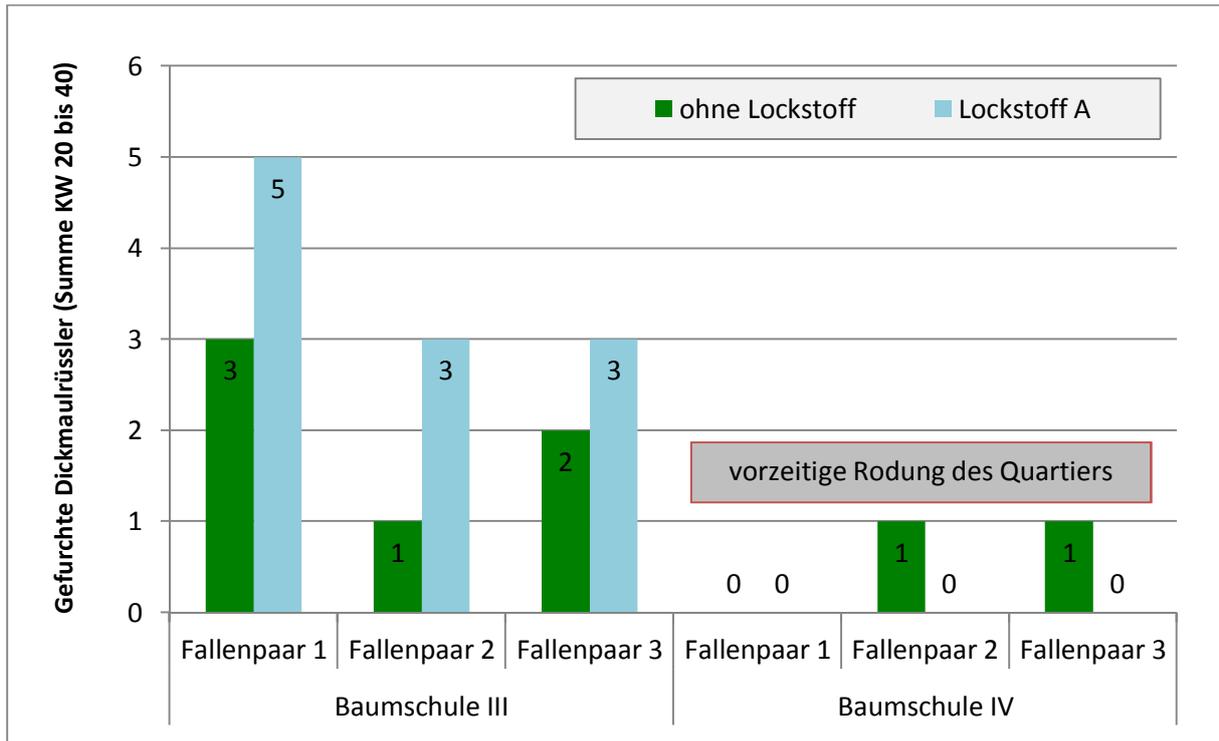


Abb. 15: Summe gefangener Gefurchter Dickmaulrüssler in Bodenfallen mit Lockstoff A und Fallen ohne Lockstoff in ca. 5 m Distanz (Fallenpaar) in Eibenquartieren von Praxisbaumschulen im Jahr 2014. Vorzeitige Rodung der Versuchsfläche in Baumschule IV im Juli 2014

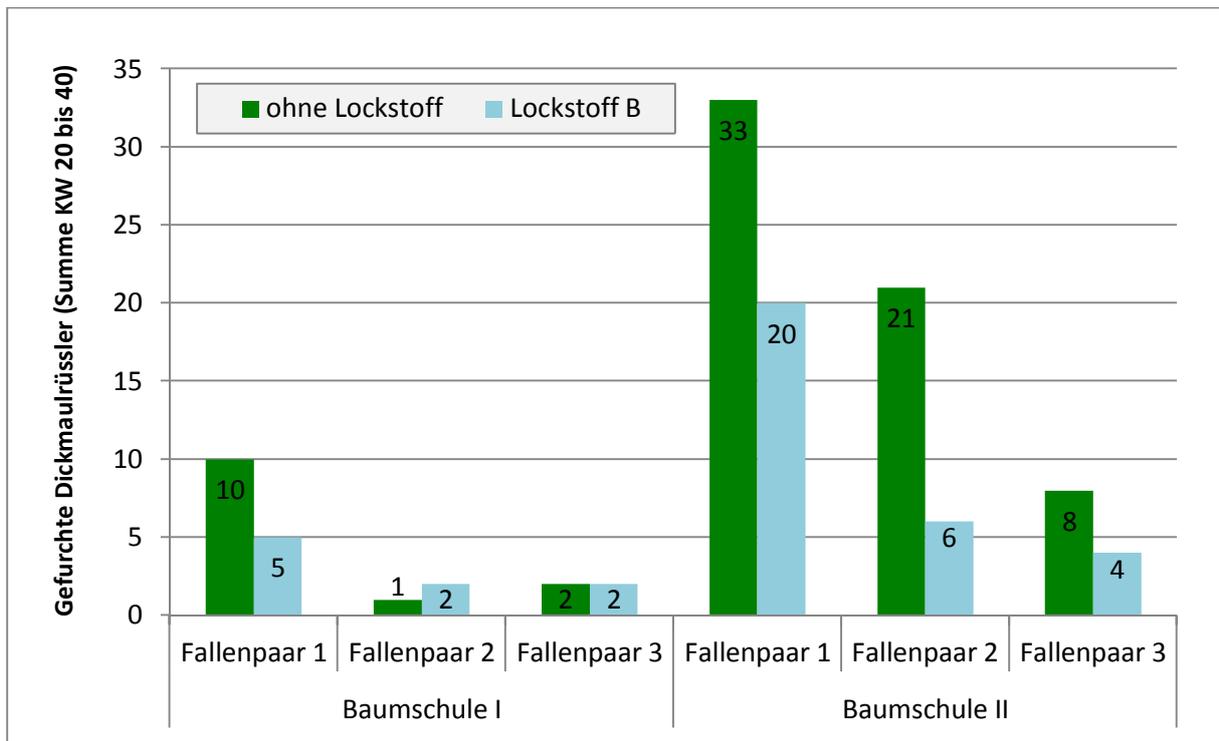


Abb. 16: Summe gefangener Gefurchter Dickmaulrüssler in Bodenfallen mit Lockstoff B und Fallen ohne Lockstoff in ca. 5 m Distanz (Fallenpaar) in Eibenquartieren von Praxisbaumschulen im Jahr 2014.

3.2. Bekämpfung der Käfer des Kompakten-, Weiden- und Gebüschdickmaulrüsslers mit Hilfe von Nematoden-Gel unter Brettern

Die Ergebnisse in Abb. 17 zeigen, dass auch die Käfer des Kompakten-, Weiden und Gebüschdickmaulrüsslers mit diesem Verfahren erfolgreich bekämpft werden können. In

dem zweiwöchigen Versuchszeitraum wurden beim Kompakten- und Weidendickmaulrüssler alle Versuchstiere durch Parasitierung mit *Steinernema carpocapsae* abgetötet. Der Gebüschdickmaulrüssler zeigte mit 83% eine etwas geringere Mortalität (2 der insgesamt 12 Versuchstiere überlebten). Zu berücksichtigen sind die für Nematoden sehr günstigen Versuchsbedingungen mit einer Luftfeuchte von 100% und Durchschnittstemperaturen über 20 °C.

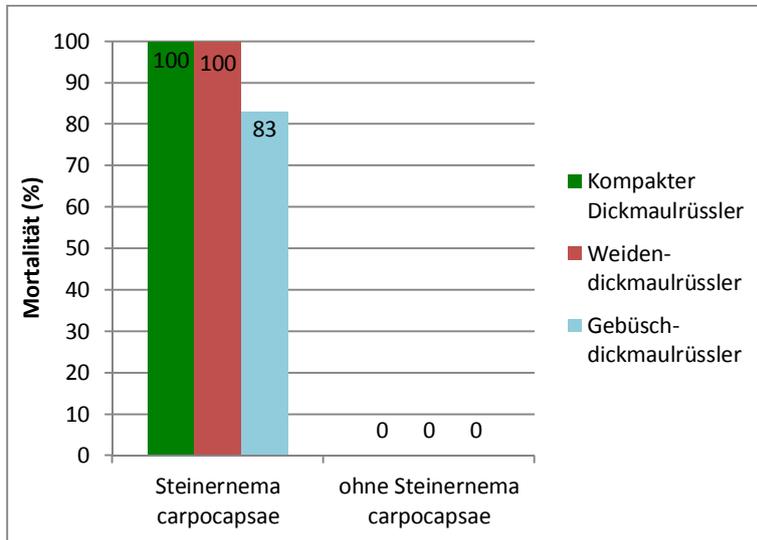


Abb. 17: Mortalität von Dickmaulrüssler-Arten durch insektenpathogene Nematoden (*Steinernema carpocapsae*) in Gel unter Holzbrettern in kleinräumigen Käfigen nach 14 Tagen



Abb. 18: Vitale Dickmaulrüssler (l.) auf der Brettunterseite mit Gel ohne insektenpathogene Nematoden und parasitierte Käfer (r.) im Gel mit *Steinernema carpocapsae*



Abb. 19: Auswertung eines Käfigs (l.) mit Brett und Gel mit insektenpathogenen Nematoden. Bei der Auswertung nach 14 Tagen fanden sich bei *O. salicicola* und *O. armadillo* keine lebenden Käfer mehr (r.)

