

Untersuchungen zur chemischen Ökologie und Wirtspflanzenselektion des Rübenderbrüsslers *Asproparthenis punctiventris*



© L. Weissengruber

**Untersuchungen zur chemischen
Ökologie und Wirtspflanzenselektion
des Rübenderbrüsslers
*Asproparthenis punctiventris***

Wien, 2023

Impressum

Projektnehmer/in: Universität für Bodenkultur Wien, Department für
Nutzpflanzenwissenschaften, Institut für Pflanzenschutz

Adresse: Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien

Projektleiter/in: Ao.Univ.Prof.DI Dr. Elisabeth Helene Koschier

Tel. : +43 1 47654 95303

E-Mail: elisabeth.koschier@boku.ac.at

Projektmitarbeiter/in: DI Lena Dittmann, DI Vanessa Kaiser, DI Victoria Mayer, Estera
Czyszczon BSc

Finanzierungsstellen: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und
Wasserwirtschaft

Projektlaufzeit: 09.12.2019 – 28.02.2023

1. Auflage

Alle Rechte vorbehalten.



Wien, 2022. Stand: 27. März 2023

Inhalt

Kurzfassung.....	6
Abstract	7
1 Einleitung.....	8
2 Forschungsziele	10
3 Material und Methoden	11
3.1 Testinsekten	11
3.1.1 Sammlung der Käfer im Freiland	11
3.1.2 Aufbewahrung der Käfer im Labor	11
3.1.3 Bestimmung des Geschlechts der Käfer	12
3.1.4 Haltung ungepaarter Käfer	12
3.1.5 Haltung gepaarter Käfer	12
3.1.6 Gewinnung von Larven	12
3.1.7 Ansätze zur Etablierung einer Laborzucht.....	13
3.2 Versuchspflanzen.....	14
3.3 Biotest zur Prüfung der Nahrungseignung verschiedener Pflanzen für den Rübenderbrüssler	15
3.4 Biotest zur Prüfung der Nahrungspräferenz des Rübenderbrüsslers	17
3.5 Biotest zur Prüfung der Wirkung von potentiell fraßabweisenden Substanzen.....	17
3.5.1 Testsubstanzen	17
3.5.2 Biotestprozedur	19
3.6 Versuche zur Entwicklung von Larven des Rübenderbrüsslers an Kultur- und Beikrautpflanzen	20
3.7 Olfaktometer-Testverfahren für <i>A. punctiventris</i>	21
3.8 Analyse der Duftbouquets olfaktorisch attraktiver Testpflanzen	23
3.9 Reinsubstanzen.....	26
3.10 Grandlure III-IV	26
3.11 Statistische Analysen.....	26
4 Ergebnisse	28

4.1 Nahrungseignung von verschiedenen Pflanzen für den Rübenderbrüssler.....	28
4.2 Nahrungspräferenzen des Rübenderbrüsslers.....	32
4.3 Fraßabweisende Wirkung von Pflanzenextrakten, Mineralstoffen und Substanzen organischen Ursprungs.....	34
4.4 Versuche zur Entwicklung von Larven des Rübenderbrüsslers an Kultur- und Beikrautpflanzen	38
4.5 Prüfung und Etablierung eines Olfaktometer-Testverfahrens für <i>A. punctiventris</i>	39
4.6 Prüfung der Reaktionen von <i>A. punctiventris</i> auf Duftbouquets von Nahrungspflanzen im Olfaktometer	41
4.7 Prüfung der Reaktionen von <i>A. punctiventris</i> auf Einzelkomponenten der Düfte von Nahrungspflanzen	44
4.8 Prüfung der Reaktionen von <i>A. punctiventris</i> auf den Lockstoff Grandlure II-IV	45
5 Diskussion	48
5.1 Die Nahrungspflanzen des Rübenderbrüsslers	48
5.2 Deterrente Pflanzenextrakte, Mineralstoffe und Substanzen organischen Ursprungs ...	51
5.3 Entwicklung der Larven des Rübenderbrüsslers an Kultur- und Beikrautpflanzen.....	54
5.4 Reaktionen von <i>A. punctiventris</i> auf Düfte von Nahrungspflanzen und Duftkomponenten im Olfaktometer	56
6 Fazit	59
Tabellenverzeichnis.....	61
Abbildungsverzeichnis.....	63
Literaturverzeichnis.....	65
Liste der Tagungsbeiträge und Veröffentlichungen von Projektergebnissen.....	72
Danksagung	74

Kurzfassung

Seit 2017 verursacht das Massenaufreten von *Asproparthenis punctiventris* Germar (Coleoptera: Curculionidae), dem Rübenderbrüssler, enorme Schäden im Zuckerrübenanbau in Ostösterreich. Durch den Klimawandel vermehrt auftretende warme und trockene Witterungsphasen im Frühjahr begünstigen die Entwicklung des Schädling. Die nun abgeschlossenen Untersuchungen zeigen Ansätze zur Reduktion der Rübenderbrüssler-Gesamtpopulation in Zuckerrübenanbaugebieten auf. In Laborversuchen unter kontrollierten Bedingungen konnten offene Fragen zum Nahrungsspektrum des Rübenderbrüsslers geklärt werden. Seine bevorzugten Nahrungspflanzen finden sich in der Pflanzenfamilie der Fuchsschwanzgewächse (Amaranthaceae). Im Vergleich zu Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* Altissima Gruppe) und ihren nahen Verwandten werden Melde-Arten (*Atriplex hortensis* L., *A. patula* L.) von den Käfern beider Geschlechter um etwa ein Drittel weniger befressen. Auch häufige Beikräuter wie der Weiße Gänsefuß (*Chenopodium album* L.) und der Rauhaarige Amarant (*Amaranthus retroflexus* L.) dienen in geringerem Ausmaß dem Schädling als Nahrungsquelle und sollten bei der Beikrautbekämpfung besonders berücksichtigt werden. Körneramarant (*Amaranthus hypochondriacus* L.) und Quinoa (*C. quinoa* L.) sind ebenfalls Nahrungspflanzen mit Potenzial, zum Erhalt der Schädlingspopulation außerhalb der Zuckerrübenfelder beizutragen. Ein Vergleich ergab erstmals, dass Rübenderbrüssler-Weibchen in der Zeit der Eiablage mehr Blattmasse fressen als während des Reifungsfraßes. Versuche mit eingetopften Pflanzen zeigten, dass sich die Larven des Rübenderbrüsslers nicht nur an Zuckerrübe, sondern auch an anderen Fuchsschwanzgewächsen entwickeln können. Beikräuter und andere Pflanzen aus der Familie der Knöterichgewächse (Polygonaceae) wie z.B. Buchweizen (*Fagopyrum esculentum* M.) zählen dagegen nicht zu den Nahrungspflanzen von *A. punctiventris*. Anders als in der Literatur dargestellt werden auch Mais (*Zea mays* L.), Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) und Salat (*Lactuca sativa* L.) kaum bzw. nicht gefressen. Der Rübenderbrüssler lokalisiert seine Nahrungspflanzen anhand der Duftbouquets ihrer Blätter, und dies gilt für beide Geschlechter sowohl während des Reifungsfraßes als auch in der Zeit der Eiablage. Dabei ist nach derzeitigem Kenntnisstand nur der Pflanzenduft in seiner Gesamtheit für die Wirtspflanzenfindung ausschlaggebend: Es konnten keine einzelnen volatilen (Haupt-) Komponenten mit geruchlicher Lockwirkung auf den Käfer identifiziert werden. Laborversuche zeigten das Potenzial deterrenter, i.e. fraßabweisender Pflanzeninhaltsstoffe, mineralischer Stoffe und Substanzen organischen Ursprungs, die Fraßaktivität des Schädling an jungen Zuckerrübenpflanzen deutlich zu verringern. Eine Schädlingsmanagementstrategie, die sich z. B. auf Massenfang mit Lockstofffallen in Kombination mit Deterrent-Einsatz stützt, könnte in Jahren mit moderaten Befallszahlen effizient genug sein, um Schäden durch den Rübenderbrüssler zu vermeiden.

Abstract

From 2017 on, mass occurrences of the sugar beet weevil *Asproparthenis (Bothynoderes) punctiventris* Germar (Coleoptera: Curculionidae) have caused enormous damage to sugar beet crops in eastern Austria. An increased frequency of warm and dry weather periods in spring due to climate change favours the development of this pest. The present research project has come up with approaches to reducing the total population of the weevil in a sugar beet growing area. In laboratory experiments under controlled conditions, open questions about the food spectrum of the sugar beet weevil could be clarified. Its preferred food plants are found in the Amaranthaceae plant family. Weevils of both sexes consume about 30% less leaf mass from *Atriplex hortensis* L. (garden orache) or *A. patula* L. (common orache) than from sugar beet (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* Altissima group) or its close relatives. To a somewhat lesser extent, common weeds such as fat hen (*Chenopodium album* L.) and common amaranth (*Amaranthus retroflexus* L.) can also serve as food sources for the pest and should therefore be given special consideration in weed control. Furthermore, grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) and quinoa (*C. quinoa* L.) are food plants as well and could contribute to maintaining pest populations outside sugar beet fields. Comparisons in the laboratory showed for the first time that female weevils consume more leaf mass during the egg-laying period than during maturation feeding. Experiments with potted plants showed that the larvae of the sugar beet weevil can develop not only on sugar beet but also on other Amaranthaceae species. By contrast, weeds, and other plants of the knotweed family (Polygonaceae) such as buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) are no food plants of *A. punctiventris*. Contrary to the literature, maize (*Zea mays* L.), sunflower (*Helianthus annuus* L.) and lettuce (*Lactuca sativa* L.) are not fed on. The sugar beet weevil locates its food plants by the odour bouquets of their leaves, and this applies to both sexes during maturation feeding and during the egg-laying period. As far as we know to date, only the plant odour as a whole is decisive in host plant finding; no individual volatile (main) components with olfactory attraction effects on the weevil were identified. Laboratory experiments showed the potential of deterrent plant components, mineral substances, and substances of organic origin to significantly reduce the feeding activity of the pest on young sugar beet plants. A pest management strategy based, for example, on mass trapping with traps baited with an olfactory attractant in combination with the application of a deterrent substance could be efficient enough to avoid damage to crops in years with moderate infestation levels.

1 Einleitung

Der Rübenderbrüssler *Asproparthenis (Bothynoderes) punctiventris* Germar (Coleoptera: Curculionidae) ist die in Österreich wirtschaftlich wichtigste Rüsselkäferart in der Zuckerrübe. Seit dem Jahr 2017 kommt es jedes Jahr durch Massenaufreten dieses Schädlings in den ostösterreichischen Anbaugebieten zu enormen Schäden (Wechselberger 2020).

Periodisches Massenaufreten von *A. punctiventris* in europäischen Zuckerrübenanbaugebieten wurde bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts beschrieben. In Österreich kam es zuletzt in den Jahren 2002 bis 2005 zu einem starken Populationsanstieg des Schädlings (Haluschan und Bindreiter 2006).

Neben starken Ausgangspopulationen der Vorjahre sind vor allem höhere Luft- und Bodentemperaturen sowie geringe Niederschlagsmengen im Frühjahr förderlich für den Aufbau großer Populationen. Der aktuelle Trend zu mehrjährigen sehr trockenen Phasen und höheren Temperaturen (Eitzinger et al. 2009) macht häufigere Massenaufreten des Rübenderbrüsslers wahrscheinlicher.

Der Schaden in den Zuckerrübenfeldern entsteht während des Reifungsfraßes der Käfer und geht meist durch Zuwanderung aus vorjährigen Beständen vom Feldrand aus. Die Blätter der Jungpflanzen werden vom Rand her bogenförmig befressen, wobei es bei sehr frühem Befall durch die geringe Blattmasse der Pflanzen zu Kahlfraß kommen kann. Ein erwachsener Käfer kann bis 10 Jungpflanzen pro Tag fressen (Auersch 1961a). Dementsprechend niedrig ist die Schadschwelle mit 1 Käfer pro Quadratmeter (Bindreiter et al. 2005). Die Larven fressen an den Rübenkörpern, jedoch nur bei sehr starkem Befall kann es zu Welkeerscheinungen an den Rübenpflanzen kommen.

Bekämpfungsmaßnahmen unter Einsatz verfügbarer Saatgutbehandlungsmittel und Kontaktinsektizide erzielten keine befriedigenden Erfolge (Haluschan und Bindreiter 2006). Hatten die bislang in der Rübenpille formulierten Neonicotinoide zumindest in Jahren mit geringeren Populationsdichten eine begrenzte Wirkung gegen den Rübenderbrüssler versprochen, so ist ihr Einsatz seit Jahresbeginn 2019 verboten, bzw. nur im Zuge einer Notfallzulassung erlaubt. Die Anlage von Fanggräben soll das Einwandern des Schädlings in Jungpflanzenbestände verzögern und wird seit 2018 im Tullnerfeld in Niederösterreich erprobt, ihr Erhalt ist aber bei Trockenheit nur wenig beständig (Mayrhofer und Eigner 2020). Es existieren derzeit keine wirksamen biologischen Mittel und Methoden zur Bekämpfung von *A. punctiventris*. Maßnahmen wie die Verwendung von natürlichen Gegenspielern zur

biologischen Schädlingskontrolle wurden bislang wenig untersucht und stehen in der Praxis nicht zur Verfügung (Sursuluk 2008; Drmic et al. 2020).

Die Suche nach umweltfreundlichen, alternativen und wirksamen Bekämpfungsmöglichkeiten ist schwierig und warf eine Reihe von Forschungsfragen auf, die Laborversuche unter kontrollierten Bedingungen erfordern.

So sind Kulturrüben wie die Zuckerrübe (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*) die bevorzugten Wirtspflanzen von *A. punctiventris*. Die Fachliteratur nennt jedoch auch unterschiedlichste Beikräuter und Kulturpflanzen als Nahrungspflanzen (z.B., Müller 1957, Tieleke 1952, Auersch 1961a, Brendler et al. 2008) bzw. als (Neben-)Wirtspflanzen, an denen sich die Larven des Rübenderbrüsslers auch entwickeln können (Klapal et al. 2004, Bindreiter 2005). Ein systematischer Vergleich der Nahrungseignung von verschiedenen Wirtspflanzen des Käfers wurde jedoch noch nicht durchgeführt. Ebenso gibt es bislang keine Studien, die Fraßleistungen männlicher und weiblicher Käfer während des Reifungsfraßes – also in der Phase, in der die Käfer die jungen Zuckerrübenbestände am meisten schädigen –, vor und nach der Paarung vergleicht. Ebenso gilt es zu klären, ob es auch an (Neben-)Wirtspflanzen zur Entwicklung und somit zur Vermehrung des Schädlings kommen kann.

Bis jetzt ungeklärt ist auch die Frage, wie der Käfer seine Wirtspflanzen lokalisiert, ob er junge Rübenpflanzen „riechen“ kann: Der Duft anderer (Wirts-)Pflanzen könnte die Lockwirkung der Zuckerrübe übertreffen, und eine Analyse der Duftbouquets attraktiver Pflanzen könnte die Duftkomponenten identifizieren, die für diese Lockwirkung verantwortlich sind. Solche Duftkomponenten könnten die Wirkung des derzeit verwendeten Lockstoffes Grandlure III-IV übertreffen oder in Kombination verstärken.

Eine umweltfreundliche Möglichkeit der Bekämpfung des Rübenderbrüsslers ist die Applikation von deterrenten, i.e. fraßabschreckenden Naturstoffen wie Pflanzenextrakten oder Mineralstoffen auf junge Rübenpflanzen. Erste Versuche mit Schaffett wurden im Jahr 2018 durchgeführt, die Behandlung hatte jedoch – auch angesichts des massiven Käferbefalls – keine ausreichende Wirkung, um Schäden zu verhindern (Mayrhofer 2018). In der wissenschaftlichen Literatur ist die biologische Wirksamkeit von Pflanzenextrakten gegen eine Vielzahl von herbivoren Insekten beschrieben. Pflanzenextrakte aber auch mineralische Substanzen könnten nach Applikation auf junge Zuckerrübenpflanzen das Fressverhalten des Rübenderbrüsslers hemmen oder zumindest stören.

Die „Untersuchungen zur chemischen Ökologie und Wirtspflanzenselektion des Rübenderbrüsslers *Asproparthenis punctiventris*“ starteten mit dem Auftreten der ersten Käfer im April 2020.

2 Forschungsziele

Zielstellung des Projektes war es einerseits, die Rolle der Duftbouquets von Wirts- und Nahrungspflanzen im Wirtspflanzenselektionsprozess von *A. punctiventris* zu untersuchen und Duftkomponenten mit Lockwirkung zu identifizieren. Der Vergleich ihrer Nahrungseignung für Käfer und Larven sollte zeigen, welche Pflanzen die Vermehrung des Schädlings fördern. Andererseits sollten deterrent, i.e. fraßabweisende Pflanzenextrakte und mineralische Substanzen sowie Schaffett darauf getestet werden, ob sie nach Applikation auf die Zuckerrübe den Wirtspflanzenselektionsprozeß des Käfers stören oder hemmen können.

Arbeitsschwerpunkte:

1. Entwicklung und Durchführung von Biotests ohne Wahlmöglichkeit zur Prüfung der Eignung von verschiedenen Pflanzenarten als Nahrung für den Rübenderbrüssler sowie Testung von insgesamt 23 Pflanzenarten aus den Pflanzenfamilien der Amaranthaceae, Polygonaceae, Poaceae und Asteraceae mit weiblichen und männlichen Rübenderbrüsslern sowie Testung ausgewählter Pflanzenarten im Biotest mit Wahlmöglichkeit.
2. Vergleich der Fraßleistung von ungepaarten und gepaarten Käferweibchen mit ausgewählten Nahrungspflanzen.
3. Prüfung der fraßabweisenden Wirkung von Pflanzenextrakten, mineralischen Stoffen auf *A. punctiventris* in einem Biotest ohne Wahlmöglichkeit.
4. Entwicklung und Durchführung eines Biotests zur Prüfung der Eignung von Wirts- und Nahrungspflanzen für die Entwicklung von Rübenderbrüssler-Larven an deren Wurzeln.
5. Bau eines Stern-Olfaktometers (4-Wahlarenen-Olfaktometer), Vorversuche zur Etablierung einer Olfaktometer-Biotestprozedur sowie Versuche zur Prüfung olfaktorischer Reaktionen von *A. punctiventris* auf Blattduftbouquets von Nahrungspflanzen.
6. Analyse der Duftbouquets der Nahrungspflanzen und Auswahl und Prüfung von ausgewählten Bestandteilen dieser Bouquets in Form von Reinsubstanzen auf potentielle Lockwirkung auf den Rübenderbrüssler.

3 Material und Methoden

Zu Beginn des Projektes ÖKOBOTHY im März 2020 existierten neben den klassischen Feldversuchen so gut wie keine etablierten Methoden für aussagekräftige und effiziente Laborversuche zur Ökologie des Rübenderbrüsslers. Im ersten Versuchsjahr mussten daher zunächst Biotestverfahren entwickelt, etabliert und evaluiert werden, um die unterschiedlichen Fragestellungen zur Wirtspflanzenfindung und -eignung von *A. punctiventris* bearbeiten zu können.

3.1 Testinsekten

3.1.1 Sammlung der Käfer im Freiland

Im Zeitraum ab dem Erscheinen der Käfer Anfang April 2020, 2021 und 2022 wurden Käfer im Freiland mit Hilfe von mit Lockstoffen (Aggregationspheromon Grandlure III-IV) beköderten Barber-Fallen (Csalomon[®], Plant Protection Institute, Centre for Agricultural Research, HAS, Budapest, Ungarn) gesammelt. Das Projektteam wurde dabei tatkräftig von DI Martina Mayrhofer und Mitarbeitern des AGRANA Research & Innovation Centers (ARIC) Tulln unterstützt, indem sie zusätzlich eine große Zahl an Käfern aus Fallen an verschiedenen Standorten im Tullnerfeld gesammelt und dem Projekt zur Verfügung gestellt haben.

Im Frühherbst des Versuchsjahres 2020 konnten nicht wie geplant (Jung-)Käfer vor der Überwinterung mittels Grabungen aus Bodenproben abgesammelt werden, da der Besatz mit Larven im Sommer und mit Käfern im September auch in Proben von Standorten mit hohem Käferauftreten im Frühjahr 2020 sehr gering war (pers. Mitt. DI Martina Mayrhofer, ARIC Tulln, 11.9.2020). Die Projektleiterin beschloss daher, selbst keine aufwändigen Grabungen an verschiedenen Standorten im Tullnerfeld mit ihrem Projektteam durchzuführen.

3.1.2 Aufbewahrung der Käfer im Labor

Im Labor wurden die Käfer in eine verlängerte Winterruhe versetzt, indem sie im Kühlschrank bei $5\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ gelagert wurden. Auf diese Weise konnte gewährleistet werden, dass Versuchstiere bis spät in den Herbst für Versuche zur Verfügung standen.

3.1.3 Bestimmung des Geschlechts der Käfer

Zu Beginn des jeweiligen Laborversuches wurde das Geschlecht der Käfer bestimmt. Hierbei wurde ein von Drmić (2016) beschriebenes und auf einer Bestimmungsmethode von Čamprag (1984) basierendes Unterscheidungsmerkmal herangezogen wurde, welches am lebenden Tier festgestellt werden kann. Beim Männchen des Rübenderbrüsslers lässt sich unter dem Binokular erkennen, dass der dritte Tarsus des Vorderbeines deutlich größer und länger ist als der des Weibchens. Auf diese Art wurde jedes einzelne in den Versuchen oder für die Zucht und Haltung verwendete Tier auf das Geschlecht hin bestimmt.

3.1.4 Haltung ungepaarter Käfer

Im Labor wurden Weibchen und Männchen ungepaart und getrennt voneinander in Zuchtgefäßen mit Torfsubstrat oder Sand unter standardisierten Bedingungen in Klimaschränken bei 15 oder $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (je nach Biotest) und einer Photoperiode von $14:10 = \text{L:D}$ gehalten und nach Bedarf mit Zuckerrübenblättern gefüttert. Käfer, die in Olfaktometerversuchen (siehe Kapitel 3.7) oder in Biotests zur Prüfung der fraßabweisenden Wirkung von Hopfen- und Spinatextrakt (siehe Kapitel 3.5) getestet werden sollten, wurden 24 bis 72 Stunden vor den Versuchen aus dem Kühlschrank, i.e. Winterlager geholt und ohne Futter in Zuchtgefäßen gehalten („hungrige“ Käfer).

3.1.5 Haltung gepaarter Käfer

Zur Verpaarung und zur Eiablage wurde die gleiche Anzahl Männchen und Weibchen zusammen in Zuchtgefäßen mit Torfsubstrat unter standardisierten Bedingungen in Klimaschränken bei $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ und einer Photoperiode von $14:10 = \text{L:D}$ gehalten und nach Bedarf mit Zuckerrübenblättern gefüttert. Nach ca. zwei bis drei Wochen, die die Rübenderbrüssler für den Reifungsfraß und bis zum Erlangen der Geschlechtsreife bei dieser Temperatur benötigen (Steiner 1936), begannen sie sich zu paaren. Nach Beobachtung der ersten Paarungen wurde in der fünften Woche davon ausgegangen, dass sich alle in der Zuchteinheit befindlichen weiblichen Käfer mindestens einmal gepaart hatten.

3.1.6 Gewinnung von Larven

Etwa zwei Wochen nach der Beobachtung erster Kopulationen der Käfer in den Zuchten mit gepaarten männlichen und weiblichen Käfern (siehe Kapitel 3.1.5) konnten die ersten Eier, die ins Substrat abgelegt wurden, gefunden werden. Um die Eier- und Larvensuche im Substrat zu vereinfachen, wurden die gepaarten Käfer 1 - 2 x pro Woche in neue Zuchtgefäße mit frischem Torfsubstrat umgesetzt und das alte Substrat inklusive darin vorhandener abgelegter Eier und bereits geschlüpfter Larven (L1) auf Siebe transferiert. Da die Larven positiv geotaktisch sind

(Auersch 1961b), wanderten sie nach unten und konnten so nach dem Schlupf unter dem Sieb von einer Unterlage abgesammelt werden.

Die so gewonnenen Larven im ersten Larvenstadium (L1) wurden für Käfigversuche mit Einzelpflanzen zum Wirtspflanzenspektrum des Rübenderbrüsslers (siehe Kapitel 3.6) sowie in den verschiedenen Ansätzen zur Etablierung einer Laborzucht (siehe Kapitel 3.1.7) verwendet.

3.1.7 Ansätze zur Etablierung einer Laborzucht

Bislang ist keine effiziente Zuchtmethodik von *A. punctiventris* in der Literatur beschrieben. In den ersten beiden Projektjahren wurden verschiedene Ansätze verfolgt, um im Freiland gesammelte Käfer im Labor weiter zu züchten. Jedoch war es bis dato nicht möglich, eine Zuchtmethode zu entwickeln, mit der eine für große Versuchsreihen ausreichende Anzahl an normal entwickelten und aktiven Käfern gewonnen werden konnte.

Eine Zucht nach Auersch (1961b) mit Larven, die in kleinen Würfeln, die aus Zuckerrübenkörpern geschnitten werden, gehalten wurden, scheiterte daran, dass sich die Larven nicht weiterentwickelten. Mögliche Gründe dafür könnten die schlechte Eignung der Nahrungsquelle, die Störung der Lebensaktivität der Larven durch mehrmaliges Umsetzen auf frische Rübenwürfel oder durch Verpilzung der Zuckerrübe sein.

Auch eine Aufzucht der Larven angelehnt an Wyninger (1974), beschrieben für den Grünrüssler *Phyllobius* spp., in einem Zuchtgefäß mit Torfsubstrat und Zugabe frischer Zuckerrübenfeinwurzeln mehrmals pro Woche ergab keine Erfolge. Die jungen Larven überlebten in den Zuchtgefäßen nur kurze Zeit, bzw. entwickelten sich nicht über das 2. Larvenstadium hinaus.

Nur die Zucht an eingetopften, lebenden Zuckerrübenpflanzen ermöglichte den Larven die Entwicklung bis zum vierten (und somit letzten) Larvenstadium. Jedoch konnten die Larven in den Zuchtgefäßen keine Erdzellen - die sogenannten Puppenwiegen - formen, in denen die Metamorphose der Larven über ein Puppenstadium zum adulten Jungkäfer stattfindet (Auersch 1961b). Mehrere Ansätze unter Verwendung verschiedener Substrate (Torferde, sandiger Ackerboden, handelsübliche Gartenerde) brachten nur wenige lebensfähige Adulte hervor. Viele der geschlüpften Käfer hatten deformierte Flügel oder Extremitäten.

Eine kleine Anzahl von normal entwickelten und aktiven Käfern aus dieser Zucht wurde für Vorversuche mit dem Olfaktometer (siehe Kapitel 3.7) im Herbst / Winter 2020 verwendet.

3.2 Versuchspflanzen

Die erforderlichen Zuckerrübenpflanzen zur Verwendung in den Biotests sowie alle weiteren Versuchspflanzen wurden über den gesamten Zeitraum unter kontrollierten Bedingungen in einem Pflanzenwuchsraum laufend angebaut und betreut. Alle Pflanzen wurden in einem Einheitssubstratgemisch von 2:1:1 Torf : Sand : Blähton ausgesät und je nach Ansprüchen bei $15^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ oder $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ und einer Photoperiode von 14:10 = L:D kultiviert.

Da für die Haltung der Käfer eine größere Menge an Zuckerrübenblättern benötigt wurde als im Projektantrag geplant, musste ab Juli 2020 zusätzlich eine Glashauskabine im Forschungsglashaus der Universität für Bodenkultur angemietet und dort Zuckerrüben wöchentlich angebaut werden.

Die Tabellen 1 bis 3 geben einen Überblick über alle kultivierten und in den unterschiedlichen Biotests getesteten Pflanzenarten.

Tabelle 1 Pflanzenarten aus der Familie der Amaranthaceae, die auf ihre Nahrungseignung für den Rübenderbrüssler getestet wurden.

Amaranthaceae (dt.)	Amaranthaceae (lat.)	Sorte / Herkunft
Zuckerrübe	<i>Beta vulgaris</i> L. subsp. <i>vulgaris</i> Altissima Gruppe	Blandina KWS öko / KWS SAAT SE & Co., KGaA, Einbeck, Deutschland
Rote Rübe	<i>Beta vulgaris</i> L. subsp. <i>vulgaris</i> Conditiva Gruppe	Rote Kugel 2 / Austro Saat, Österreichische Samenzucht- u. Handels-Aktiengesellschaft, Österreich
Mangold	<i>Beta vulgaris</i> L. subsp. <i>vulgaris</i> Cicla Gruppe	Lucullus / Floraself, Hornbach Baumarkt AG, Deutschland
Wilde Rübe	<i>Beta vulgaris</i> L. subsp. <i>maritima</i>	- / Magic Garden Seeds GmbH, Deutschland
Gartenmelde	<i>Atriplex hortensis</i> L.	- / Magic Garden Seeds GmbH, Deutschland
Spreizende Melde	<i>Atriplex patula</i> L.	- / Feldsammlung (Essling), Institut f. Pflanzenschutz, BOKU, Österreich
Körneramarant	<i>Amaranthus hypochondriacus</i> L.	Neuer Typ / Zeno Projekte - Dr. Georg Dobos, Wien, Österreich
Rauhaariger Amarant	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	- / Staphyt Austria GmbH, Österreich
Weißer Gänsefuß	<i>Chenopodium album</i> L.	- / Staphyt Austria GmbH, Österreich
Guter Heinrich	<i>Chenopodium bonus-henricus</i> L.	- / Magic Garden Seeds GmbH, Deutschland

Tabelle 2 Pflanzenarten aus der Familie der Polygonaceae, die auf ihre Nahrungseignung für den Rübenderbrüssler getestet wurden.

Polygonaceae (dt.)	Polygonaceae (lat.)	Herkunft
Buchweizen	<i>Fagopyrum esculentum</i> M.	Reinsaat KG, Österreich
Ampfer-Knöterich	<i>Persicaria lapathifolia</i> L.	Arbiotech, Frankreich
Vogel-Knöterich	<i>Polygonum aviculare</i> L.	Arbiotech, Frankreich
Winden-Knöterich	<i>Fallopia convolvulus</i> L.	Arbiotech, Frankreich
Floh-Knöterich	<i>Persicaria maculosa</i> L.	Appels wilde Samen GmbH, Deutschland
Stumpfbältriger Ampfer	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	Feldsammlung (Irdning), Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Österreich

Tabelle 3 (Kultur-) Pflanzenarten aus verschiedenen Pflanzenfamilien, die auf ihren Nahrungseignung für den Rübenderbrüssler getestet wurden.