3.3. Wirkung von Lockstoffen bei Dickmaulrüssler-Arten im Laborversuch

Die Lockstoffversuche im Olfaktometer ergaben keine auffälligen Unterschiede zwischen den Männchen und Weibchen vom Kompakten- und Weidendickmaulrüssler. Aus diesem Grund wurden die Daten zusammengefasst.

Betrachtet man nun die Wirkung von Lockstoff A beim Gefurchten Dickmaulrüssler (Abb. 20), so ist bei allen Konzentrationen eine deutliche Präferenz der Käfer für den Aufenthalt beim Lockstoff (70% bis 85%) festzustellen. Da der Lockstoff für diese Art entwickelt wurde, bestätigt das die grundsätzliche Attraktivität auf Laborebene. Keine der anderen Arten erreichte eine so deutliche Anlockung. Unabhängig davon ist insgesamt aber der Trend einer zunehmenden Wirkung bei höherer Verdünnung des Lockstoffs, auch bei Lockstoff B (Abb. 21) auffallend. Diesbezüglich müsste unter Praxisbedingungen getestet werden, ob die Annäherung zur Duftquelle schließlich im Nahbereich stoppt, da hier die Konzentration steigt. Eine zeitlich bedingte Konzentrationsabnahme der Duftquelle könnte dies möglicherweise wieder aufheben.

Die zweitbeste Wirkung von Lockstoff A zeigte sich beim Kompakten Dickmaulrüssler mit 76% (Konzentration 1:1000). Bei der Verdünnung 1:100 lag sie nur noch bei 64%. Dieser Bereich wurde vom Weiden- und Gebüschdickmaulrüssler im Versuch maximal erreicht (63%). Die höheren Konzentrationen lagen dann nur geringfügig über 50%, was einer zufälligen Auswahl der Position im Olfaktometer entspräche.

Lockstoff B zeigte beim Gefurchten Dickmaulrüssler eine insgesamt schwächere Lockwirkung (Abb. 21). Maximal 78% (Konzentration 1:10) der Käfer hielten sich im Bereich der Duftquelle auf.

Der Weidendickmaulrüssler bevorzugte mit 73% bei der niedrigsten Konzentration ebenfalls den Ort mit Lockstoff B. Beim Kompakten- (68%) und Gebüschdickmaulrüssler (63%) war die Anlockung weniger deutlich ausgeprägt.

Auffallend war bei den drei Arten, dass die höchste Konzentration von 1:10 offensichtlich einen repellenten Effekt hatte. Nur 23% Gebüschdickmaulrüssler, 30% Weidendickmaulrüssler sowie 36% Kompakte Dickmaulrüssler wählten dessen Nahbereich. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Beobachtungen im Freiland, wo der Gefurchte Dickmaulrüssler in deutlich geringerer Anzahl in den Fallen mit Lockstoff B zu finden war, gegenüber den Kontrollfallen ohne Lockstoff.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse bei Lockstoff B sehr gut, dass man mit der Nutzung von Kairomonen Käfer erfolgreich anlocken kann. Doch sollte man ebenfalls in Betracht ziehen, dass auch eine abstoßende Wirkung unter bestimmten Bedingungen auftreten kann.

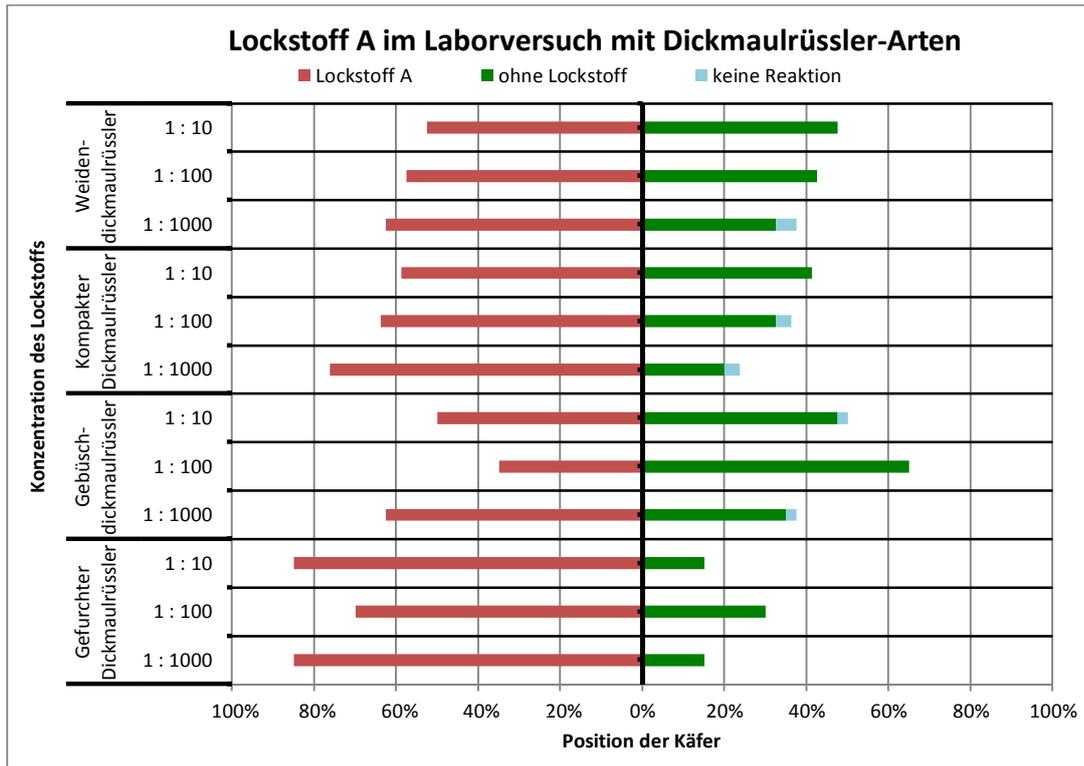


Abb. 20: Gewählter Aufenthaltsbereich von Dickmaulrüssler-Arten im Olfaktometer mit Lockstoff A bei verschiedenen Konzentrationen. (40 Käfer je Art und Geschlecht in der Reifungsfräßphase, Weidendickmaulrüssler 20, Kompakter- und Weidendickmaulrüssler Gruppierung von Weibchen und Männchen)

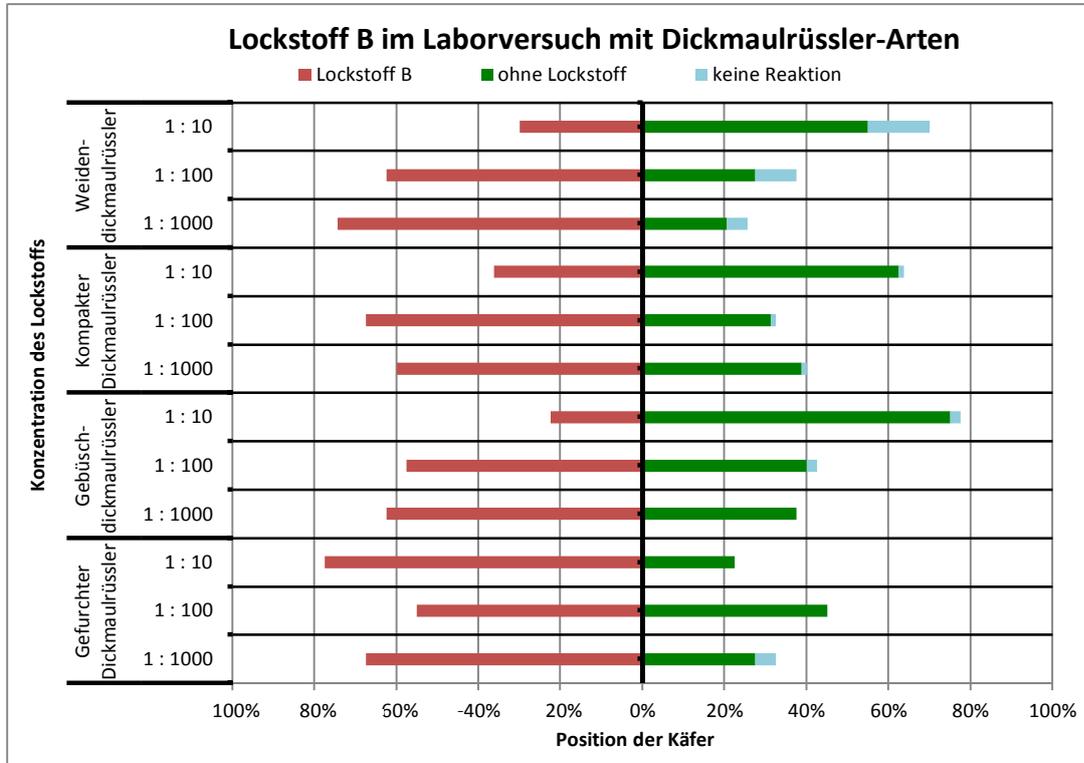


Abb. 21: Gewählter Aufenthaltsbereich von Dickmaulrüssler-Arten im Olfaktometer mit Lockstoff B bei verschiedenen Konzentrationen. (40 Käfer je Art und Geschlecht in der Reifungsfräßphase, Weidendickmaulrüssler 20, Kompakter- und Weidendickmaulrüssler Gruppierung von Weibchen und Männchen)

3.4. Wirkung von Lockstoffen bei Dickmaulrüssler-Arten im Käfigversuch

Bei der Bewertung der Ergebnisse ist der Einfluss der künstlichen Versuchsarena zu berücksichtigen. So waren Fraßaktivität und auch Aufenthaltsorte der Käfer zu einem großen Teil im äußeren/Wandbereich der Käfige zu finden! Die Lockwirkung wurde durch die Veränderung der räumlichen Fraßaktivität gegenüber der Kontrolle ohne Lockstoff ermittelt (Differenz zur Kontrolle).