Pflanzenfamilie	Pflanzenart	Sorte / Herkunft
Süßgräser (Poaceae)	Mais (<i>Zea mays</i> L.)	Single Cross Z021 / Corteva Agriscience Germany GmbH, Deutschland
Korbblütler (Asteraceae)	Sonnenblume (<i>Helianthus annuus</i> L.)	Einfache / Austroaat, Österreichische Samenzucht- u. Handels-Aktiengesellschaft, Österreich
Korbblütler (Asteraceae)	Kopfsalat (<i>Lactuca sativa</i> L.)	Dynamite (Profi-Line) bzw. Admiral / Austroaat, Österreichische Samenzucht- u. Handels-Aktiengesellschaft, Österreich

3.3 Biotest zur Prüfung der Nahrungseignung verschiedener Pflanzen für den Rübenderbrüssler

Um die Nahrungseignung von verschiedenen Pflanzenarten (siehe Kapitel 3.2) für den Rübenderbrüssler systematisch prüfen und vergleichen zu können, wurden verschiedene Ansätze für die Entwicklung eines geeigneten Biotests verfolgt.

In Vorversuchen wurden einzelne Käfer in Biotestgefäßen mit Blättern der Testpflanzen gehalten und nach 24 Stunden die von den Käfern gefressene Blattfläche ermittelt. Dazu

wurden die Blätter vor und nach dem Test mittels Flachbettscanner eingescannt und die Differenz der Blattflächen berechnet. Dieser Ansatz wurde jedoch wieder verworfen, da Unterschiede in der Blattstruktur der einzelnen Blätter - und zwar selbst von der gleichen Pflanzenart - im zweidimensionalen Scan nicht erfasst werden konnten und daher die Berechnung der Blattflächendifferenz sehr ungenau wurde.

In einem weiteren Versuchsansatz wurde daher in Anlehnung an Nagasawa und Matsuda (2005) die über einen Zeitraum von 24 Stunden von den Käfern aufgenommene Blattmenge ermittelt.

In diesen Biotests wurden einzelne Laubblätter des ersten und zweiten Laubblattpaares von Zuckerrübenpflanzen (BBCH-Stadien 12 und 14) verwendet. Sie wurden als Referenz herangezogen und mit der Fraßleistung der Käfer an ähnlich großen und schweren Blättern der weiteren Testpflanzen (siehe Kapitel 3.2) verglichen.

Einzelne Blätter der Testpflanzen wurden mit einer Feinwaage abgewogen und auf feuchtes Filterpapier in eine Petrischale gelegt. Danach wurde ein Käfer dazugesetzt, das Blatt nach 24 Stunden bei 20 ± 1 °C wieder abgewogen und die Differenz der Blattmasse als Verlustgewicht in Gramm bzw. Prozent Verlustgewicht erfasst. Die Berechnung der Fraßleistung der einzelnen Käfer erfolgte auf Basis der Formel:

$$E = \frac{T - T'}{C - C'}$$

E= Fraßleistung, T= Blattgewicht zu Beginn, T'= Blattgewicht nach 24 Stunden, C= Durchschnittliches Blattgewicht der Kontrolle zu Beginn, C'= Durchschnittliches Blattgewicht der Kontrolle nach 24 Stunden.

Jede Pflanzenart wurde in folgenden Versuchsreihen, jeweils in 3 - 5 Serien getestet (n = 31 - 55):

- Kontrolle: Blatt ohne Käfer
- Blatt mit ungepaartem Weibchen
- Blatt mit ungepaartem Männchen

Nach Abschluss und Auswertung der Versuche mit ungepaarten Weibchen und Männchen (siehe Kapitel 3.1.4) wurden Versuchsreihen mit ausgewählten Testpflanzen auch mit gepaarten Weibchen (siehe Kapitel 3.1.5; n = 33 – 50) durchgeführt.

3.4 Biotest zur Prüfung der Nahrungspräferenz des Rübenderbrüsslers

In Biotests ohne Wahlmöglichkeit gewonnene Erkenntnisse zum Verhalten eines Insekts können sich durchaus von jenen unterscheiden, die sich in Versuchsanordnungen mit Wahlmöglichkeit ergeben. Ein Biotest mit einer Wahlmöglichkeit stellt für ein oligophages Insekt eine natürliche(re) Situation dar. Ergebnisse aus Versuchen ohne Wahlmöglichkeit (siehe Kapitel 3.3) wurden daher in Präferenztests ergänzt und abgesichert.

Jene Pflanzenarten, die in den in Kapitel 3.3 beschriebenen Versuchen ohne Wahlmöglichkeit von den Rübenderbrüsslern als Nahrung angenommen wurden, wurden in Präferenztests in einer ähnlichen Versuchsanordnung geprüft. Dazu wurden jeweils ein Zuckerrübenblatt und ein Blatt der zu testenden Nahrungspflanze abgewogen und nebeneinander in eine Petrischale auf feuchtes Filterpapier gelegt. Danach wurde ein Käfer dazugesetzt, beide Blätter getrennt nach 24 Stunden bei $20 \text{ °} \pm 1 \text{ °C}$ wieder abgewogen und so die Differenzen der Blattmassen (Gramm bzw. Prozent Verlustgewicht) erfasst. Die Berechnung der Fraßleistung erfolgte wiederum mittels der in Kapitel 3.3 verwendeten Formel.

Jede Pflanzenart wurde in Versuchsreihen, jeweils in 3 - 5 Serien und separat mit ungepaarten Weibchen und Männchen getestet ($n = 33 - 35$).

3.5 Biotest zur Prüfung der Wirkung von potentiell fraßabweisenden Substanzen

Die deterrente, d.h. fraßabweisende Wirkung von Pflanzenextrakten, Mineralstoffen und Substanzen organischen Ursprungs auf den Rübenderbrüssler wurde in Petrischalenversuchen wie sie in Kapitel 3.3 beschrieben sind untersucht.

3.5.1 Testsubstanzen

Die zu testenden Handelsprodukte, Pflanzenextrakte und Mineralstoffe wurden zugekauft bzw. Pflanzenextrakte mit der entsprechenden Extraktionsmethode aus Pflanzenmaterial hergestellt. Die Auswahl der Testsubstanzen erfolgte nach Angaben aus der Literatur und wird in der nachfolgenden Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 4 Auf ihr Potential als Deterrents gegen den Rübenderbrüssler getestete Handelsprodukte, Pflanzenextrakte, Mineralstoffe und Substanzen organischen Ursprungs

Testsubstanz	Handelsprodukt	Verwendete (Wirkstoff-) Menge	Hersteller/Herkunft
Spinat (<i>S. oleracea</i> , methanolischer Extrakt)	-	1 ml/5 ml dest. H ₂ O + 0,05% Triton X-100	Eigene Herstellung
Hopfen (<i>Humulus lupulus</i> , CO ₂ -Extrakt)	-	0,5 ml/5ml dest. H ₂ O + 0,05% Triton X-100	HVG Hopfenverwertungsgenossenschaft e.G., Deutschland
Spinat (<i>S. oleracea</i> , Heißwasserauszug, Tee)	-	0,5g/100 ml und	
Wermut (<i>Artemisia absinthium</i> L., Heißwasserauszug, Tee)	-	0,5g/100 ml H ₂ O	F. Schacht GmbH & Co. KG, Deutschland
Rainfarn (<i>Tanacetum vulgare</i> L., Heißwasserauszug, Tee)	-	0,5g/100 ml H ₂ O + 0,05% Triton X-100	F. Schacht GmbH & Co. KG, Deutschland
Azadirachtin	Naturen Bio Schädlingfrei Neem	0,0053g/100 ml, 0,0075g/100 ml und 0,0106g/100 ml H ₂ O	Trifolio-M GmbH., Deutschland
Quassin	Quassia Extrakt MD	0,0024 g/100 ml H ₂ O	Biohelp GmbH, Österreich
Schaffett	Trico®	0,485g/100 ml H ₂ O	Kwizda Agro GmbH, Österreich
Kaolin	Bolus	6g/100 ml H ₂ O	Carl Roth GmbH & Co. KG, Deutschland

Da im Zuge des Biotests mit dem sekundären Pflanzenstoff Capsaicin (Pelargonsäure-vanillylamid) starke Verbrennungen auf den Blattoberflächen nach 24 Stunden beobachtet wurden, wurden danach alle Testsubstanzen vor Versuchsbeginn auf Phytotoxizität getestet. Es wurden Spuren von leichten Verbrennungen von deutlichen Verbrennungen mit einhergehendem Gewichtsverlust der Blätter unterschieden und einzelne ursprünglich geplante Testsubstanzen aufgrund der Vorversuchsergebnisse gänzlich von den Biotests ausgeschlossen. Zu diesen Testsubstanzen zählten – neben Capsaicin – Carvacrol, Salicylsäuremethylester und das ätherische Öl von Oregano (*Origanum vulgare* L.).

Einige der Testsubstanzen mussten vor der Verwendung aufgrund deren Zusammensetzung entsprechend aufbereitet werden. Der CO₂-Hopfenextrakt zum Beispiel besaß eine hohe Viskosität, wodurch ein Eintauchen der Zuckerrübenblätter zur Behandlung (siehe Kapitel 3.5.2) nicht möglich gewesen wäre. Deshalb und um die zu testende Konzentration zu

erlangen, wurde dieser CO₂-Extrakt zuerst mit Aceton gelöst (Kaiser 2022). Somit wurde eine 5%ige Stammlösung gewonnen, die in einem weiteren Schritt mit destilliertem Wasser und 0,05% Triton X-100 (Sigma-Aldrich Handels GmbH, Österreich) als Netzmittel verdünnt wurde.

Die Herstellung des Spinatextraktes erfolgte aus 56g Spinatpulver (eigene Herstellung aus 900g Jungspinat aus dem Einzelhandel) mittels methanolischer Extraktion (Kaiser 2022). Dazu wurde das Spinatpulver mit Methanol im Mischungsverhältnis 1:10 gemischt und für 30 min. in ein Ultraschall-Bad mit Kühlung (Bandelin, Deutschland) gestellt. Dem Extraktionsprozess folgte anschließend eine Filtration der extrahierten Flüssigkeit vom übrigen Pflanzenmaterial durch einen Faltenfilter in Rundkolben. Die extrahierte Flüssigkeit beinhaltete die gelösten sekundären Inhaltsstoffe des Spinates, die in einem nächsten Schritt vom überschüssigen Methanol getrennt wurden. Dies erfolgte mithilfe eines Rotavapors (Büchi, Schweiz) bei einer Wassertemperatur von 40°C und einer durchschnittlichen Rotation von 46°. Der dadurch gewonnene trockene Rückstand mit den gelösten Spinatinhaltsstoffen wurde in einem letzten Schritt mit Aceton im Mischungsverhältnis 1:2 aus den Rundkolben gelöst. Somit konnten aus 56g Spinatpulver knapp 49 ml 5%iger Spinatextrakt gewonnen werden. Dieser wurde für die Biotests ebenso wie der Hopfenextrakt mit destilliertem Wasser und 0,05% Triton X-100 verdünnt, um die zu testende Konzentration zu erlangen.

Die Heißwasserauszüge bzw. Tees aus Spinat, Wermut und Rainfarn wurden durch Mischung von vermahlenden Pflanzenteilen mit 100°C heißem Wasser hergestellt. Das Pflanzenpulver wurde dazu im Wasser köcheln gelassen und anschließend von der Flüssigkeit getrennt. Die Tees wurden mit Wasser verdünnt.

Die verwendeten Mengen der Handelsprodukte Naturen Bio Schädlingsfrei Neem, Quassia Extrakt MD, Trico und der mineralischen Substanz Kaolin wurden an Aufwandmengen, die in der Praxis in verschiedenen Kulturen genutzt werden, angelehnt.

Testsubstanzen, die Potential auf fraßabweisende Wirkung gegen den Rübenderbrüssler in den Biotests zeigten, wurden auch in Kombination (1:1-Mischungen) mit Kaolin getestet. Somit sollte eruiert werden, ob eine Beimengung der mineralischen Substanz das deterrente Potential dieser Testsubstanzen verstärken kann.

3.5.2 Biotestprozedur

Einzelne Zuckerrübenblätter wurden in die zu testende Substanz (siehe Tabelle 4) getaucht, abtrocknen gelassen, mit einer Feinwaage abgewogen und auf feuchtes Filterpapier in eine Petrischale gelegt. Danach wurde ein Käfer dazugesetzt, das Blatt nach 24 Stunden bei 20° ± 1°C wieder abgewogen und die Differenz der Blattmasse als Verlustgewicht in Gramm bzw.

Prozent Verlustgewicht erfasst. Der weitere Versuchsablauf ist in Kapitel 3.3 beschrieben. Getestet wurden ungepaarte Männchen und Weibchen. Als Kontrolle dienten wiederum Zuckerrübenblätter ohne Käfer.

Jede Substanz wurde in folgenden Versuchsreihen, jeweils in 3 - 5 Serien getestet (n = 35):

- Kontrolle: Blatt ohne Käfer
- Blatt mit ungepaartem Weibchen
- Blatt mit ungepaartem Männchen

Alle Testsubstanzen wurden mit ungepaarten Käfern geprüft, die 24 – 72 Stunden vor Versuchsbeginn mit unbehandelten Zuckerrübenblättern gefüttert worden waren und somit zum Start des Biotests nicht hungrig waren. Ausgewählte Testsubstanzen wurden zusätzlich mit ungefütterten, hungrigen Käfern (siehe Kapitel 3.1.4) getestet. Je nach Aufbereitung der Testsubstanzen bzw. bei Zusatz eines Netzmittels wurde eine entsprechende Lösungsmittelkontrolle (LM-Kontrolle) oder eine Kontrolle mit Wasser und Netzmittel mitgeführt.

3.6 Versuche zur Entwicklung von Larven des Rübenderbrüsslers an Kultur- und Beikrautpflanzen

Ergänzend zu den Laborversuchen zur Nahrungseignung verschiedener Pflanzen für adulte Käfer war geplant, in Käfigversuchen zu erheben, ob Rübenderbrüssler-Weibchen an (Neben-)Wirtspflanzen Eier ablegen und in der Folge Larven an den Wurzeln zu finden sind.

In Vorversuchen zur Etablierung der Methodik wurden einzelne (potentielle) Wirtspflanzen in Töpfen kultiviert. Durch Aufsatz eines Kunststoffzylinders mit einem feinen Netz an der Oberseite wurden die Töpfe zu Käfigen gestaltet und in jeden so entstandenen Einzelpflanzenkäfig ein gepaartes Rübenderbrüssler-Weibchen eingesetzt. Da in diesem Versuchsansatz nicht sichergestellt werden konnte, ob die Käfer Eier abgelegt hatten, bzw. wie viele Eier abgelegt wurden, wurde ein modifizierter Ansatz gewählt.