Der Gefurchte Dickmaulrüssler veränderte die Position seiner nächtlichen Fraßaktivität Richtung Lockstoff A (Abb. 22) leicht um 4% im unmittelbaren Lockstoffbereich und +3% zum mittleren Bereich von 25 bis 35 cm. Um deutliche +18% war die Fraßaktivität im Bereich des Lockstoffs bei den Männchen des Kompakten Dickmaulrüsslers aber auch der Weibchen des Weidendickmaulrüsslers (+12%) erhöht. Der Gebüschdickmaulrüssler veränderte seine Position positiv zum Lockstoff in den mittleren Bereich um +14% sowie +3% in den Nahbereich. Vom insgesamt positiven Trend in Richtung Lockstoff weichen die Weibchen des Kompakten- und Männchen des Weidendickmaulrüsslers auffallend ab. Eine Erklärung hierfür konnte bis jetzt nicht gefunden werden.

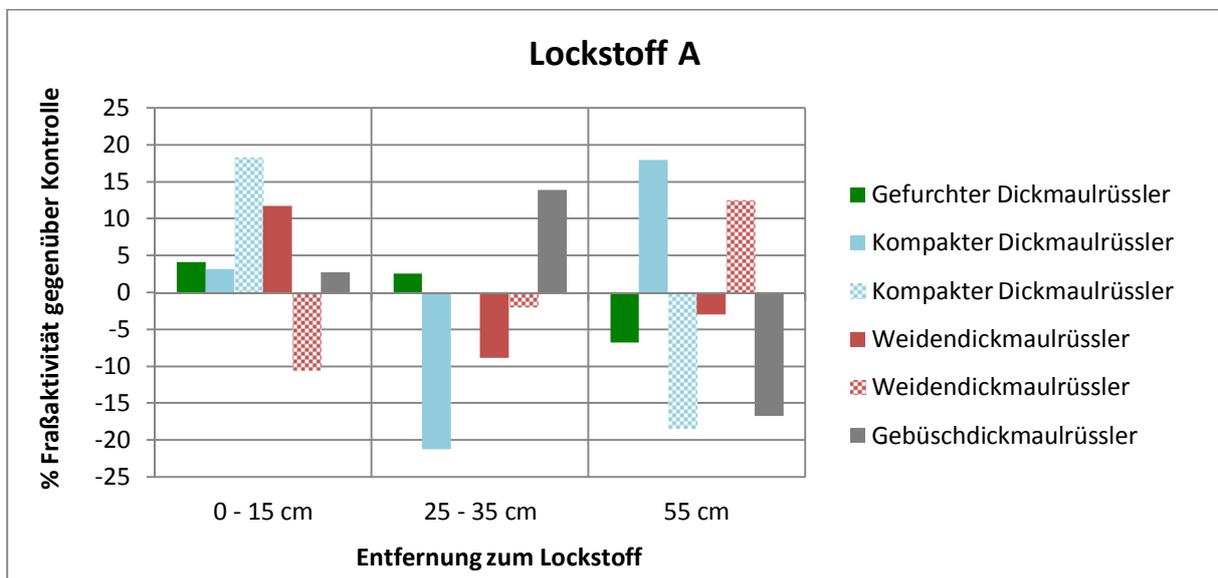


Abb. 22: Räumliche Änderung der Fraßaktivität von Dickmaulrüssler-Arten durch Lockstoff A im Käfigversuch (Differenz zur Kontrolle ohne Lockstoff in der Anzahl der Fraßstellen)

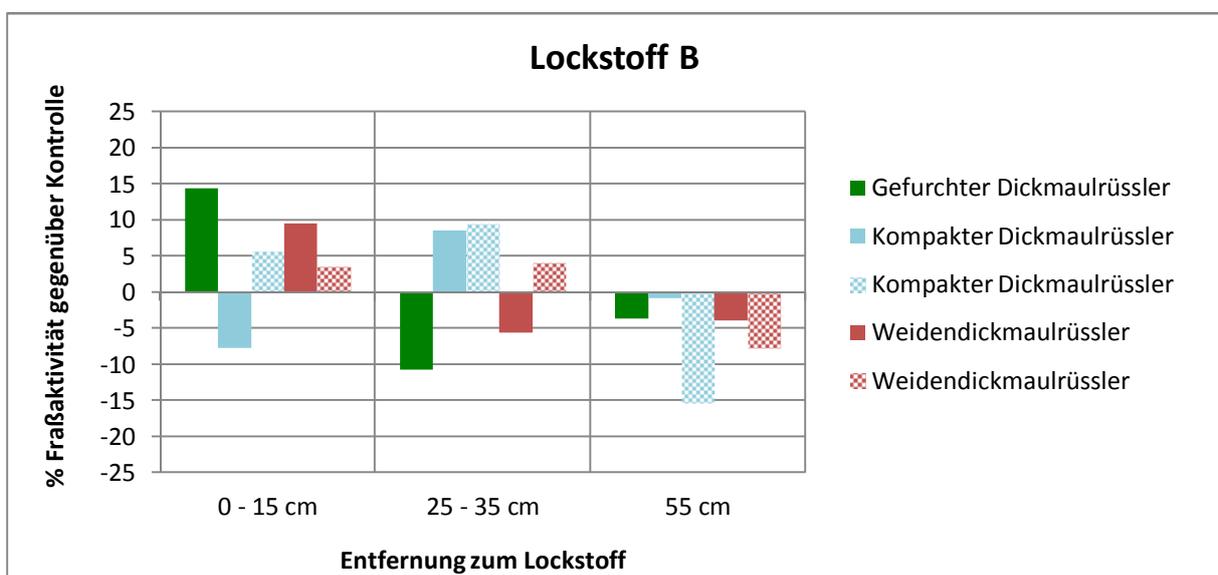


Abb. 23: Räumliche Änderung der Fraßaktivität von Dickmaulrüssler-Arten durch Lockstoff B im Käfigversuch (Differenz zur Kontrolle ohne Lockstoff in der Anzahl der Fraßstellen)

Auch bei Lockstoff B (Abb. 23) war die Fraßaktivität in den äußeren Käfigbereichen sehr hoch. Die Veränderung der Fraßaktivität in Richtung des Lockstoffs gegenüber der Kontrolle ohne Lockstoff war hier bei allen Dickmaulrüsslerarten gegeben.

Der Gefurchte Dickmaulrüssler zeigte mit +14% im Nahbereich des Lockstoffs die deutlichste Reaktion. Die Weidendickmaulrüssler Weibchen waren dort mit +10% mehr vertreten, deren Männchen mit +4%. Während die Männchen des Kompakten Dickmaulrüsslers hier mit +6% zunahmen, wanderten deren Weibchen in den mittleren Bereich ab. Die Daten des Gebüschdickmaulrüsslers gingen durch ein computertechnisches Problem verloren.

Insgesamt konnte durch den Einsatz von Lockstoff B der Bereich der nächtlichen Fraßaktivität positiv in Richtung des Lockstoffs bei allen Dickmaulrüsslerarten verbessert werden. Bezüglich des Gefurchten Dickmaulrüsslers stellt sich die Frage, wieso unter Freilandbedingungen diese Wirksamkeit nicht erreicht werden konnte. Eine mögliche Erklärung wären Wechselwirkungen mit anderen Kairomonen in einem echten Kulturpflanzenbestand. Es überrascht, dass trotz der weniger deutlichen Wirkung von Lockstoff A im Käfigversuch, im Kulturpflanzenbestand tendenziell bessere Resultate erzielt wurden.

3.5. Wirksamkeit von Repellentien (Dihydropinidin) gegen Käfer des Gefurchten, Kompakten-, Weiden- und Gebüschdickmaulrüsslers

3.5.1. Fütterungsversuch mit Dihydropinidin ohne Alternative

Die Käfer hatten in der Petrischale über Nacht für 16 Stunden nur die Möglichkeit, mit Dihydropinidin behandelte Eibennadeln zu fressen. Bei allen Dickmaulrüssler-Arten hatte dies bei zunehmender Konzentration eine deutliche Verringerung der Fraßaktivität zur Folge (Abb. 24). Der Gefurchte Dickmaulrüssler stellte bei 3% das Fressen vollständig ein. Beim Kompakten Dickmaulrüssler war dies bei 5% der Fall. Die höchste getestete Konzentration Dihydropinidin beim Weidendickmaulrüssler betrug 5%. Hier war eine deutliche Fraßreduktion feststellbar. Gegenüber der unbehandelten Kontrolle wurde eine Verringerung um 95% erreicht. Der Gebüschdickmaulrüssler zeigte ein leicht abweichendes Verhalten. Die höchste Dihydropinidin-Konzentration von 10% hielt den Käfer nicht vollständig vom Fressen ab. Verglichen mit der Kontrolle war dessen Aktivität um 80% niedriger. Alle Arten zeigten eine Fraßhemmung ab 1%.

Außerdem ist bei drei Käfer-Arten ein Anstieg der Fraßaktivität bei 0,01% Dihydropinidin gegenüber der unbehandelten Kontrolle (Weidendickmaulrüssler auch 0,1%) erkennbar. Hierbei handelt es sich um Schwankungen die offenbar durch das Schätzen der abgefressenen Nadelflächen zustande kommt.

Insgesamt ist positiv festzuhalten, dass die Wirkung von Dihydropinidin bei dem gartenbaulichen Hauptschädling, dem Gefurchten Dickmaulrüssler, am besten ist. Vergleichbar gute Wirkungen stellte auch ERIKSSON (2006) in Labortests beim Großen Braunen Fichtenrüssler fest. einem wichtigen Forstschädling. Auch erste Freilandversuche mit speziellen Formulierungen waren hier erfolgreich (SHTYKOVAA et al. 2008).

Die ebenfalls gute Wirkung beim Kompakten- und Weidendickmaulrüssler hat aufgrund ihres höheren Schadpotentials eine größere Bedeutung. Ferner ist nicht auszuschließen, dass auch bei anderen wirtschaftlich relevanten Käfer-Arten in anderen Kulturen (Ackerbau?) ebenfalls hohe Wirkungsgrade erreicht werden könnten, was zu prüfen wäre, sofern sich Projektmittel dafür finden lassen.

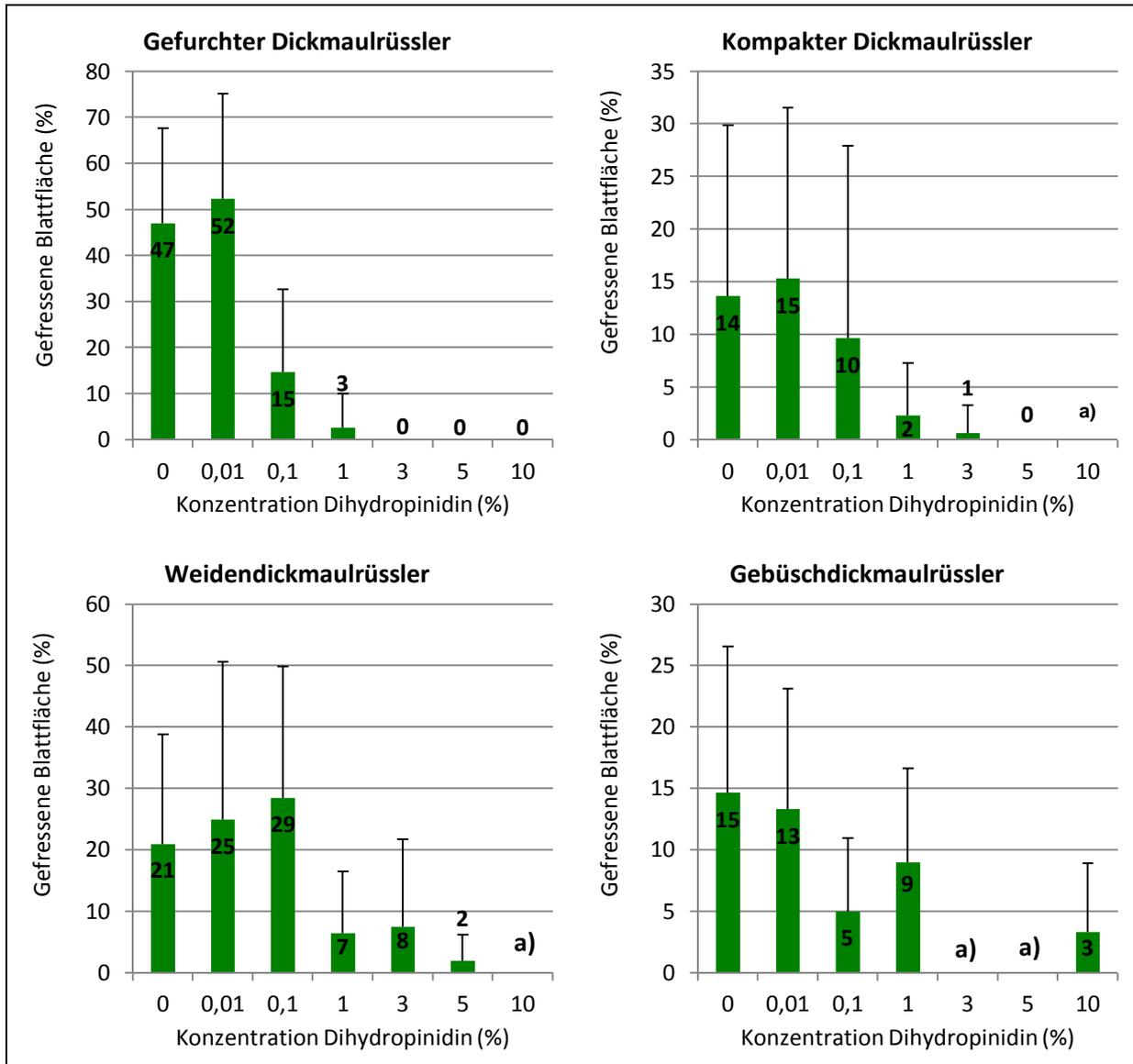


Abb. 24: Fraßhemmende Wirkung von Dihydropinidin auf Eibennadeln bei Dickmaulrüssler-Arten in Fütterungsversuchen ohne Alternative (16 Stunden über Nacht, bei 20°C; Thuja-Spitzen beim Kompakten- und Weidendickmaulrüssler). ^{a)} nicht getestet aufgrund geringer Dihydropinidinmenge

3.5.2. Wirkung von Dihydropinidin auf Nadelfraß und Eiablage bei Eibenjungpflanzen

Das Hauptziel bei der Bekämpfung des Gefurchten Dickmaulrüsslers ist die Verhinderung der Eiablage und Larvenentwicklung bei den Kulturpflanzen. Der Fraßschaden der Käfer ist dagegen sekundär. Daher soll das Dihydropinidin bei den Käfern zu einem Abwandern aus dem, für sie dann ungenießbaren, Kulturpflanzenbestand führen.

Wirkung auf den Blattfraß

In dem Versuch standen 4 Käfern 2 unbehandelte und 2 mit Dihydropinidin behandelte Wirtspflanzen zum Fraß und zur Eiablage für 16 Tage zur Verfügung. Die abschließende Auswertung der Pflanzen hinsichtlich des Blattfraßes ergab stärkere Schäden in der unbehandelten Kontrolle (Abb. 25). Von den insgesamt 12 bewerteten Pflanzenbereichen, waren 8 (67%) in der höchsten Schädigungsklasse, also zwischen 11-50% geschädigt. Mit Dihydropinidin waren es dagegen nur 33%. Hier blieben immerhin zwei (17%) komplett ohne Schäden, in der Kontrolle nur eine (8%). Die verbleibenden 6 Pflanzenbereiche (50%) waren im Bereich von 1 bis 10% geschädigt. Blattschäden größer 50% traten bei keiner Pflanze im Versuch auf.

Das Ergebnis zeigt sehr deutlich, dass der im Fütterungsversuch (Labor) festgestellte fraßhemmende Effekt des Dihydropinidins auch bei vollständigen Kulturpflanzen nach einer Spritzbehandlung erzielt werden kann. Das ist bemerkenswert, da es sich ja nicht um ein Pflanzenschutzmittel mit einer optimierten Formulierung (Haftmittel, Netzmittel, etc.) handelt. Ferner wurde in diesem kleinen Versuch mit einem einfachen Handsprüher gearbeitet. Mit professioneller Applikationstechnik lassen sich Wirkungsgrade entsprechend noch steigern. Aus diesen Gründen sind die Ergebnisse sehr aussichtsreich, trotz der Tatsache, dass kein kompletter Fraßstopp erreicht wurde. Anzumerken ist, dass nur zwei der vier Wiederholungen ausgewertet werden konnten, da zwei Käfige mit einem anderen Pflanzenschutzmittel verunreinigt waren. Die Daten stammen also von insgesamt 8 Pflanzen. Bezüglich des Dihydropinidins ist eine Fortsetzung der Suche nach einer optimierten Formulierung und einer optimalen Applikationstechnik wünschenswert, sofern sich Projektgelder dafür finden lassen.