Für den Biotest zur Entwicklung von Larven an den Wurzeln potentieller Wirtspflanzen, i.e. Nahrungspflanzen für Rübenderbrüssler-Larven wurden Einzelpflanzen in Töpfen kultiviert. Nach Erreichen einer ausreichend großen Blatt- und Wurzelmasse – je nach Pflanzenart / individueller Entwicklung der Pflanzen nach 60-120 Tagen – wurden die Pflanzen mit 2 bis 3 Larven im ersten Larvenstadium (L1) (siehe Kapitel 3.1.6) belegt. Die Pflanzen wurden in einen

Pflanzenwuchsraum bei 21 ± 2 °C, einer rel. Luftfeuchte von 46 ± 5 % und einer Photoperiode von 14:10 Stunden L:D gestellt und regelmäßig gegossen. Nach 42 Tagen wurden die Wurzeln nach Larven abgesucht, und alle lebend gefundenen Larven wurden mit einer Feinwaage gewogen. Nach Tielecke (1952) und eigenen Vorversuchen befinden sich die Larven auf Wurzeln von Zuckerrübenpflanzen nach 42 Tagen im vierten Larvenstadium, haben sich aber noch nicht verpuppt, was einen Vergleich mit der Entwicklung der Larven auf anderen Pflanzen ermöglicht. Der Biotest wurde mit 24 bis 36 Pflanzen pro Art wiederholt. Pflanzen, die vor Ablauf der 42-Tage-Frist abgestorben waren, und alle im Boden dieser Pflanzen gefundenen Larven wurden aus der statistischen Versuchsauswertung ausgeschlossen.

Nach Etablierung der Methodik wurde die Entwicklung von *A. punctiventris* an den Wurzeln folgender Pflanzen getestet: Zuckerrübe, Rote Rübe, Mangold, Wilde Rübe, Gartenmelde, Weißer Gänsefuß, Erdbeerspinat, Reismelde (Quinoa), Rauhaariger Amarant, Körneramarant, Spinat und Ampfer-Knöterich.

3.7 Olfaktometer-Testverfahren für *A. punctiventris*

Um olfaktorische Reaktionen von *A. punctiventris* auf volatile (Pflanzen-)Duftstoffe und andere geruchliche Lockstoffe prüfen zu können, ist ein Olfaktometer-Testverfahren notwendig, bei dem die Käfer die Wahl zwischen mehreren Geruchsquellen haben.

Dazu sollte ein Olfaktometer-Komplettsystem der Fa. Sigma Scientific LL, Micanopy USA angekauft werden. Angesichts der unsicheren Pandemie-Situation des Jahres 2020 und aus damit verbundener Sorge über die Verlässlichkeit von Lieferungen aus den USA entschied die Projektleiterin, wesentliche Bauteile eines Olfaktometers von einer Wiener Firma zuschneiden zu lassen und weitere Bauteile / Komponenten im europäischen Laborhandel bzw. im Einzelhandel zuzukaufen.

In Anlehnung an die Beschreibungen der Stern-Olfaktometer (4-Wahlarenen-Olfaktometer) von Petterson (1970) und Vet et al. (1983) konnte so bereits im Herbst 2020 ein Olfaktometer in Form einer sternförmigen Arena aus Kunststoff mit vier externen Kammern (Glasgefäßen) für Geruchsquellen zusammengebaut werden.

Nach umfangreichen Vorversuchen zur Etablierung der Methode, in denen verschiedene Varianten zum Aufbau und der Ausrichtung des Olfaktometers, zu den Lichtverhältnissen, zur Stärke des Luftstromes und zur Vorbereitung der Käfer auf die Verhaltensbeobachtung durchgetestet wurden, wurde eine Biotestprozedur entwickelt, die in verschiedenen Testdurchläufen im Herbst 2020 und im Frühjahr 2021 bezüglich unterschiedlicher

Beobachtungsmethoden, Methoden der Datenerfassung und Beobachtungszeiträume optimiert wurde. In den Vorversuchen zeigte sich auch, dass die Testung der Reaktionen der Käfer auf die Duftbouquets eingetopfter ganzer Pflanzen in großen 9,5 l Glasvasen die gleichen Ergebnisse wie die Testung von mehreren Blättern dieser Pflanzen („Sträußchen“ in mit Wasser gefüllten Bechergläsern zur Wasserversorgung) in kleinen Glasgefäßen (750ml) erbrachte. Wegen der leichteren Handhabung und der besseren Vergleichbarkeit wurden die Versuche in der Folge nur mit Blättern aller Testpflanzen als Duftquelle durchgeführt.

Der Sternolfaktometer mit den Maßen 30 x 30 x 3,2 cm besteht aus einer Bodenplatte, sowie einem Mittelbau aus weißem Polyethylen und einer transparenten Deckplatte aus Acrylglas, die die Beobachtung der Käfer während des Versuches erlaubt. Auf dem Boden der sternförmigen Arena wird weißes Filterpapier eingespannt, auf dem unterschiedliche Zonen eingezeichnet sind. In die Deckplatte ist mittig ein Loch (Durchmesser 1,8 cm) gefräst, das den Einsatz der Käfer mittels Federpinzette erlaubt, sowie den Verschluss mittels Silikonpfropfen mit angeschlossenem Silikonschlauch. Im Zentrum der Deckplatte wird die Luft mit einer Membranpumpe abgesaugt und mit einem Durchflussmesser reguliert, wodurch ein Luftstrom von 250 ml/min an jedem der 4 Eckpunkte, i.e. Einlasspunkte in die Arme der sternförmigen Arena, erzeugt wird. Der Luftstrom wird vor Eintritt in die Wahlarena durch eine mit Aktivkohle gefüllte Gaswaschflasche gereinigt und dann in Glasgefäße mit den zu testenden Pflanzen bzw. deren Blättern, Substanzen auf Filterpapier oder in Glasgefäße ohne Duft, die als Kontrollen dienen, geleitet. Der Luftstrom wurde im Rahmen der Vorversuche mittels einer Nebelpistole der Firma Wöhler (Smokepoint® Air flow Indicator) visualisiert und geprüft. Alle Verbindungen zwischen den verschiedenen Teilen des Aufbaus bestehen aus Silikonschläuchen.

Die Arena des Olfaktometers wurde in Anlehnung an Vet et al. (1983) und Said et al. (2006) in fünf Beobachtungszonen eingeteilt: eine zentrale Startzone, begrenzt von einer Linie, die jeden der vier Quadranten markiert, und den einzelnen Armen des sternförmigen Olfaktometers und somit einer Duftquelle oder einem der 3 Luftströme ohne Duft („Kontrollen“) zugeordnet sind. In allen Versuchen wurde dem Quadranten 1 die jeweilige Duftquelle zugeordnet, die Quadranten 2 bis 4 den Glasgefäßen mit den entsprechenden Kontrollen (Bechergläser mit Wasser oder Filterpapier).

Zu Beginn einer Beobachtung, i.e. der Reaktionen eines einzelnen Männchens oder Weibchens über einen Zeitraum von 6 Minuten, wird der Käfer über das zentrale Loch in der Deckplatte in die Mitte der Arena gesetzt. Erfasst wird das erstmalige Überschreiten der „First Choice“-Linie, die Aufenthaltsdauer in den verschiedenen Quadranten, sowie eine finale Entscheidung (Hineinkriechen des Käfers in einen der vier Schläuche Richtung Luftstrom mit oder ohne Duftquelle). Die Daten der Beobachtungen werden mit Hilfe des Programmes The

Observer Video-Pro 5.0 (Noldus Information Technologies bv, Wageningen, Niederlande) akquiriert.

Es wurde jeweils eine Pflanzenart bzw. Reinsubstanz („Probe“) gegen drei Luftströme ohne Duftstoff („Kontrollen“) getestet. Die Reinsubstanzen (siehe Kapitel 3.9) bzw. der Lockstoff Grandlure III-IV (siehe Kapitel 3.10) wurden mit Paraffinöl (Uvasol, Merck KG, Deutschland) oder Hexan zu Konzentrationen von 0,01 % bis 1 % verdünnt und in der Menge von 1 µl pro Substanz und Konzentration auf ein Stückchen Filterpapier pipettiert. In Versuchen mit dem Lockstoff Grandlure III-IV wurden auch Dispenser, auf die Grandlure in Hexan pipettiert worden waren (siehe Kapitel 3.10) als Duftquelle („Probe“) verwendet.

Jede Pflanzenart bzw. Reinsubstanz wurde in jeweils in 3 - 4 Serien mit 12 Individuen per Serie (n = 36 - 48) separat mit ungepaarten Weibchen und Männchen sowie mit gepaarten Weibchen getestet.

3.8 Analyse der Duftbouquets olfaktorisch attraktiver Testpflanzen

Basierend auf den Ergebnissen der Olfaktometerversuche (siehe Kapitel 3.8 und 4.6) wurden Pflanzen ausgewählt, auf die *A. punctiventris* signifikante Reaktionen gezeigt hatte, d.h. solche, deren Blattduftstoffe eine anlockende Wirkung hatten. In einem externen Labor (Institut für Tierernährung und funktionelle Pflanzenstoffe, Veterinärmedizinische Universität Wien) wurden die volatilen Duftstoffe, die von diesen Pflanzen emittiert wurden, mittels Headspace-Technik gesammelt, anschließend mit einem Gaschromatographen aufgetrennt und die Komponenten nachfolgend mittels Massenspektrometrie identifiziert und quantifiziert. Tabelle 5 zeigt die Zusammensetzung der Duftbouquets von Zuckerrübe, Mangold, Rauhaarigem Amarant, Körneramarant, Gartenmelde, Spreizmelde, Weißem Gänsefuß und Spinat. Das Duftbouquet jeder Pflanzenart wurde in vierfacher Wiederholung analysiert.

Tabelle 5 Prozentueller Anteil der einzelnen Duftstoffe in den Duftbouquets von Zuckerrübe, Mangold, Rauhaariger Amarant, Körneramarant, Gartenmelde, Spreizmelde, Weißer Gänsefuß und Spinat; n = 4.

Duftstoffe / Komponenten	Zucker- rübe	Mangold	Rauhaar. Amarant	Körner- Amarant	Garten- melde	Spreiz- melde	Weißer Gänsefuß	Spinat
Aceton	0,8%	0,2%	0,8%	0,0%	10,0%	11,1%	2,8%	0,0%

Duftstoffe / Komponenten	Zucker- rübe	Mangold	Rauhaar. Amarant	Körner- Amarant	Garten- melde	Spreiz- melde	Weißer Gänsefuß	Spinat
1-Penten-3-ol	1,2%	3,0%	0,3%	4,0%	0,2%	0,0%	1,2%	0,0%
1-Penten-3-on	0,8%	0,5%	2,3%	1,2%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%
2-Ethylfuran	1,4%	2,3%	0,0%	1,8%	0,6%	0,4%	1,0%	0,0%
Ameisensäure- butylester	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,4%
Ethylpropanoat	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%
<i>trans</i> -2-Pentenal	0,0%	0,1%	1,1%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%
3-Methyl-1- butanol	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,9%
<i>Cis</i> -2-Penten-1-ol	1,2%	2,7%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%
Hexanal	3,6%	3,2%	3,3%	7,3%	6,0%	1,5%	6,4%	3,0%
<i>trans</i> -2-Hexenal	33,5%	26,7%	79,3%	36,6%	45,9%	34,0%	45,4%	2,2%
<i>cis</i> -3-Hexen-1-ol	36,8%	37,8%	4,7%	21,0%	9,0%	37,6%	25,5%	0,0%
<i>trans</i> -2-Hexen-1-ol	1,3%	1,1%	0,2%	0,0%	0,7%	1,6%	2,3%	2,0%
3-Methyl-1- pentanol	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,0%
1-Hexanol	2,8%	1,4%	0,0%	0,5%	4,8%	3,8%	3,0%	0,0%
<i>cis</i> -4-Heptenal	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%
2,6-Dimethyl-4- heptanol	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%
n-Heptanal	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,8%	0,0%	0,0%	0,0%
Benzaldehyde	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	2,8%
<i>cis</i> -1,5-Octadien-3- ol	1,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
1-Octen-3-ol	0,9%	0,7%	0,0%	0,0%	0,2%	0,3%	0,1%	2,1%
6-Methyl-5- hepten-2-on	0,0%	0,3%	0,0%	0,0%	0,8%	0,7%	0,2%	0,0%
2-Pentylfuran	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%
2,4-Heptadienal	0,8%	0,1%	0,9%	0,0%	0,6%	0,2%	0,2%	0,0%
5-Methyl-3- heptanon	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%
Essigsäurehex-3- enylester	5,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%

Duftstoffe / Komponenten	Zucker- rübe	Mangold	Rauhaar. Amarant	Körner- Amarant	Garten- melde	Spreiz- melde	Weißer Gänsefuß	Spinat
trans-, trans--2,4- Heptadienal	0,0%	3,6%	1,2%	1,0%	0,6%	0,0%	1,1%	0,0%
1,8-Cineol	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,3%	0,9%	0,0%	1,3%
2-Ethylhexanol	0,0%	0,0%	0,0%	1,5%	0,5%	0,5%	0,0%	0,0%
trans-β-Ocimen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	2,1%
2-Octenal	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%
3,5-Octadien-2-on	0,0%	0,2%	0,0%	1,1%	0,7%	0,0%	0,0%	2,6%
unknown	0,1%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%	1,3%	0,0%
Linalool	0,0%	0,0%	0,8%	2,7%	0,0%	0,0%	0,0%	1,9%
Nonanal	1,6%	2,2%	0,0%	1,0%	0,8%	0,8%	1,2%	2,6%
para-Menth-2-en- 1-ol	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Phenylethylalkohol	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,5%
Menthol	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%
Terpinen-4-ol	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%
Estragol	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,0%
4- Ethylbenzaldehyde	0,0%	0,0%	0,0%	2,5%	0,2%	0,2%	0,3%	6,6%
β-Cyclocitral	0,7%	1,8%	0,0%	1,7%	2,3%	0,8%	0,6%	0,0%
6-Tridecen-4-yn	0,8%	1,1%	0,7%	3,8%	0,0%	0,7%	1,4%	0,0%
Anethol	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,1%
Eugenol	0,0%	0,0%	1,9%	5,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Biphenyl	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%
Cis-β-Farnesen	0,0%	0,05%	0,0%	3,9%	0,0%	0,5%	0,2%	0,0%
β-Ionone	2,3%	5,7%	1,8%	0,0%	6,1%	2,0%	1,6%	22,2%
12-Methyl-oxa- cyclododec-6-en-2- on	0,4%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
5,6,7,7a- Tetrahydro-4,4,7a- trimethyl-, (R)- 2(4H)- benzofuranon	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,2%

Duftstoffe / Komponenten	Zucker- rübe	Mangold	Rauhaar. Amarant	Körner- Amarant	Garten- melde	Spreiz- melde	Weißer Gänsefuß	Spinat
unknown	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,6%

3.9 Reinsubstanzen

Basierend auf den Analysen der Duftbouquets olfaktorisch attraktiver Testpflanzen für den Rübenderbrüssler (siehe Kapitel 3.8, Tabelle 5) wurde aus der Schnittmenge aller Substanzen 5 Kandidaten ausgewählt. Die Reinsubstanzen 1-Penten-3-ol, 2-Ethylfuran und *cis*-3-Hexen-1-ol wurden von Sigma-Aldrich Handels GmbH (Wien, Österreich), *trans*-2-Hexenal von Thermo Fisher Scientific Inc. (Waltham, USA) und β -Ionon von Carl Roth (Wien, Österreich) angekauft.

3.10 Grandlure III-IV

Der Lockstoff Grandlure III-IV ((E) und (Z)-(3,3-Dimethylcyclohexylidene)acetaldehyde) wurde von Bedoukian Inc., Danbury, USA angekauft. Lockstoff-Dispenser („Dispenser ARIC“) wurden vom Agrana Research and Innovation Center, Tulln, Österreich (ARIC) zur Verfügung gestellt. Als Dispenser dienten etwa ein Zentimeter lange Naturkautschukstücke (Durchmesser 1 cm), die mit 5 μ l einer 10%igen Konzentration von Grandlure gelöst in Hexan (= 0,5 μ l Grandlure pro Dispenser) behandelt worden waren.