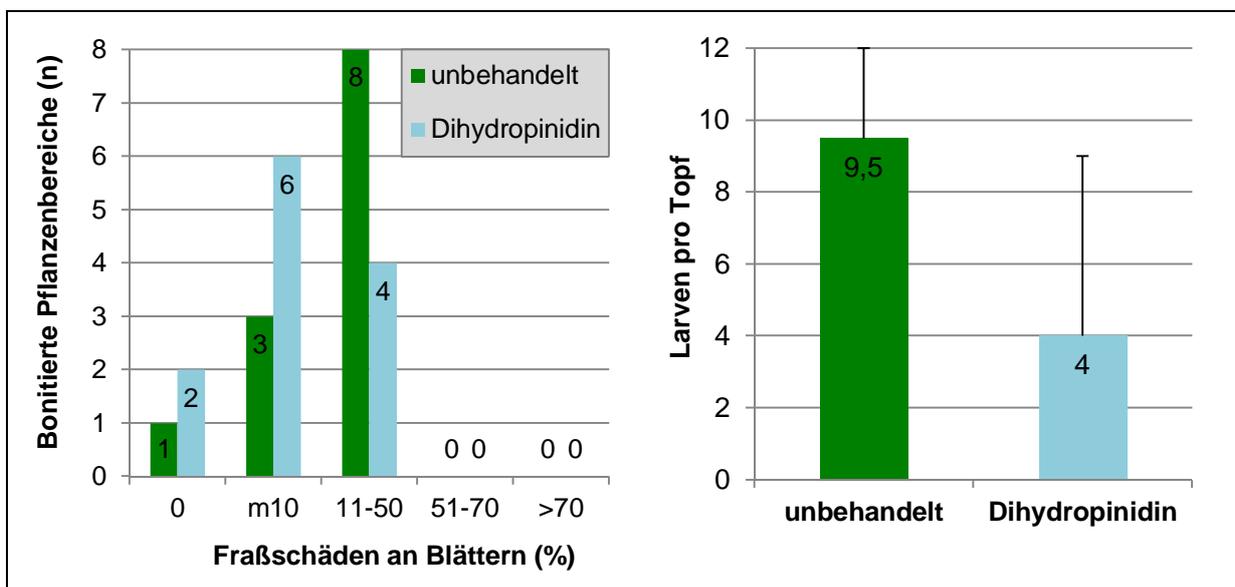


Abb. 25: Fraßhemmende Wirkung (l.) und Beeinflussung der Eiablage (r.) von Dihydropinidin auf Eibenjungpflanzen (Spritzapplikation, 3%) beim Käfer des Gefurchten Dickmaulrüsslers im Käfigversuch

Wirkung auf die Eiablage/Larvenentwicklung

In dem Versuch wurden ausschließlich Käfer genutzt, die sich bereits in der Eiablagephase (Ovipositionsphase) befanden. Sie hatten bei der Eiablage die Wahl zwischen direkt nebeneinander stehenden Eibenjungpflanzen, die unbehandelt oder mit Dihydropinidin behandelt waren. Das Ergebnis in Abb. 25 zeigt deutlich, dass die Eiablage/Larvenentwicklung durch die Behandlung mit Dihydropinidin um über die Hälfte (58%) reduziert wurde. Durchschnittlich 9,5 Larven fanden sich in der unbehandelten Kontrolle gegenüber 4,0 in der Dihydropinidin-Variante. Somit kann durch den Einsatz von Dihydropinidin das Hauptziel . die Verhinderung/Reduzierung der Eiablage an Kulturpflanzen . erreicht werden. Auch hier ist zu berücksichtigen, dass die Resultate trotz der suboptimalen Rahmenbedingungen (keinerlei Formulierungs-/Hilfsstoffen, einfache Applikationstechnik) realisiert wurden. Außerdem konnte in diesem Versuchsdesign ein weiterer wirksamkeitssteigernder Effekt nicht berücksichtigt werden, das Abwandern der Käfer aus dem Pflanzenbestand.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sowohl die Fütterungsversuche als auch die ersten Versuche mit Kulturpflanzen einen deutlichen repellenten Effekt aufweisen. Diese positiven Ergebnisse mit Dihydropinidin stimmen mit den Beobachtungen anderer Autoren mit dem Braunen Fichtenrüssler überein ERIKSSON (2006), SHTYKOVAA et al. (2008). Somit liegen durch die Projektarbeit nun aussichtsreiche Basisdaten für die Entwicklung eines

naturbasierten Pflanzenschutzverfahrens vor, dass möglicherweise auch andere Schädlinge in anderen Kulturen von Fraß und Eiablage abhält.

3.5.3. Wirkungsdauer von Dihydropinidin auf Eibennadeln

Die Untersuchung zur Wirkungsdauer von Dihydropinidin auf der Oberfläche von Pflanzen wurde mit dafür möglichst optimalen gegenüber möglichst ungünstigen Kulturszenarien durchgeführt. Im Ergebnis spiegelt sich dies deutlich wider. Bei den Pflanzen von der Freilandfläche wurde das Dihydropinidin (10%) bereits drei Tage nach der Behandlung zum größten Teil von den Eibennadeln abgespült (11,4 l/m² Niederschlag + Bewässerung) (Abb. 26). Die Käfer fraßen 30% der Nadelfläche, annähernd wie bei den unbehandelten Nadeln im Fütterungsversuch. Zwar verringerte sich die Fraßaktivität nach 7 Tagen noch einmal auf 8%, stieg dann nach 14 und 21 Tagen aber wieder auf 21% und 24% an. Im Gewächshaus kam kein Wasser auf die Nadel der Pflanzen, so dass das Dihydropinidin nicht abgespült wurde und seine Wirkung über vier Wochen behielt. Nach 3, 7 und 14 Tagen wurden die Käfer zu 100% am Fraß gehindert. Auch 21 und 28 Tage nach der Behandlung fraßen die Dickmaulrüssler nur geringe 6% bzw. 2% von den Eibennadeln.

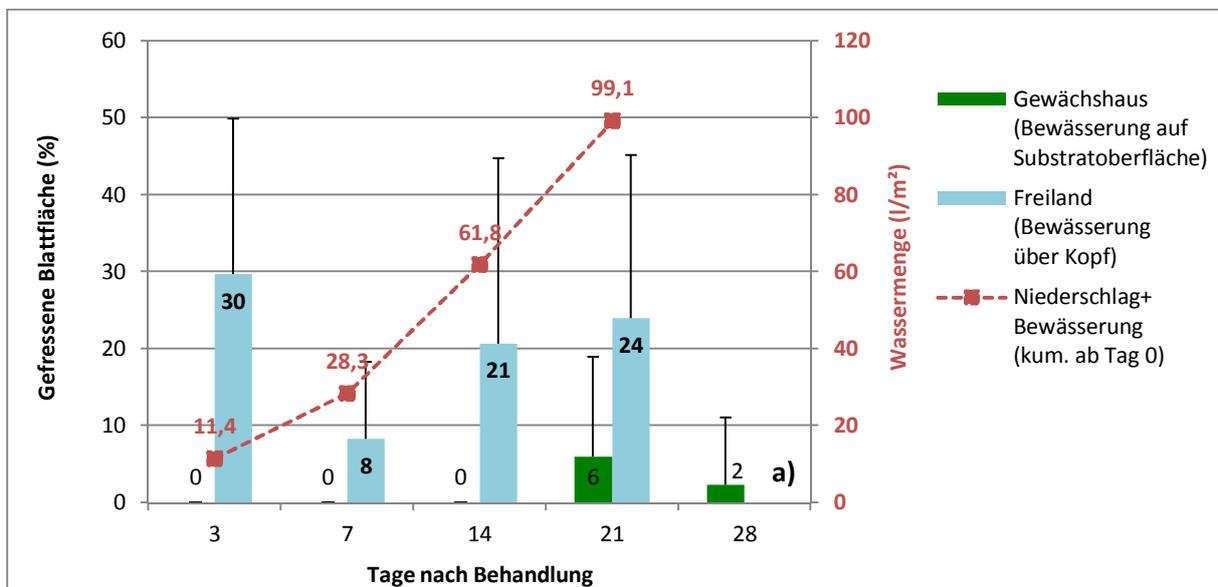


Abb. 26: Wirkungsdauer von Dihydropinidin. Eibenjungpflanzen mit einzelnen, in 10% Dihydropinidin getauchten Nadeln, im Gewächshaus und Freiland kultiviert und nach 5 Terminen in Fütterungsversuch mit dem Gefurchten Dickmaulrüssler auf die repellente Wirkung hin getestet. ^{a)} Zusatztermin mit überzähligen Nadeln nur in der Gewächshausvariante

Der Versuch zeigt deutlich, dass Dihydropinidin grundsätzlich über mehrere Wochen wirksam ist. Da der Test mit einer wässrigen Lösung des reinen Salzes durchgeführt wurde, war auch dessen Abwaschen durch Niederschlag und Bewässerung zu erwarten. Diese Eigenschaft ließe sich mit einer entsprechenden Formulierung verbessern. So nutzte ERIKSSON (2006) z.B. eine Polymerformulierung die als Stammanstrich über einen Monat im Freilandversuch noch repellente Effekte aufwies. In einem Latex-Coating bei Forstjungpflanzen betrug die Wirkungsdauer drei Monate (SHTYKOVAA et al. 2008).