3.11 Statistische Analysen

Die Daten der Versuche zur Nahrungseignung von verschiedenen Pflanzen für den Rübenderbrüssler wurden mit der Statistiksoftware R (R Development Core Team, 2021) analysiert. Lineare Modelle mit Haupteffekten und Wechselwirkungen wurden aufgrund nicht normaler Fehlerterme und/oder heteroskedastischer Varianzen mit dem Paket für allgemeine faktorielle Designs (GFD) (Friedrich et al. 2017) analysiert, und die aus der permutierten Version der Wald-Statistik (WTPS) generierten P-Werte wurden verwendet. Um die Auswirkungen der Pflanzenarten im Detail zu untersuchen, wurden die Daten bei Bedarf mit Tukey-Kontrasttests paarweise verglichen. Diese Tests wurden mit dem nparcomp-Paket (Konietschke et al. 2015) durchgeführt. Die Abbildungen wurden entweder mit SigmaPlot 14.0 (Systat Software GmbH, Palo Alto, Kalifornien) oder dem R-Paket lattice (Sarkar 2008) erstellt.

Die Daten aller weiteren Versuche wurden mit der Statistiksoftware IBM SPSS Statistics Version 26 (IBM Corporation, Ausgabe 2019) analysiert. Zunächst wurden die Daten mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung geprüft. Die Nahrungspräferenz von weiblichen oder männlichen Käfern für Zuckerrübe oder eine (Neben-)Wirtspflanze im Wahlversuch wurde mittels gepaartem t-Test (normalverteilte Daten) bzw. einem Wilcoxon Signed Rank Test (nicht normalverteilte Daten) verglichen. Die fraßabweisende Wirkung von Pflanzenextrakten und Mineralstoffen sowie die Entwicklung der Larven an den Wurzeln verschiedener Testpflanzen wurden nach Prüfung der Daten auf Normalverteilung und Varianzhomogenität mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse und nachfolgendem post-hoc-Test (Bonferroni- oder Tukey-Test) oder einem nichtparametrischen Kruskal-Wallis-Test mit nachfolgendem Bonferroni-Test oder durch Beurteilung homogener Untergruppen analysiert. Die Reaktionen der Käfer auf Duftstoffe wurden mittels Friedmans 2-faktorieller ANOVA für Ränge bei verbundenen Stichproben analysiert.

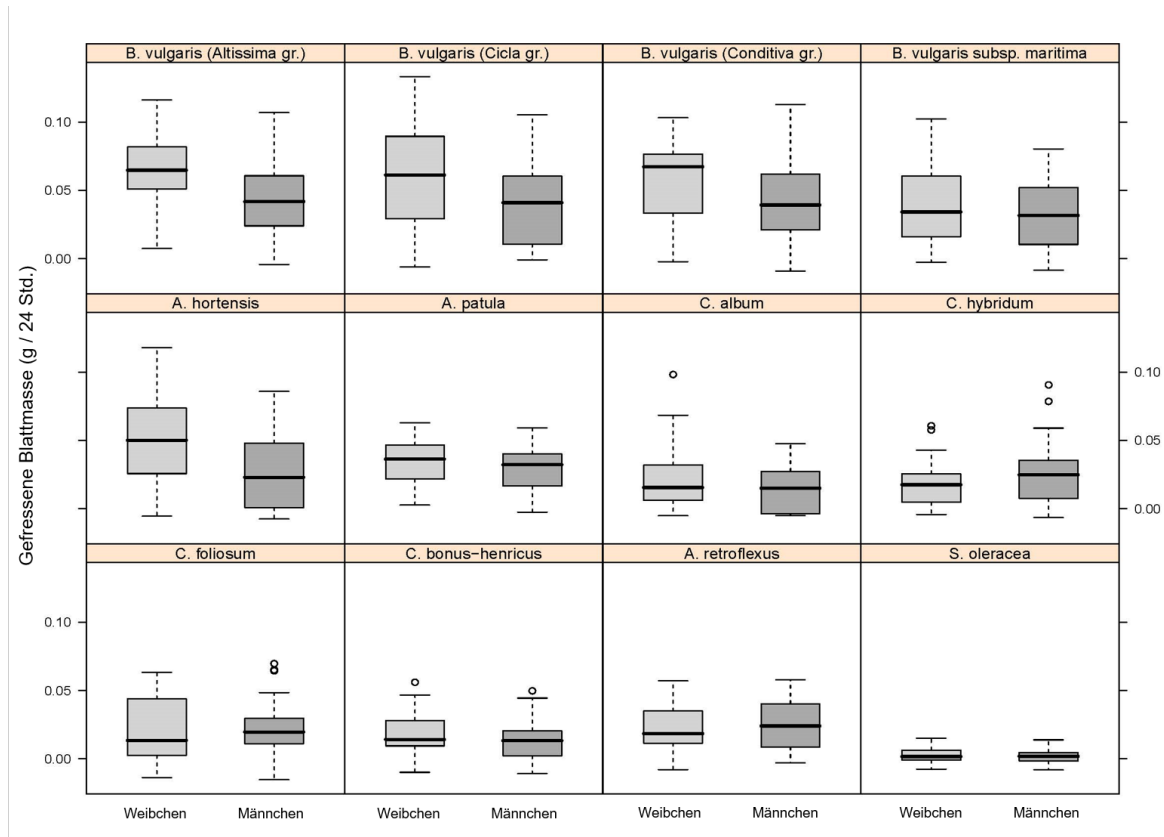
4 Ergebnisse

4.1 Nahrungseignung von verschiedenen Pflanzen für den Rübenderbrüssler

Es wurden insgesamt 23 Pflanzenarten aus den Pflanzenfamilien der Amaranthaceae, Polygonaceae, Asteraceae und Poaceae auf ihre potenzielle Nahrungseignung für den Rübenderbrüssler geprüft. Die Fraßleistungen der Käfer, i.e. die Menge an gefressenem Blattgewebe in Gramm im Zeitraum von 24 Stunden wurden mit der in Kapitel 3.3 genannten Formel ermittelt.

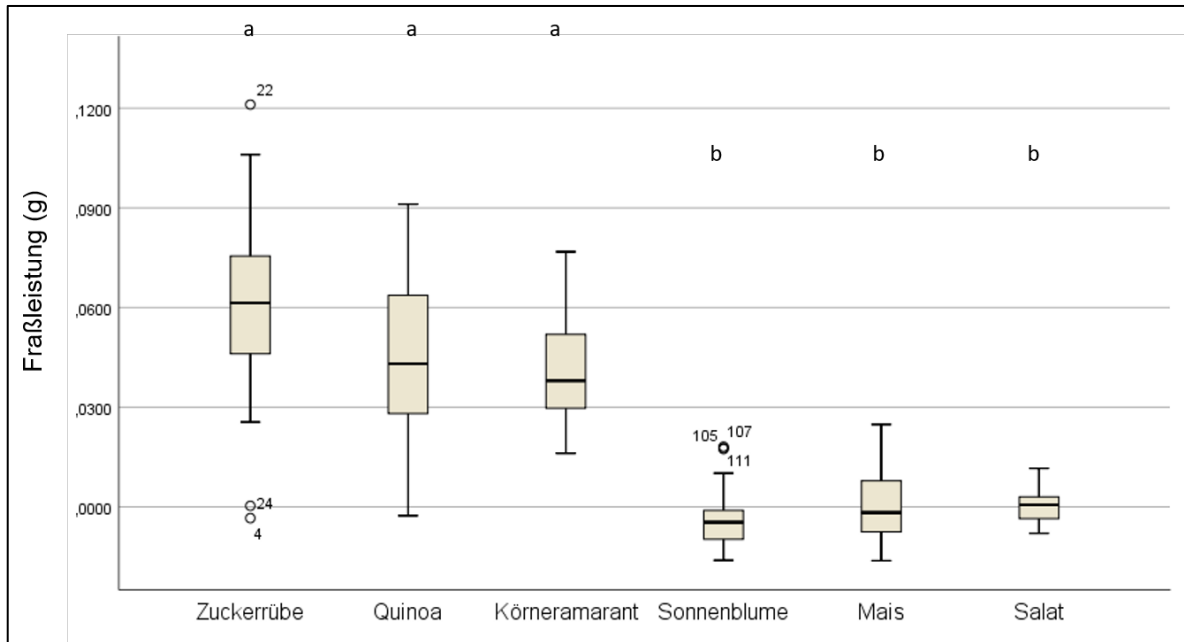
In der ersten Versuchsreihe wurde zunächst die Fraßleistung weiblicher und männlicher Rübenderbrüssler an Beikräutern aus der Familie der Amaranthaceae mit der an *B. vulgaris*-Unterarten sowie an Spinat verglichen (Abbildung 1). Die Analyse der Fraßleistung der adulten Käfer ergab signifikante Haupteffekte für die Pflanzenart (nichtparametrische zweifaktorielle ANOVA, Teststatistik = 955,90, df = 11, p-Wert WTPS < 0.0001) und das Geschlecht (Teststatistik = 22,55, df = 1, p-Wert WTPS < 0.0001) sowie eine signifikante Interaktion zwischen Pflanzenart und Geschlecht (Teststatistik = 37,32, df = 11, p-Wert WTPS < 0.0001) (Abbildung 1). Es zeigte sich, dass sowohl weibliche als auch männliche ungepaarte Rübenderbrüssler in der Phase ihres Reifungsfraßes mehr Blattmasse von *B. vulgaris*-Unterarten (Zuckerrübe, Mangold, Rote Rübe, Wilde Rübe) und *Atriplex*-Arten (Gartenmelde, Spreizmelde) als von Gänsefuß-Arten (*Chenopodium* spp.), Rauhaarigem Amarant (*A. retroflexus*) oder Spinat (*S. oleracea*) fraßen. Es fällt auf, dass Spinat im Biotest von den Rübenderbrüsslern kaum angenommen wurde. Ein Vergleich der Fraßleistung beider Geschlechter ergab, dass Weibchen von allen *Beta*- und *Atriplex*-Arten die größeren Mengen an Blattgewebe verzehrten als die Männchen, von allen anderen getesteten Pflanzenarten jedoch nahmen beide Geschlechter etwa gleich viel Blattmasse auf.

Abbildung 1 Vergleich der Menge an aufgenommenem Blattgewebe in Gramm von Fuchsschwanzgewächsen (Fam. Amaranthaceae) von ungepaarten weiblichen und männlichen *A. punctiventris*-Käfern im Zeitraum von 24 Stunden.



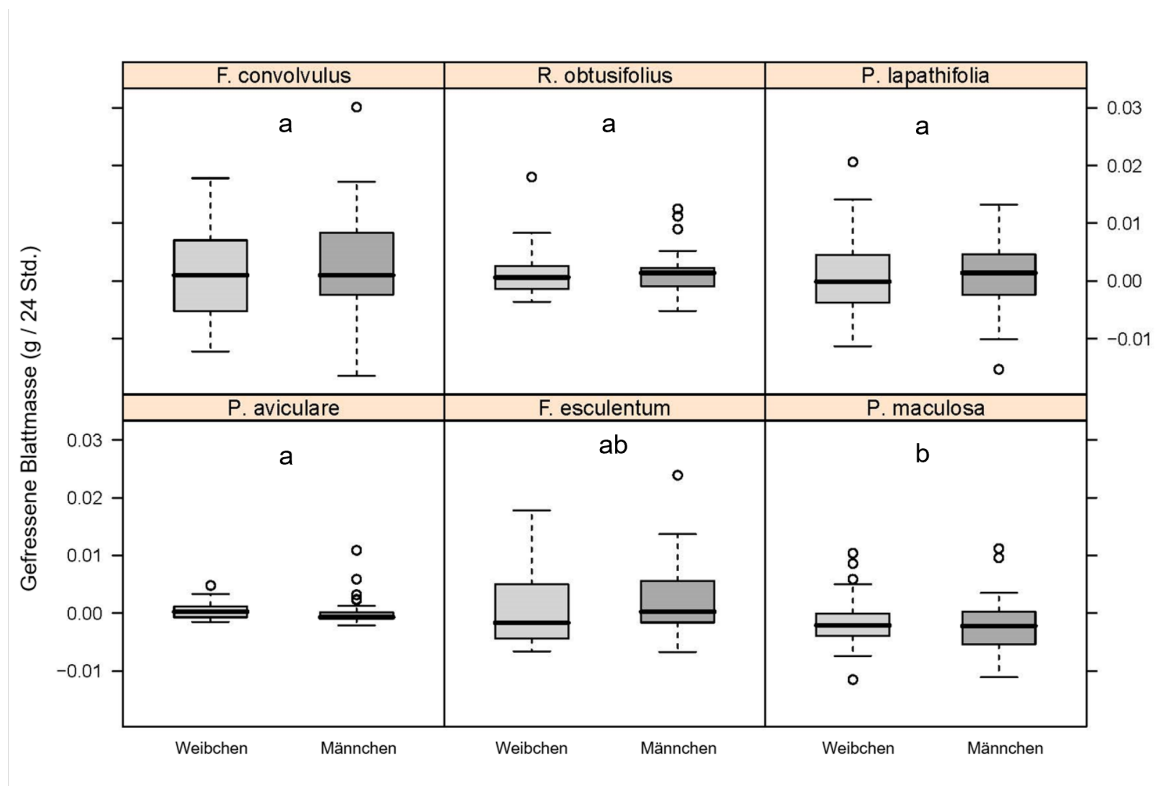
In einer weiteren Versuchsreihe im Rahmen der Masterarbeit von Mayer (2023) wurde die Fraßleistung von ungepaarten *A. punctiventris*-Weibchen an den Blättern von Kulturpflanzen aus verschiedenen Pflanzenfamilien verglichen (Abbildung 2). Die Käfer fraßen signifikant mehr Blattmasse von Zuckerrübe, Körneramarant (*A. hypochondriacus*) und Reismelde (*C. quinoa*) als von Sonnenblume (*H. annuus*), Mais (*Z. mays*) und Salat (*L. sativa*) (Kruskal-Wallis-Test, Teststatistik = 144,47, df = 5, p = 0,000). Ein Vergleich der drei Amaranthaceae-Arten zeigt, dass - ganz ähnlich wie im ersten Versuch - von Körneramarant und Reismelde etwa ein Drittel weniger gefressen wurde als von Zuckerrübe. Während bei Salat und Mais nach 24 Stunden keinerlei Fraßspuren zu erkennen waren, verursachten einzelne Käfer an der Sonnenblume einen leichten Blattrandfraß, insgesamt schlägt sich dies zahlenmäßig in der Fraßleistung aber nicht nieder.

Abbildung 2 Vergleich der Fraßleistung in g von ungepaarten *A. punctiventris*-Weibchen über 24 Stunden an Kulturpflanzen aus verschiedenen Pflanzenfamilien; unterschiedliche Buchstaben über den Boxplots stehen für signifikante Unterschiede.