4. Zusammenfassung

Der Gefurchte Dickmaulrüssler ist ein weltweiter Hauptschädling in Baumschulproduktion. Für seine Bekämpfung rücken aktuell zunehmend biologische und biotechnische Verfahren in den Vordergrund, da die Möglichkeiten des chemischen Pflanzenschutzes voraussichtlich zukünftig weiter eingeschränkt werden. Durch den internationalen Pflanzenhandel sowie Klimaänderungen werden wahrscheinlich auch andere Arten, wie z.B. der Kompakte Dickmaulrüssler, Weidendickmaulrüssler und Gebüschdickmaulrüssler, in ihrer Bedeutung zunehmen (BARCLAY 2003, HEIJERMAN und HELLINGMAN 2008, SPRICK 2009, 2012).

Im Rahmen des BLE Verbundvorhabens **%Bodenschädlinge%** konnte erstmals nachgewiesen werden, dass nicht nur die Larven des Gefurchten Dickmaulrüsslers mit insektenpathogenen Nematoden bekämpfbar sind, sondern auch deren Käfer (WREDE et al. 2012). Das der Nematode *Steinernema carpocapsae* auch gegen die anderen zuvor genannten Arten, mit hohen Mortalitäten zwischen 83% und 100%, wirksam ist, wurde in diesem Vorhaben nachgewiesen.

Dieses Bekämpfungsverfahren erfordert aber eine Kombination mit Lockstoffen, da die Nematoden erst dann wirksam werden, wenn die Käfer entsprechend präparierte Bretter als Tagesversteck aufsuchen. Zwei Lockstoffe wurden deshalb unter Praxisbedingungen in Baumschulen mittels Bodenfallen getestet. Während eine Substanz repellent wirkte (Lockstoff B), erhöhte die andere die Anzahl Gefurchter Dickmaulrüssler in den Fallen (Lockstoff A). Dieser Lockstoff scheint bei weiterer Optimierung aussichtsreich für zukünftige Praxisanwendungen und sollte weiter unter solchen Bedingungen getestet werden. Auch deshalb, weil hiermit wahrscheinlich auch eine Anlockung des Kompakten Dickmaulrüsslers möglich sein wird. In den Olfaktometerversuchen reagierte er bei einer 1:1000 Verdünnung positiv. Der Weidendickmaulrüssler zeigte dagegen einen Effekt bei Lockstoff B (1:1000). Beim Gebüschdickmaulrüssler war die Reaktionen bei beiden Substanzen nicht eindeutig bzw. bei niedrigen Verdünnungen (1:10) sogar abstoßend. Die Käfer befanden sich in der Phase des Reifungsfraßes und die Lockstoffe lagen in einer weiterentwickelten Formulierung vor.

Die ursprüngliche Lockstoffformulierung ergab in Käfigversuchen (1 m²) mit beiden Substanzen (A und B) bei den vier Käfer-Arten überwiegend eine positive räumliche Verlagerung der Fraßaktivität in Richtung des Lockstoffs. Da es sich um spezielle Fraßlockstoffe für den Gefurchten Dickmaulrüssler handelte, war dessen positive Reaktion hier zu erwarten. Dass sich auch bei den drei anderen Dickmaulrüssler-Arten z.T. anlockende Effekte zeigten, lässt im Falle eines zukünftigen Lockstoffproduktes für den Gefurchten Dickmaulrüssler, Nebenwirkung hier möglich erscheinen.

Alternativ wurde auch eine dem Lockstoff entgegengesetzte Wirkungsweise geprüft. Der Pflanzeninhaltsstoff Dihydropinidin ist neuerdings mit verringertem Aufwand zu synthetisieren (SIMON et al. 2012) und erwies sich bei allen vier Dickmaulrüssler-Arten als stark repellente Substanz (Antifeedant). Fütterungsversuche konnten beim Gefurchten und Kompakten Dickmaulrüssler zum vollständigen Fraßstopp führen (bei 1% und 5%). Sowohl der Weiden- als auch der Gebüschdickmaulrüssler zeigten eine deutlich verminderte Fraßaktivität.

Erste Wirkungsdauer-Versuche zeigten über vier Wochen im Gewächshaus zunächst eine vollständige und schließlich noch deutliche Fraßreduktion. Im Freiland wurde die Substanz sofort abgewaschen, mit entsprechendem Wirksamkeitsverlust. Hierfür müsste Dihydropinidin in einer entsprechenden (Pflanzenschutzmittel)Formulierung vorliegen.

Da die Dickmaulrüsslerlarven mit ihrem Wurzelfraß den Hauptschaden an den Kulturpflanzen verursachen, sollten Käfer mit Dihydropinidin behandelte Pflanzen für die Eiablage vollständig meiden. Die Behandlung von Eibenjungpflanzen mit 3% Dihydropinidin führte in einem ersten Test zu verringerten Fraßschäden sowie zu einer um 58% verringerten Anzahl Larven in den Töpfen. Weitere Optimierungen vorausgesetzt, scheint auch hier großes Potenzial zu sein, für ein zukünftiges, alternatives Bekämpfungsverfahren gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler und die anderen Dickmaulrüssler-Arten.

5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

In Tab. 3 sind die ursprünglich geplanten den tatsächlich erreichten Zielen des Vorhabens gegenübergestellt.

Tab. 3: Geplante und tatsächlichen erreichte Ziele des Vorhabens „Biologische Bekämpfung adulter Dickmaulrüssler die ein Schadpotential für Baumschulen aufweisen“

Geplantes Ziel	Erreichtes Ziel
Prüfung der Attraktivität von 2 Lockstoffen mit Hilfe geeigneter Fallen in 4 Baumschulen (2 Container . und 2 Freilandbaumschulen)	<ul style="list-style-type: none"> - Prüfung in 4 Freilandbaumschulen - Lockstoff A attraktiver als Kontrolle - Lockstoff B wirkte auf die Käfer abstoßend
Laborversuche zur Bekämpfung der adulten Käfer des Kompakten-, Weiden- und Gebüschdickmaulrüsslers mit Hilfe von Nematoden-Gel (<i>Steinernema carpocapsae</i>), das unter Brettern angeboten wird, die dem Unterschlupf der Käfer dienen	<ul style="list-style-type: none"> - Prüfung aller Dickmaulrüssler-Arten (mit verringerter Wiederholungsanzahl) - 100% Mortalität beim Kompakten- und Weidendickmaulrüssler - 83% Mortalität beim Gebüschdickmaulrüssler
Laborversuche zum Verhalten des Kompakten-, Weiden- und Gebüschdickmaulrüsslers gegenüber der Einwirkung von Kairomonen (Olfaktometer-Versuch)	<ul style="list-style-type: none"> - Bestätigung der Attraktivität von Lockstoff A und B beim Gefurchten Dickmaulrüssler - Lockstoff A (1:1000) für den Kompakten Dickmaulrüssler, Lockstoff B (1:1000) für den Weidendickmaulrüssler attraktiv - Keine eindeutige Reaktion beim Gebüschdickmaulrüssler - Durchführung zeitlich verzögert
Käfigversuche zum Verhalten des Kompakten-, Weiden- und Gebüschdickmaulrüsslers gegenüber der Einwirkung von Kairomonen	<ul style="list-style-type: none"> - Die Fraßaktivität wurde bei den verschiedenen Arten/Geschlechtern zumeist leicht in Richtung der Lockstoffe A und B verbessert - Die Fraßaktivität trat verstärkt im äußeren Käfigbereich auf - Der Einfluss des künstlichen Versuchsaufbaus überlagert evtl. die normale Reaktion auf den Lockstoff zu stark
Zwischenauswertung, Vorbereitung und Optimierung, Zwischen- und Abschlussberichte	<ul style="list-style-type: none"> - Wie geplant
Prüfung der Wirkung von Repellentien gegen die Käfer von vier Rüssler Arten, den Gefurchten, Kompakten-, Weiden- und Gebüschdickmaulrüssler	<ul style="list-style-type: none"> - Fraßstopp ab 1% Dihydropinidin bei Gefurchten Dickmaulrüssler - Repellent beim Kompakten-, Weiden- und Gebüschdickmaulrüssler - Verringerter Fraß und Eiablage des Gefurchten Dickmaulrüsslers bei behandelten Pflanzen
Information der und Rückkopplung mit der baumschulischen Praxis	<ul style="list-style-type: none"> - 2 Versuchsbeiräte Baumschule - 2 Baumschul-Versuchsnachmittage - 2 Baumschul-Fachvorträge - 6 Veröffentlichungen in Zeitschriften