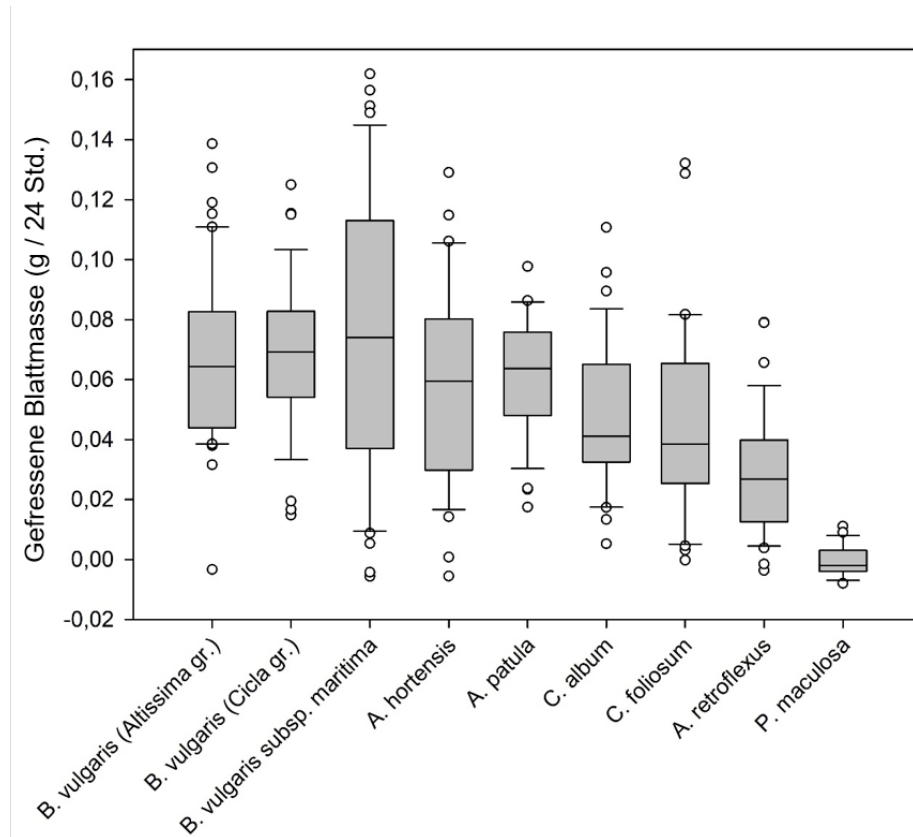
Im Vergleich zu den Pflanzen aus der Familie der Amaranthaceae wurde von den Pflanzen der in einer dritten Versuchsreihe getesteten Knöterichgewächse nur ein Bruchteil der Blattmasse von weiblichen und männlichen Rübenderbrüsslern gefressen (Abbildung 3). Die Polygonaceae-Art, nicht aber das Geschlecht, beeinflussten die Fraßleistung der Käfer (nichtparametrische zweifaktorielle ANOVA; Faktor Pflanzenart: Teststatistik = 24,09, df = 5, p-Wert WTPS = 0,0007; Faktor Geschlecht: Teststatistik = 0,63, df = 1, p-Wert WTPS = 0,43; Interaktion: Teststatistik = 1,73, df = 5, p-Wert WTPS = 0,89). Eine Tukey-post-hoc-Analyse ergab, dass die Käfer signifikant mehr an den Blättern des Winden-Knöterichs (*F. convolvulus*), des Stumpfblättrigen Ampfers (*R. obtusifolius*), des Ampfer-Knöterichs (*P. lapathifolia*) und des Vogel-Knöterichs (*P. aviculare*) fraßen als an den Blättern des Floh-Knöterichs (*P. maculosa*). Es gab keinen signifikanten Unterschied in der gefressenen Blattmasse zwischen Buchweizen (*F. esculentum*) und dem Floh-Knöterich.

Abbildung 3 Vergleich der Menge an aufgenommenem Blattgewebe in Gramm (Mittelwert \pm SD) von Knöterichgewächsen (Fam. Polygonaceae) von ungepaarten weiblichen und männlichen *A. punctiventris*-Käfern im Zeitraum von 24 Stunden; unterschiedliche Buchstaben über den Boxplots stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Pflanzenarten (Tukey-Test).



Basierend auf den Ergebnissen der Fraßleistungen ungepaarter *A. punctiventris*, d.h. weibliche Käfer in der Phase des Reifungsfraßes, wurden Versuche mit ausgewählten Pflanzenarten und gepaarten Weibchen durchgeführt (Abbildung 4). Die Pflanzenart, der Paarungsstatus und ihre Interaktion beeinflussten den Blattfraß der weiblichen Rüsselkäfer (nichtparametrische ANOVA; Faktor Pflanzenart: Teststatistik = 1669,84, df = 8, p-Wert WTPS < 0,0001; Faktor Paarungsstatus: Teststatistik = 57,29, df = 1, p-Wert WTPS < 0,0001; Interaktion: Teststatistik = 69,88, df = 8, p-Wert WTPS < 0,0001). Gepaarte Weibchen, d.h. weibliche Käfer während der Phase der Eiablage, verzehrten tendenziell mehr Blattmasse der getesteten Pflanzen aus der Familie der Amaranthaceae – neben Zuckerrübe Mangold, Wilder Rübe, Garten- und Spreizmelde, Weißer Gänsefuß, Erdbeerspinat und Rauhaariger Amaranth – als ungepaarte Weibchen (Abb. 1, 3). Der Flohknöterich (*P. maculosa*) als Vertreter der Polygonaceae wurde sowohl von ungepaarten als auch von gepaarten Weibchen nicht oder kaum gefressen.

Abbildung 4 Menge an aufgenommenem Blattgewebe in Gramm (Mittelwert \pm SD) von Fuchsschwanzgewächsen (Fam. Amaranthaceae) und *P. maculosa* (Fam. Polygonaceae) von gepaarten weiblichen *A. punctiventris*-Käfern im Zeitraum von 24 Stunden.



4.2 Nahrungspräferenzen des Rübenderbrüsslers

Acht der 14 Pflanzenarten aus der Pflanzenfamilie der Amaranthaceae wurden in Präferenztests bezüglich ihrer Nahrungseignung für ungepaarte Rübenderbrüssler-Weibchen (Tabelle 6) bzw. Männchen (Tabelle 7) im direkten Vergleich zur Zuckerrübe getestet.

Sowohl weibliche als auch männliche Käfer zeigten während der Phase des Reifungsfraßes keine - oder nur sehr schwache - Präferenzen für Zuckerrübe im Vergleich mit Roter Rübe, Mangold oder Wilder Rübe. Unterschiede zwischen den Geschlechtern ergaben die Wahlversuche mit Zuckerrübe und Weißem Gänsefuß: Während weibliche Käfer signifikant mehr Blattmasse von Zuckerrübe als von Gänsefuß fraßen, zeigten Männchen keine Präferenzen für eine der beiden Pflanzen.

Wenn weibliche oder männliche Käfer die Wahl hatten, bevorzugten sie eindeutig Zuckerrübenblätter gegenüber Blättern von Erdbeerspinat, Rauhaarigem Amaranth, Gartenmelde und Spreizender Melde.

Tabelle 6 Nahrungspräferenzen ungepaarter *A. punctiventris*-Weibchen – Vergleich der Fraßleistungen an Zuckerrübe und anderen Nahrungspflanzen in Gramm (Mittelwert \pm SD) im Zeitraum von 24 Stunden.

Testpflanzen im Wahlversuch	Aufgenommenes Blattgewebe von Zuckerrübe (Mittelwert g \pm SD)	Aufgenommenes Blattgewebe von (Neben-) Wirtspflanze (Mittelwert g \pm SD)	t-Wert	FG	Signifikanz
Zuckerrübe vs. Rote Rübe	0,029 \pm 0,019	0,021 \pm 0,020	1,875	34	0,069 n. s.
Zuckerrübe vs. Mangold	0,032 \pm 0,024	0,020 \pm 0,022	2,281	35	0,029 *
Zuckerrübe vs. Wilde Rübe	0,027 \pm 0,020	0,020 \pm 0,019	1,268	33	0,214 n. s.
Zuckerrübe vs. Gartenmelde	0,033 \pm 0,019	0,008 \pm 0,013	6,633	34	0,000 ***
Zuckerrübe vs. Spreizende Melde	0,027 \pm 0,024	0,005 \pm 0,013	4,170	34	0,000 ***
Zuckerrübe vs. Weißer Gänsefuß	0,039 \pm 0,022	0,016 \pm 0,014	5,004	34	0,000 ***
Zuckerrübe vs. Erdbeerspinat	0,026 \pm 0,021	0,013 \pm 0,024	2,334	34	0,026 *
Zuckerrübe vs. Rauhaariger Amaranth	0,027 \pm 0,022	0,013 \pm 0,015	2,764	34	0,009 **

Tabelle 7 Nahrungspräferenzen ungepaarter *A. punctiventris*-Männchen – Vergleich der Fraßleistungen an Zuckerrübe und anderen Nahrungspflanzen in Gramm (Mittelwert \pm SD) im Zeitraum von 24 Stunden.

Testpflanzen im Wahlversuch	Aufgenommenes Blattgewebe von Zuckerrübe (Mittelwert g \pm SD)	Aufgenommenes Blattgewebe von (Neben-) Wirtspflanze (Mittelwert g \pm SD)	t-Wert	FG	Signifikanz
Zuckerrübe vs. Rote Rübe	0,027 \pm 0,020	0,021 \pm 0,018	1,510	31	0,141 n. s.

Testpflanzen im Wahlversuch	Aufgenommenes Blattgewebe von Zuckerrübe (Mittelwert g ± SD)	Aufgenommenes Blattgewebe von (Neben-) Wirtspflanze (Mittelwert g ± SD)	t-Wert	FG	Signifikanz
Zuckerrübe vs. Mangold	0,022 ± 0,019	0,015 ± 0,019	1,775	34	0,085 n. s.
Zuckerrübe vs. Wilde Rübe	0,020 ± 0,016	0,014 ± 0,023	1,075	33	0,295 n. s.
Zuckerrübe vs. Gartenmelde	0,033 ± 0,014	0,012 ± 0,011	-4,626a	-	0,000 ***
Zuckerrübe vs. Spreizende Melde	0,015 ± 0,014	0,004 ± 0,009	4,885a	46	0,000 ***
Zuckerrübe vs. Weißer Gänsefuß	0,029 ± 0,024	0,020 ± 0,020	1,532	34	0,135 n. s.
Zuckerrübe vs. Erdbeerspinat	0,022 ± 0,019	0,007 ± 0,013	3,351	33	0,002 **
Zuckerrübe vs. Rauhaariger Amarant	0,023 ± 0,017	0,007 ± 0,009	4,933	34	0,000 ***

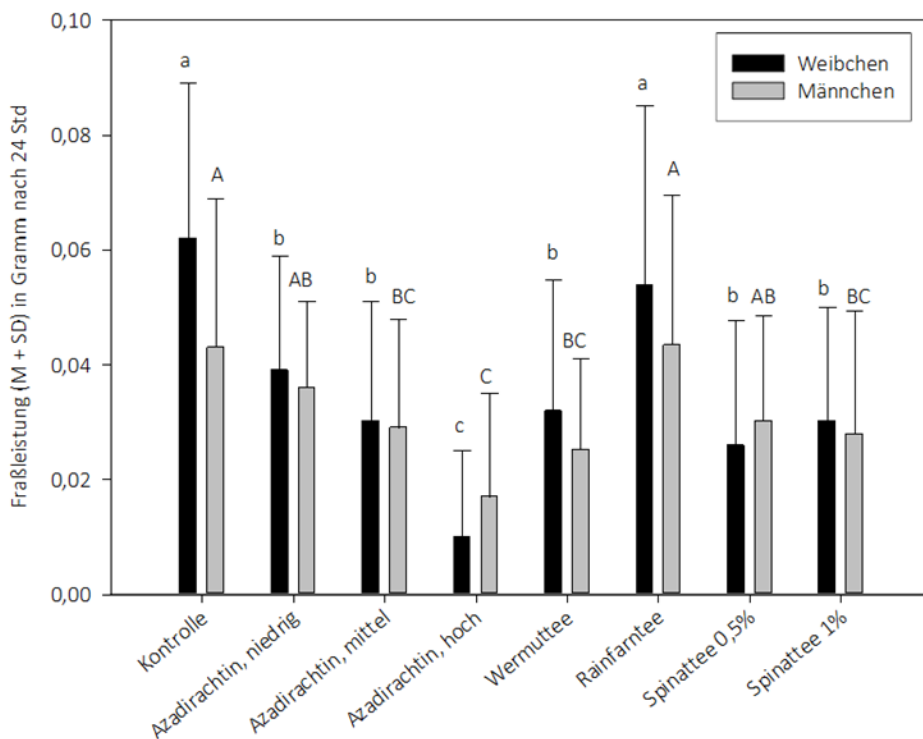
4.3 Fraßabweisende Wirkung von Pflanzenextrakten, Mineralstoffen und Substanzen organischen Ursprungs

Mit dem gleichen Verfahren, mit dem die Nahrungseignung verschiedener Pflanzenarten verglichen wurde (siehe Kapitel 3.3), wurden Versuche zur Deterrenz ausgewählter Handelsprodukte, Pflanzenextrakte und mineralischer Substanzen durchgeführt. Insgesamt wurde die Wirkung von 15 verschiedenen Behandlungen von Zuckerrübenblättern auf den Rübenderbrüssler getestet.

In einer ersten Versuchsreihe wurde die die Fraßleistung von Weibchen und Männchen, die vor Versuchsbeginn mit Zuckerrübe gefüttert worden waren, an Blättern, die in Heißwasserextrakte („Tees“) von Wermut, Rainfarn und Spinat oder in eine wässrige Lösung des pflanzlichen Sekundärstoffes Azadirachtin in verschiedenen Konzentrationen getaucht worden waren, verglichen (Abbildung 5). Mit Ausnahme von Rainfarntee konnte in allen Behandlungsvarianten eine signifikante Reduktion der Fraßaktivität von weiblichen Käfern festgestellt werden (Kruskal-Wallis-Test, Teststatistik = 96,639, df = 7, p = 0,000). Die deutlichste deterrente Wirkung erzielte eine Behandlung der Zuckerrübenblätter mit der höchsten Konzentration (1,06 mg in 100 ml Wasser) von Azadirachtin, und das Gleiche gilt für Männchen (Kruskal-Wallis-Test, Teststatistik = 40,162, df = 7, p = 0,000). Im Durchschnitt aller

anderen Varianten (Azadirachtin 0,53 mg oder 0,8 mg, Wermut, Spinat 0,5 % oder 1 %) nahmen Weibchen etwa zwischen 37 – 58 % weniger Blattmasse von behandelten Zuckerrübenblättern auf, Männchen etwa zwischen 16 – 42 %. Letztere reagierten ebenso wie die Weibchen nicht auf eine Behandlung der Blätter mit Rainfarntee.