6. Veröffentlichungen und Vorträge

- WREDE, A. (2013): Neues Projekt zur Bekämpfung der adulten Käfer des Gefurchten - und anderer Dickmaulrüssler mit Hilfe von insektenpathogenen Nematoden im Gartenbauzentrum gestartet. Vortrag. Holsteiner Versuchsnachmittag. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. Ellerhoop. 01.08.2013.
- WREDE, A. (2013): Dickmaulrüsslerlockstoffe + Fallen in Praxisbetrieben. Nematodengel gegen verschiedene Dickmaulrüsslerarten. Vortrag. Versuchsbeirat Baumschule der Norddeutschen Kooperation im Gartenbau. Ellerhoop. 22.01.2013.
- WREDE, A. (2014): Wie gut sind Rüsselkäfer biologisch Bekämpfbar? Deutsche Baumschule. Heft 12, S. 36-38.
- WREDE, A., UFER, T. (2014): Biologische Bekämpfung der Käfer des Weidendickmaulrüsslers. Versuchsberichte im deutschen Gartenbau Jahrgang 2014 Baumschule Obstbau. Online im Internet unter <http://www.hortigate.de> (23.02.2016).
- WREDE, A., UFER, T. (2014): Biologische Bekämpfung der Käfer des Kompakten Dickmaulrüsslers. Versuchsberichte im deutschen Gartenbau 2014 Baumschule Obstbau. Online im Internet unter <http://www.hortigate.de> (23.02.2016).
- WREDE, A., UFER, T. (2014): Biologische Bekämpfung der Käfer des Gebüschdickmaulrüsslers. Versuchsberichte im deutschen Gartenbau 2014 Baumschule Obstbau. Online im Internet unter <http://www.hortigate.de> (23.02.2016).
- UFER, T. (2015): Einsatz von Lock-/Duftstoffen bei Käfern des Gefurchten Dickmaulrüsslers (+ weitere Dickmaulrüsslerarten). Vortrag. Holsteiner Versuchsnachmittag. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. Ellerhoop. 27.08.2015.
- STEFFENS, J. (2015): Einsatz von Dihydropinidin beim Gefurchten Dickmaulrüssler. Vortrag. Holsteiner Versuchsnachmittag. Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. Ellerhoop. 27.08.2015.
- STEFFENS, J., UFER, T., WREDE, A. (2015): Dihydropinidin . das schmeckt dem Dickmaulrüssler nicht. Versuchsberichte im deutschen Gartenbau 2015 Baumschule Obstbau. Online im Internet unter <http://www.hortigate.de> (23.02.2016).
- STEFFENS, J., UFER, T., WREDE, A. (2015): Lockstoffe für verschiedene Dickmaulrüsslerarten. Versuchsberichte im deutschen Gartenbau 2015 Baumschule Obstbau. Online im Internet unter <http://www.hortigate.de> (23.02.2016).
- WREDE, A. (2016): Versuche zur Entwicklung von Neuerungen für Baumschulen. Dihydropinidin . das schmeckt dem Dickmaulrüssler nicht. Vortrag. Wintertagung Verband Rheinischer Baumschulen. Köln-Auweiler: 19.01.2016.
- UFER, T. (2016): Neues zur Dickmaulrüsslerbekämpfung. Vortrag. Fachseminar der Baumschul-Fachberatung Pinneberg. Uetersen. 02.02.2016.
- UFER, T. (2016): Neues zur Dickmaulrüsslerbekämpfung. Vortrag. Versuchsbeirat Baumschule der Norddeutschen Kooperation im Gartenbau. Ellerhoop. 16.02.2016.

7. Kooperierende Institutionen/Personen

Im Rahmen der Bachelorarbeit „Bekämpfung von Dickmaulrüsslern“. Prüfung von Lockstoffen, Antifeedant und Insektiziden führte Janina Steffens, Studentin des Produktionsgartenbaus, Hochschule Osnabrück, die Lockstoffversuche im Olfaktometer und Käfig sowie die Tests mit dem Antifeedant Dihydropinidin durch. Die Betreuung seitens der Hochschule lag bei:

Prof. Dr. Christian Neubauer
Hochschule Osnabrück
Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur
Oldenburger Landstraße 24
49090 Osnabrück

Mit folgenden Partnern fand während der Projektlaufzeit ein regelmäßiger fachlicher Austausch statt.

e~nema GmbH für
Biotechnologie und biologischen Pflanzenschutz
Dr. Arne Peters, Prof. Dr. Ralf-Udo Ehlers
Klausdorfer Straße 28-36
24223 Schwentinental

Wageningen University and Research Centre
Plant Research International
Biointeractions and Plant Health
Dr. Rob van Tol
Droevendaalsesteeg 1
6708 PB Wageningen; the Netherlands

Curculio Institut e.V. (CURCI)
Dr. Peter Sprick
Weckenstraße 15
30451 Hannover

Julius Kühn-Institut
Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst
Dir. und Prof. Dr. Martin Hommes
Messeweg 11/12
38104 Braunschweig

Karl Franzens Universität Graz
Institut für Chemie - Organische/Biororganische Chemie
Prof. Dr. Wolfgang Kroutil
Heinrichstraße 28
8010 Graz, Österreich

8. Literatur

- BARCLAY, M. V. L. (2003): *Otiiorhynchus armadillo* (Rossi, 1792) and *Otiiorhynchus salicicola* Heyden, 1908 (Curculionidae: Entiminae: Otiiorhynchini) - two European vine weevils established in Britain. *The Coleopterist* (2003), 12 (2), S. 41 . 56.
- ERIKSSON, C. (2006): Isolation, Synthesis and Structure-Activity Relationships of Antifeedants against the Pine Weevil, *Hylobius abietis*. Doktorarbeit. Mid Sweden University. Sundsvall.
- ERIKSSON, C., SJÖDIN, K., SCHLYTER, F. et al. (2006): Synthesis of (+) - and (-)-dihydropinidine by diastereoselective dimethylzinc promoted allylation of 2-methyltetrahydropyridine-N-oxide with an allylboronic ester. *Tetrahedron: Asymmetry* (2006), 17 (7), S.1074 . 1080.
- ERIKSSON, C. E., MÅNSSON, P. E., SJÖDIN, K. et al. (2007): Antifeedants and Feeding Stimulants in Bark Extracts of Ten Woody Non-host Species of the Pine Weevil, *Hylobius abietis*. *J. Chem. Ecol.* (2008), 34 (10), S. 1290 . 1297.
- HEIJERMAN, T., HELLINGMAN, S. (2008): *Otiiorhynchus armadillo*, een invasieve snuit-kever, gevestigd in Nederland (Coleoptera: Curculionidae). *Nederlandse Faunistische Mededelingen* (2008), Heft 29, S. 37 . 48.
- HOMMES, M.; SCHAARSCHMIDT, R.; MÖSCH, S.; HIRSCH, J.; REINEKE, A.; SCHWARZ, J.; SPRICK, P.; UFER, T.; WEIHRAUCH, F.; WREDE, A. (2015): Rüsselkäfer in Baumschulen und Staudengärtnereien. Wichtige Arten, Bestimmung und Bekämpfung mittels entomopathogener Nematoden. JKI-Datenblätter, Pflanzenkrankheiten und Diagnose: 8 S. Online im Internet unter: <http://www.jki.bund.de/de/startseite/institute/pflanzenschutzgartenbau-und-forst/publikationen-des-institutes.html?seite=2>
- KARLEY, A. (2012): Characterising vine weevil aggregation pheromone for use in traps at soft fruit and nursery sites. Report. James Hutton Institute and NRI.
- MOORHOUSE, E. R., CHARNLEY, A. K. UND GILLESPIE, A. T. (1992): A review of the biology and control of the vine weevil, *Otiiorhynchus sulcatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Ann. appl. Biol.* (1992), Heft 121, S. 431 - 454.
- PROKOPY, R.J.; S.S. COOLEY und P.L. PHELAN (1995). Bioassay approaches to assessing behavior response of Plum curculio adults (Coleoptera: Curculionidae) to host fruit odor. *Journal of Chemical Ecology*, 21, 1073 . 1084 (zit. nach VAN TOL et al. 2002)
- REINEKE, A., HIRSCH, J., KUBACH, G. (2012): Erarbeitung von Pflanzenschutzkonzepten gegen den Gefurchten Dickmaulrüssler (*Otiiorhynchus sulcatus*) in Gartenbaukulturen unter besonderer Berücksichtigung des Einsatzes und der dauerhaften Etablierung entomopathogener Pilze im Bestand. In: HOMMES, M. und R. SCHAARSCHMIDT et al: Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen Bodenschädlinge. Verbundabschlussbericht
- SHTYKOVAA, L., MASUDAA, M., ERIKSSON, C., SJÖDIN, K., MARLINGC, E., SCHLYTER, F., NYDÉN, M. (2008): Progress in Organic Coatings, 63 (2). S. 160 . 166.
- SIMON, R. C., GRISCHEK, B., ZEPECK, F., STEINREIBER, A., BELAJ, F., KROUTIL, W. (2012): Regio- and stereoselective monoamination of diketones without protecting groups. *Angew. Chem. Int. Ed.* 51, 6713-6716.
- SPRICK, P. (2009): Monitoring von Rüsselkäfern in Baumschulen, Staudengärtnereien und Hopfengärten . Ergebnisse des ersten Untersuchungsjahres (2008). *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Ang. Entomol.*, Heft 17, S. 197 - 205.