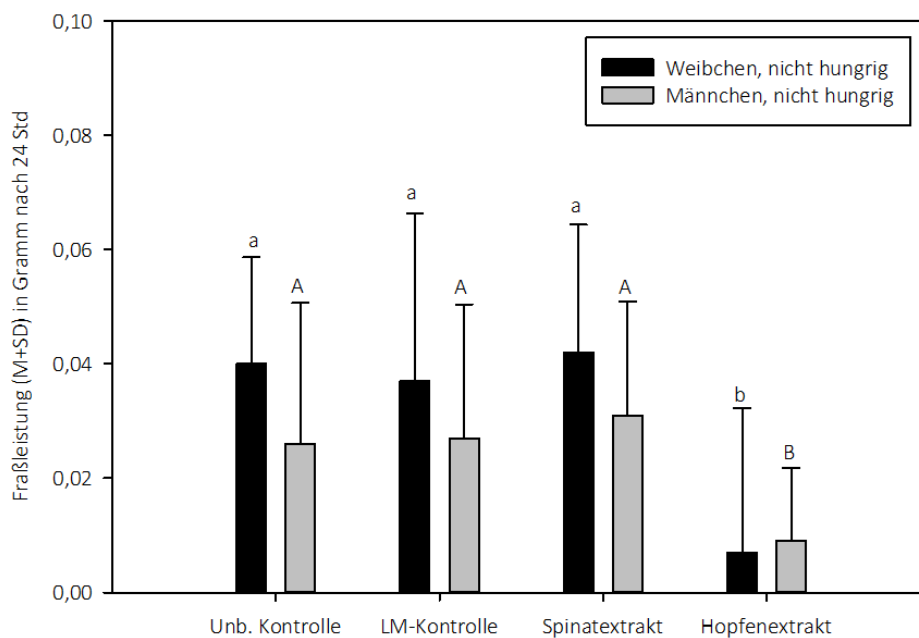
Abbildung 5 Vergleich der Fraßleistung (g) von Weibchen (Kleinbuchstaben) und Männchen (Großbuchstaben) von *A. punctiventris* an mit verschiedenen Heißwasserextrakten oder Azadirachtin behandelten Zuckerrübenblättern nach 24 Stunden. Säulen mit gleichen Buchstaben weisen keine signifikanten Unterschiede auf.



In einer weiteren Versuchsserie im Rahmen der Masterarbeit von Kaiser (2022) wurden methanolischer Spinatextrakt und CO₂-Hopfenextrakt, die beide in Aceton gelöst und mit Wasser (plus 0,05% Netzmittel Triton X-100) verdünnt worden waren, hinsichtlich ihrer deterrenten Wirkung auf den Rübenderbrüssler getestet. Dabei wurde in diesen Versuchen neben weiblichen und männlichen Käfern auch zwischen ungefütterten, hungrigen und gefütterten, nicht hungrigen Käfern unterschieden. In Abbildung 6 ist die Fraßleistung von gefütterten weiblichen und männlichen Rübenderbrüsslern nach 24 Stunden in den Behandlungsvarianten 0,5%iger Hopfenextrakt, 1%iger Spinatextrakt, Lösungsmittel (LM) - Kontrolle und unbehandelte Kontrolle dargestellt. Ein Vergleich der Fraßleistung der beiden Geschlechter in den Kontrollvarianten zeigte, dass gefütterte Weibchen mehr Zuckerrüben-Blattmasse fraßen als gefütterte Männchen (einfaktorielle ANOVA, $F = 8,446$, $df = 1$, $p = 0,004$).

Eine Behandlung von Zuckerrübenblättern mit Hopfenextrakt, nicht jedoch mit Spinatextrakt reduzierte die Fraßleistung der Weibchen (einfaktorielle ANOVA, $F = 16,200$, $df = 3$, $p = 0,00$) und Männchen (Kruskal-Wallis-Test, Teststatistik = 25,19, $df = 3$, $p = 0,000$) signifikant im Vergleich zu den beiden Kontrollbehandlungen.

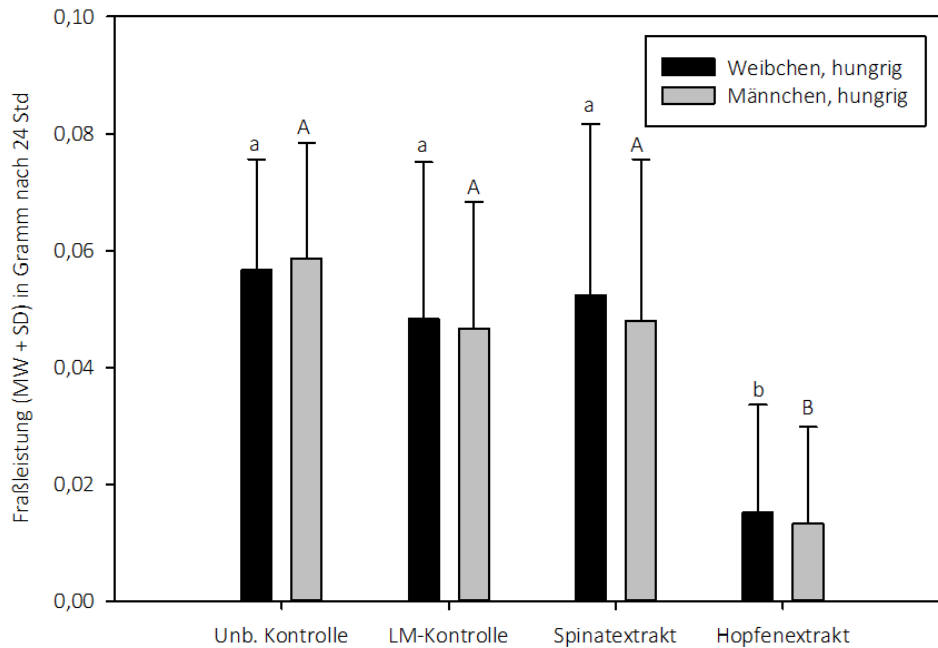
Abbildung 6 Vergleich der Fraßleistung (g) von gefütterten Weibchen (Kleinbuchstaben) und Männchen (Großbuchstaben) von *A. punctiventris* an mit verschiedenen Extrakten behandelten Zuckerrübenblättern nach 24 Stunden. Säulen mit gleichen Buchstaben weisen keine signifikanten Unterschiede auf.



Der gleiche Versuch wurde auch mit ungefütterten und somit hungrigen Käfern durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich hungrige Weibchen und Männchen bezüglich ihrer Fraßleistung in den Kontrollen im Gegensatz zu den nicht hungrigen, gefütterten Käfern nicht signifikant voneinander unterscheiden (einfaktorielle ANOVA, $F = 0,003$, $df = 1$, $p = 0,954$) (Abbildung 7). Während eine Behandlung der Zuckerrübenblätter mit Spinatextrakt die Käfer nicht vom Fressen abhielt, konnte die Hopfenextrakt-Behandlung den Fraß von hungrigen Weibchen (einfaktorielle ANOVA, $F = 23,626$, $df = 3$, $p = 0,000$) und Männchen (einfaktorielle ANOVA, $F = 32,161$, $df = 3$, $p = 0,000$) signifikant mindern.

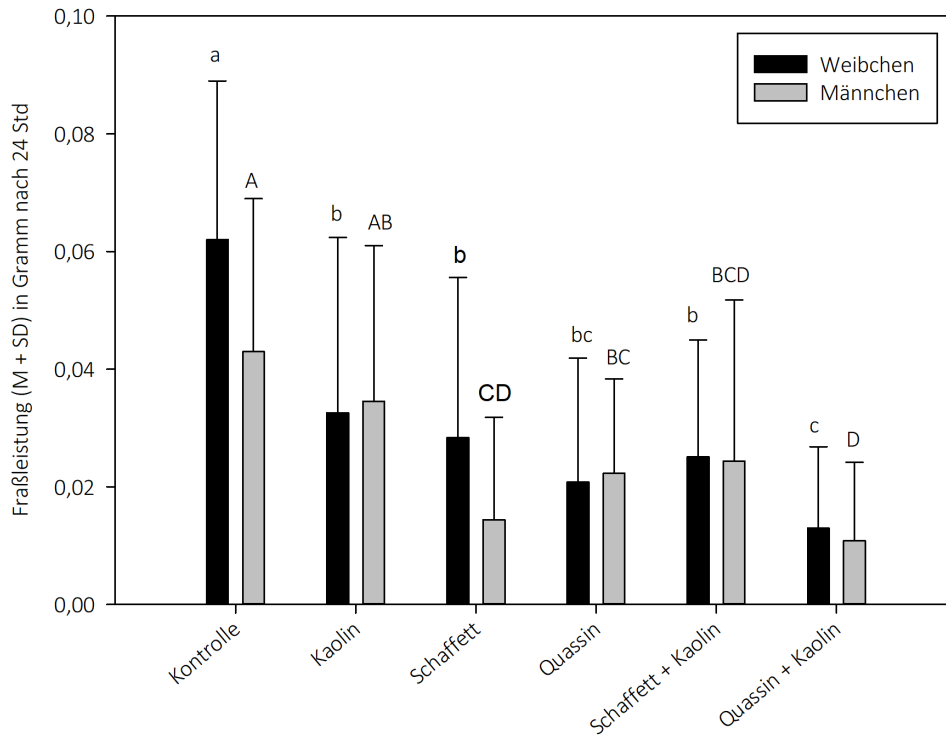
Abbildung 7 Vergleich der Fraßleistung (g) von ungefütterten Weibchen (Kleinbuchstaben) und Männchen (Großbuchstaben) von *A. punctiventris* an mit verschiedenen Extrakten

behandelten Zuckerrübenblättern nach 24 Stunden. Säulen mit gleichen Buchstaben weisen keine signifikanten Unterschiede auf.



In der dritten Versuchsserie wurde das Potential der mineralischen Substanz Kaolin alleine und in Kombination mit anderen Testsubstanzen zur Fraßabschreckung gegen den Rübenderbrüssler untersucht (Abbildung 8). Im Vergleich zu unbehandelten Zuckerrübenblättern wurde die Fraßleistung der – in diesem Fall wieder gefütterten, nicht hungrigen – Weibchen (Kruskal-Wallis-Test, Teststatistik = 79,855, df = 5, $p = 0,000$) und Männchen (Kruskal-Wallis-Test, Teststatistik = 50,837, df = 5, $p = 0,000$) in fast allen Behandlungsvarianten signifikant reduziert. Die Behandlung mit Schaffett bewirkte bei den Käfern eine Fraßreduktion von knapp 60% und eine Behandlung mit Quassin zwischen 49 und 66%. Zudem reagierten weibliche Rübenderbrüssler auf eine Behandlung mit Kaolin mit einem um rund 50 % verminderten Fraß. Die Mischung von Quassin und Kaolin verstärkte den fraßreduzierenden Effekt auf die Rübenderbrüssler noch deutlicher.

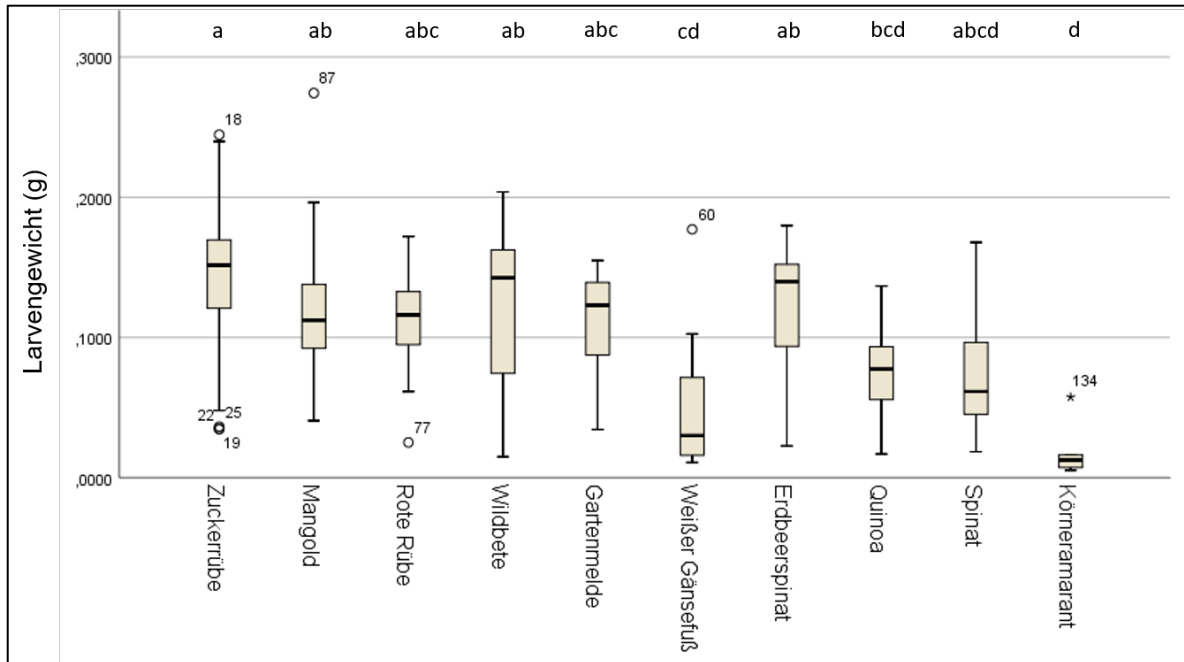
Abbildung 8 Vergleich der Fraßleistung (g) von gefütterten Weibchen (Kleinbuchstaben) und Männchen (Großbuchstaben) von *A. punctiventris* an unterschiedlich behandelten Zuckerrübenblättern. Säulen mit gleichen Buchstaben weisen keine signifikanten Unterschiede auf.



4.4 Versuche zur Entwicklung von Larven des Rübenderbrüsslers an Kultur- und Beikrautpflanzen

In einem Biotest mit insgesamt 12 Kultur- und Beikrautpflanzen, die in den Biotests zur Prüfung der Nahrungseignung von den Käfern zum Fraß angenommen worden waren, wurde die Entwicklung von Larven von *A. punctiventris* an deren Wurzeln über einen Zeitraum von 42 Tagen beobachtet. Die statistische Auswertung ergab, dass die Pflanzenart, auf der sich die Larven bis zum 4. Larvenstadium entwickelt hatten, ihr Gewicht signifikant beeinflusste (einfaktorielle ANOVA; $F = 5,99$, $df = 9, 151$, $p = 0,000$) (Abbildung 9). Die Larven auf Zuckerrübe, Mangold, Wilder Rübe, und Erdbeerspinat wiesen ein signifikant höheres Gewicht auf als die Larven auf Weißem Gänsefuß und Körneramarant. Es gab keinen signifikanten Gewichtsunterschied zwischen den Larven an den Wurzeln der Gartenmelde, Roten Rübe, Quinoa und Spinat im Vergleich zu den Larven an den zuvor genannten Pflanzen. An den Wurzeln des Rauhaarigen Amarants und des Ampfer-Knöterichs konnte sich keine einzige Larve entwickeln, dieses Ergebnis ist daher in Abbildung 9 nicht dargestellt.

Abbildung 9 Gewicht (g) der Larven von *A. punctiventris*, die sich an der jeweiligen Wirtspflanze im Zeitraum von 42 Tagen entwickeln konnten; unterschiedliche Buchstaben über den Boxplots stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Pflanzenarten (Tukey-Test).



4.5 Prüfung und Etablierung eines Olfaktometer-Testverfahrens für *A. punctiventris*

Nach umfangreichen Vorversuchen zur Etablierung des Olfaktometer-Testverfahrens wurde in verschiedenen Testdurchläufen bereits im Herbst 2020 eine vorläufige Biotestprozedur entwickelt und mit weiblichen Käfern aus eigener Zucht (siehe Kapitel 3.1.7) sowie aus der Sammlung im April 2020 (siehe Kapitel 3.1.1 und 3.1.2) getestet.

Zunächst wurde in vorläufigen Versuchsserien geprüft, ob alle Zonen bzw. Quadranten der Olfaktometer-Testarena gleichermaßen häufig von den getesteten Käfern bei ihrer ersten Wahl aufgesucht wurden („first choice“), wenn durch alle 4 Quadranten nur gereinigte Luft (keine Duftquelle, Kontrolle) geleitet wurde. Abbildung 10 zeigt, dass es ohne Duftquelle keinen Unterschied zwischen den 4 Quadranten bezüglich der ersten Wahl der Käfer gab. Auch die Verweildauer der Käfer war in allen Quadranten gleich lang (Abbildung 11).