SPRICK, P. (2012): Bodenrüssler als Schädlinge im Garten- und Hopfenbau . Erfassung des Artenspektrums und Untersuchungen zu Bekämpfungsmöglichkeiten als Grundlage zur Entwicklung gezielter Bekämpfungsstrategien. In: HOMMES, M., SCHAARSCHMIDT, R. et al.: Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen Bodenschädlinge. Verbundabschlussbericht. S. 7 . 72.

STEFFENS, J., UFER, T., WREDE, A. (2015): Lockstoffe für verschiedene Dickmaulrüsslerarten. Versuchsberichte im deutschen Gartenbau 2015 Baumschule Obstbau. Online im Internet unter <http://www.hortigate.de> (23.02.2016).

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

VAN TOL, R.W.H.M., VISSER, J.H. (2001): Olfactory antennal responses of the vine weevil *Otiiorhynchus sulcatus* to plant volatiles. Entomologia Experimentalis et Applicata (2002), Heft 102, S. 49 . 64.

VAN TOL, R.W.H.M., VISSER, J.H., SABELIS, M.W. (2002): Olfactory responses of the Vine Weevil *Otiiorhynchus sulcatus* to tree odours. Physiological Entomology 27: 213 - 222

VAN TOL, R.W.H.M., BRUCK, D. J., GRIEPINK, F. C., DE KOGEL, W. J. (2012): Field attraction of the vine weevil *Otiiorhynchus sulcatus* to Kairomones. Journal of Economic Entomology 105, p. 169 - 175.

WREDE, A. (2012): Nematode *Steinernema* wirkt auch gegen Käfer (Dickmaulrüssler). Deutsche Baumschule 7, 35 . 38.

WREDE, A., UFER, T., MICHAELIS, G. (2012): Optimierung und Erweiterung des Nematodeneinsatzes gegen Dickmaulrüssler (Otiiorhynchinae) und andere Bodenschädlinge. In: HOMMES, M. und SCHAARSCHMIDT, R. et al: Erarbeitung von integrierten Pflanzenschutzverfahren gegen Bodenschädlinge. Verbundabschlussbericht. S. 99 - 149.

9. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: <i>Otiiorhynchus sulcatus</i> (Gefurchter Dickmaulrüssler) . <i>Otiiorhynchus armadillo</i> (Kompakter Dickmaulrüssler) . <i>Otiiorhynchus salicicola</i> (Weidendickmaulrüssler) . <i>Otiiorhynchus crataegi</i> (Gebüschdickmaulrüssler)	3
Abb. 2: Lockstoff-Formulierung in einer Ampulle (r.) und seit 2014 im roten Septum (l.)	5
Abb. 3: Aufbau einer Bodenfalle im Eibenquartier	5
Abb. 4: Bodenfalle mit Lockstoff (grüner Gitterbehälter) im Eibenquartier	5
Abb. 5: Prüfung von Lockstoffen im Eibenquartier einer Baumschule unter Praxisbedingungen	5
Abb. 6: Bodenseite eines Holzbretts mit Nematoden-Gel in den Furchen (Pfeile)	6
Abb. 7: Versuchsaufbau zur Käferbekämpfung von Dickmaulrüssler-Arten mit Nematoden	6
Abb. 8: Aufbau eines still-air olfactometers zur Untersuchung von Lockstoffen bei Dickmaulrüssler-Arten, Schema nach VAN TOL et al. (2002) (l.) und verwendeter Aufbau im Labor (r.)	6
Abb. 9: Versuchsaufbau im Insektenkäfig (l.) zur Prüfung von Lockstoffen bei verschiedenen Dickmaulrüssler-Arten. Lockstoffbehälter (Mitte), Blätter als Futter, Holzbrettern als Versteckmöglichkeit (r.)	7
Abb. 10: Fütterungsversuch mit Dihydropinidin behandelten Eibennadeln beim Gebüschdickmaulrüssler in einer Petrischale	9
Abb. 11: Auswertung der nächtlichen Fraßaktivität an Eibennadeln durch Dickmaulrüssler-Arten im Fütterungsversuch mit Dihydropinidin	9
Abb. 12: Versuchsaufbau der Fütterungsversuche mit Dihydropinidin bei Dickmaulrüssler-Arten unter standardisierten Bedingungen im Klimaschrank	9

Abb. 13: Mit Dihydropinidin behandelte Eibenjungpflanzen und Gefurchte Dickmaulrüssler im Insektenkäfig, Versuchsaufbau im Gewächshaus	10
Abb. 14: Gefurchte Dickmaulrüssler haben die Wahl zwischen zwei unbehandelten und zwei mit Dihydropinidin behandelten Eiben für Fraß/Eiablage	10
Abb. 15: Summe gefangener Gefurchter Dickmaulrüssler in Bodenfallen mit Lockstoff A und Fallen ohne Lockstoff in ca. 5 m Distanz (Fallenpaar) in Eibenquartieren von Praxisbaumschulen im Jahr 2014. Vorzeitige Rodung der Versuchsfläche in Baumschule IV im Juli 2014	12
Abb. 16: Summe gefangener Gefurchter Dickmaulrüssler in Bodenfallen mit Lockstoff B und Fallen ohne Lockstoff in ca. 5 m Distanz (Fallenpaar) in Eibenquartieren von Praxisbaumschulen im Jahr 2014.	12
Abb. 17: Mortalität von Dickmaulrüssler-Arten durch insektenpathogenen Nematoden <i>Steinernema carpocapsae</i> in Gel unter Holzbrettern in kleinräumigen Käfigen nach 14 Tagen	13
Abb. 18: Vitale Dickmaulrüssler (l.) auf der Brettunterseite mit Gel ohne insektenpathogene Nematoden und parasitierte Käfer (r.) im Gel mit <i>Steinernema carpocapsae</i>	13
Abb. 19: Auswertung eines Käfigs (l.) mit Brett und Gel mit insektenpathogenen Nematoden. Bei der Auswertung nach 14 Tagen fanden sich keine lebenden Käfer mehr (r.)	13
Abb. 20: Gewählter Aufenthaltsbereich von Dickmaulrüssler-Arten im Olfaktometer mit Lockstoff A bei verschiedenen Konzentrationen. (40 Käfer je Art und Geschlecht in der Reifungsfraßphase, Weidendickmaulrüssler 20, Kompakter- und Weidendickmaulrüssler Gruppierung von Weibchen und Männchen	15
Abb. 21: Gewählter Aufenthaltsbereich von Dickmaulrüssler-Arten im Olfaktometer mit Lockstoff B bei verschiedenen Konzentrationen. (40 Käfer je Art und Geschlecht in der Reifungsfraßphase, Weidendickmaulrüssler 20, Kompakter- und Weidendickmaulrüssler Gruppierung von Weibchen und Männchen	15
Abb. 22: Räumliche Änderung der Fraßaktivität von Dickmaulrüssler-Arten durch Lockstoff A im Käfigversuch (Differenz zur Kontrolle ohne Lockstoff in der Anzahl der Fraßstellen)	16
Abb. 23: Räumliche Änderung der Fraßaktivität von Dickmaulrüssler-Arten durch Lockstoff B im Käfigversuch (Differenz zur Kontrolle ohne Lockstoff in der Anzahl der Fraßstellen)	16
Abb. 24: Fraßhemmende Wirkung von Dihydropinidin auf Eibennadeln bei Dickmaulrüssler-Arten in Fütterungsversuchen ohne Alternative (16 Stunden über Nacht, bei 20°C; Thuja-Spitzen beim Kompakten- und Weidendickmaulrüssler). ^{a)} nicht getestet aufgrund geringer Dihydropinidinmenge	18
Abb. 25: Fraßhemmende Wirkung (l.) und Beeinflussung der Eiablage (r.) von Dihydropinidin auf Eibenjungpflanzen (Spritzapplikation, 3%) beim Käfer des Gefurchten Dickmaulrüsslers im Käfigversuch	19
Abb. 26: Wirkungsdauer von Dihydropinidin. Eibenjungpflanzen mit einzelnen, in 10% Dihydropinidin getauchten Nadeln, im Gewächshaus und Freiland kultiviert und nach 5 Terminen in Fütterungsversuch mit dem Gefurchten Dickmaulrüssler auf die repellente Wirkung hin getestet. ^{a)} Zusatztermin mit überzähligen Nadeln nur in der Gewächshausvariante	20

10. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Standort, Kultursystem, Kulturpflanze und Lockstoff für die Prüfung der Attraktivität von Lockstoffen unter Praxisbedingungen in 2014	5
Tab. 2: Anzahl Wiederholungen und Versuchspflanzen mit denen die vier <i>Otiiorhynchus</i> -Arten bei unterschiedlichen Dihydropinidin Konzentrationen getestet wurden. Aufgrund begrenzter Dihydropinidin-/Käfermengen konnten nicht alle Kombinationen getestet werden	9
Tab. 3: Geplante und tatsächlichen erreichte Zielen des Vorhabens „Biologische Bekämpfung adulter Dickmaulrüssler die ein Schadpotential für Baumschulen aufweisen“	22