Wenn in Quadrant 1 jedoch Zuckerrübenblätter als Duftquelle angeboten wurden, überschritten mehr Käferweibchen die First choice-Linie zu diesem Quadranten als zu den 3

anderen Quadranten mit reiner Luft (Abbildung 10). Auch die Verweildauer der Käfer in Quadrant 1 war länger als in den drei anderen Quadranten (Abbildung 11).

Abbildung 10 Anzahl der weiblichen Käfer, die beim Verlassen der zentralen Startzone die First choice-Linie zum jeweiligen Quadranten (1, 2, 3, 4) überschritten (erste Wahl); n = 45.

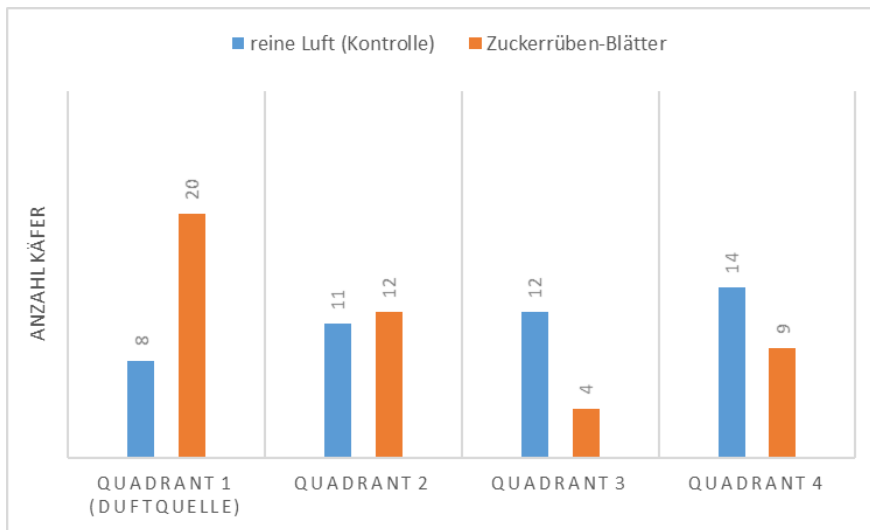
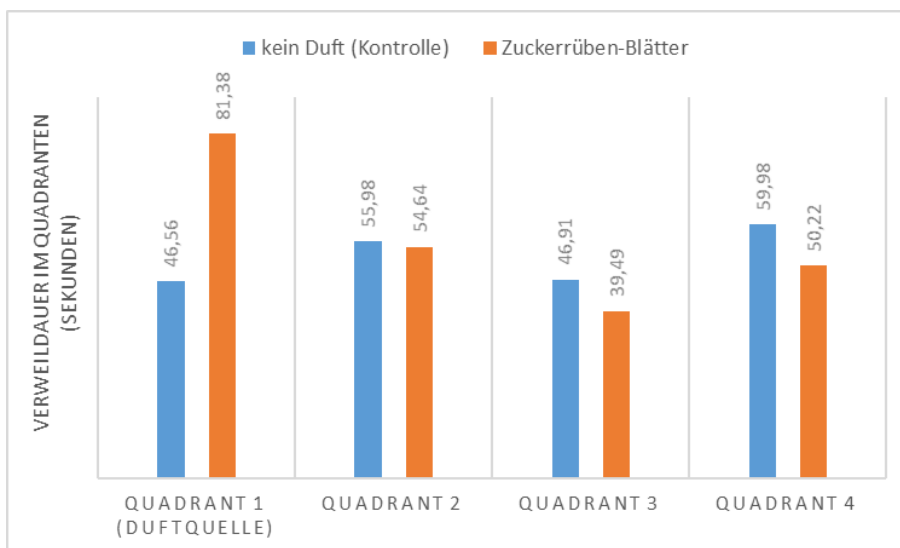


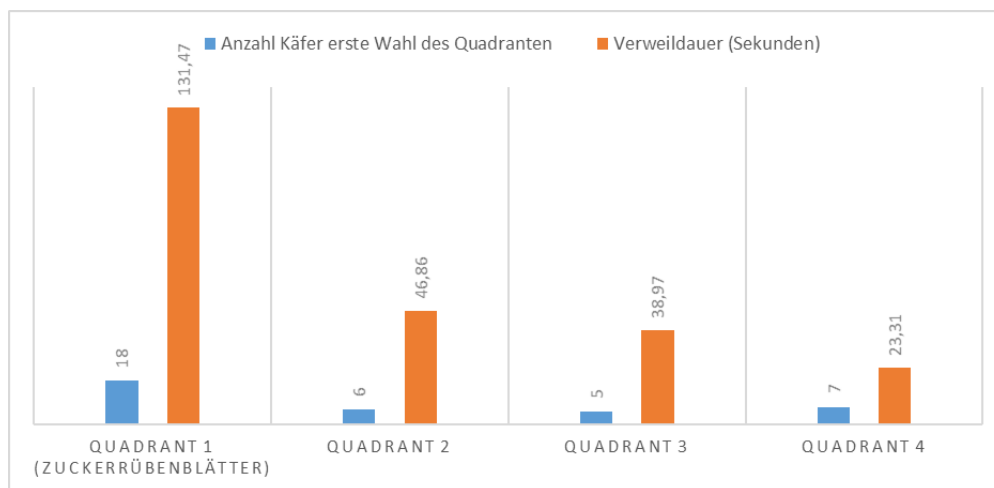
Abbildung 11 Verweildauer (Sekunden) der weiblichen Käfer im jeweiligen Quadranten (1, 2, 3, 4); n = 45.



Im Frühjahr 2021 wurde das Olfaktometer-Testverfahren bezüglich unterschiedlicher Beobachtungsmethoden, Methoden der Datenerfassung und Beobachtungszeiträume optimiert und erste Versuchsserien mit weiblichen Käfern kurz nach dem Verlassen ihres

Winterlagers durchgeführt. Abbildung 12 zeigt, dass mehr als doppelt so viele Käferweibchen den Quadranten 1 mit Zuckerrübenblättern als Duftquelle als erste Wahl betraten als jeden der anderen 3 Quadranten. Ebenso verweilten die Käfer im Quadranten 1 (durchschnittlich 131,47 Sekunden) länger als in allen 3 anderen Quadranten zusammen (Summe 109,14 Sekunden).

Abbildung 12 Anzahl der weiblichen Käfer, die beim Verlassen der zentralen Startzone die First choice-Linie zum jeweiligen Quadranten (1, 2, 3, 4) überschritten (erste Wahl) und deren Verweildauer (Sekunden) im jeweiligen Quadranten; n = 36.



4.6 Prüfung der Reaktionen von *A. punctiventris* auf Duftbouquets von Nahrungspflanzen im Olfaktometer

Nach erfolgreicher Etablierung des Olfaktometer-Testverfahrens wurden 11 Pflanzenarten aus der Pflanzenfamilie der Amaranthaceae, die zum Fraß angenommen worden waren (siehe Kapitel 4.1), und eine Knöterich-Art, die nicht befressen worden war, zur Prüfung der Rolle ihrer Duftbouquets für die Wirtsfindung von Rübenderbrüsslern ausgewählt. Eine Übersicht der Ergebnisse ist in den Tabellen 8 und 9 für ungepaarte weibliche und männliche Käfer sowie in Tabelle 10 für gepaarte Weibchen dargestellt.

Es zeigte sich, dass sich in Versuchen mit Zuckerrübe und Mangold (beide *B. vulgaris* subsp. *vulgaris*) sowohl ungepaarte weibliche und männliche Käfer als auch gepaarte Weibchen deutlich länger in dem Quadranten, in dem sich die Testpflanze befand, aufhielten als in den Kontroll-Quadranten. Ungepaarte Weibchen reagierten darüber hinaus signifikant positiv auf das Duftbouquet der Wilden Rübe und verweilten für knapp die Hälfte der Versuchszeit im

entsprechenden Quadranten. Auch der Pflanzenduft der getesteten *Atriplex*-Arten wirkte attraktiv auf den Rübenderbrüssler: Männchen und gepaarte Weibchen verweilten signifikant länger im Quadranten mit dem Duft der Gartenmelde und der Spreizmelde. Auch ungepaarte Weibchen verbrachten mehr Zeit im Quadranten mit der Gartenmelde, nicht aber mit Spreizmelde als Testpflanze.

Versuche mit *Amaranthus*-Arten zeigten Unterschiede in der Geruchswahrnehmung zwischen den Geschlechtern von *A. punctiventris*. Während gepaarte als auch ungepaarte Weibchen deutlich auf den Duft des Rauhaarigen Amarants als auch des Körneramarants reagierten, konnte diese Reaktion bei den Männchen nicht festgestellt werden. Männchen verbrachten deutlich mehr Zeit im Quadranten mit Spinatduft als in den Kontroll-Quadranten. Ungepaarte Weibchen dagegen zeigten keine deutliche Reaktion auf diese Testpflanze. Die Duftbouquets der getesteten *Chenopodium*-Arten Weißer Gänsefuß, Erdbeerspinat und Quinoa hatten kaum Lockwirkung auf *A. punctiventris*: Lediglich Männchen reagierten positiv auf den Geruch von Erdbeerspinat. Die Käfer reagierten in keinem der Versuche auf Flohknöterich als Duftquelle im Olfaktometer.

Tabelle 8 Verweildauer (% Zeit) von ungepaarten *A. punctiventris*-Weibchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testpflanze im 1. Quadranten und Wasser als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36.

Testpflanze in Q1	% Zeit Q1	% Zeit Q2	% Zeit Q3	% Zeit Q4	Chi-Quadrat	Signifikanz
Zuckerrübe	54,78 a	20,13 b	16,02 b	9,07 b	16,19	0,001 ***
Mangold	48,41 a	16,16 b	13,07 b	22,36 ab	16,78	0,001 ***
Wilde Rübe	47,67 a	20,83 b	21,15 b	10,35 ab	16,82	0,001 ***
Gartenmelde	37,23	25,50	18,74	18,53	7,18	0,066 n.s.
Spreizmelde	36,13	18,93	17,93	27,01	3,32	0,345 n.s.
Weißer Gänsefuß	31,55	21,67	20,52	26,26	2,49	0,477 n.s.
Erdbeerspinat	35,77	17,63	24,20	22,40	3,80	0,284 n.s.
Quinoa	26,63	18,00	26,52	28,85	2,301	0,512 n.s.
Rauhaariger Amarant	38,03 a	13,03 b	25,70 ab	23,23 ab	7,88	0,049 *
Körneramarant	46,86 a	15,63 b	22,25 ab	15,26 b	12,77	0,005 **
Spinat	25,60	23,35	25,14	25,90	1,06	0,786 n.s.
Flohknöterich	17,00	26,00	21,67	35,33	3,94	0,268 n.s.

Tabelle 9 Verweildauer (% Zeit) von ungepaarten *A. punctiventris*-Männchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testpflanze im 1. Quadranten und Wasser als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36 - 45.

Testpflanze in Q1	% Zeit Q1	% Zeit Q2	% Zeit Q3	% Zeit Q4	Chi-Quadrat	Signifikanz
Zuckerrübe	44,11 a	15,43 b	18,97 b	21,49 ab	10,78	0,013 *
Mangold	54,79 a	13,63 b	13,71 b	17,87 ab	22,22	0,000 ***
Wilde Rübe	29,86	21,17	18,81	30,16	5,73	0,126 n.s.
Gartenmelde	42,72 a	19,49 b	16,77 b	21,03 b	11,09	0,011 *
Spreizmelde	48,85 a	13,06 b	13,89 b	24,20 ab	15,29	0,002 **
Weißer Gänsefuß	34,40	20,94	22,27	22,39	5,18	0,159 n.s.
Erdbeerspinat	36,57 a	18,99 b	17,07 b	27,37 ab	10,01	0,018 *
Quinoa	24,67	21,15	27,71	26,47	0,67	0,882 n.s.
Rauhaariger Amarant	35,42	20,47	22,44	21,67	3,88	0,275 n.s.
Körneramarant	26,69	31,23	21,63	20,45	5,87	0,118 n.s.
Spinat	48,11 a	19,29 b	14,86 b	17,74 b	16,59	0,001 **
Flohknöterich	40,43	19,74	18,67	21,16	4,20	0,241 n.s.

Tabelle 10 Verweildauer (% Zeit) von gepaarten *A. punctiventris*-Weibchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testpflanze im 1. Quadranten und Wasser als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36 - 48.

Testpflanze in Q1	% Zeit Q1	% Zeit Q2	% Zeit Q3	% Zeit Q4	Chi-Quadrat	Signifikanz
Zuckerrübe	44,18 a	22,12 b	15,07 b	18,63 b	15,30	0,002 **
Mangold	40,08 a	20,74 ab	15,91 b	23,27 ab	9,03	0,029 *
Wilde Rübe	24,50	22,79	22,70	30,02	0,37	0,947 n.s.
Gartenmelde	54,15 a	18,52 b	13,19 b	14,14 b	15,45	0,001 ***
Spreizmelde	28,47	21,15	28,00	22,39	2,81	0,421 n.s.
Weißer Gänsefuß	24,91	21,06	22,18	31,84	0,99	0,805 n.s.
Rauhaariger Amarant	30,17 ab	18,11 b	20,15 ab	31,57 a	9,13	0,028 *
Körneramarant	46,87 a	27,16 ab	14,00 b	11,97 b	16,59	0,001 ***

4.7 Prüfung der Reaktionen von *A. punctiventris* auf Einzelkomponenten der Düfte von Nahrungspflanzen

Auf Basis der Analysen der für den Rübenderbrüssler geruchlich anlockenden Nahrungspflanzen wurden Einzelkomponenten, welche zu einem hohen Anteil in deren Duftbouquets enthalten sind, ausgewählt. In Versuchen wurden insgesamt fünf dieser Komponenten als Reinsubstanzen in bis zu drei unterschiedlichen Konzentrationen auf olfaktorische Reaktionen von *A. punctiventris* getestet.

Zunächst wurden ungepaarte Männchen bezüglich ihrer olfaktorischen Reaktionen auf die Reinsubstanzen β -Ionon, 1-Penten-3-ol, 2-Ethylfuran, *cis*-3-Hexen-1-ol und *trans*-2-Hexenal in Konzentrationen von 0,01 % bis 1 % getestet (Tabelle 11). Beta-Ionon in 1 %-iger Konzentration wirkte tendenziell abweisend auf die Käfer, in zehn- bzw. hundertfach niedrigerer Konzentration getestet war keine Reaktion der Käfer auf diese Substanz festzustellen. Das Gleiche gilt für alle weiteren Testsubstanzen, die in den Konzentrationen 0,1 % und 0,01 % getestet worden waren.

Tabelle 11 Verweildauer (% Zeit) von ungepaarten *A. punctiventris*-Männchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testsubstanz im 1. Quadranten und Parffinöl als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36.

Testsubstanz in Q1	% Zeit Q1	% Zeit Q2	% Zeit Q3	% Zeit Q4	Chi-Quadrat	Signifikanz
β-Ionon 1%	21,94	23,81	30,16	24,08	0,266	0,966 n.s.
β-Ionon 0,1%	30,09	28,51	19,35	22,06	6,359	0,095 n.s.
β-Ionon 0,01%	24,77	25,22	23,86	26,16	0,509	0,917 n.s.
1-Penten-3-ol 0,1%	22,46	23,14	22,16	32,25	2,706	0,439 n.s.
1-Penten-3-ol 0,01%	25,08	28,39	19,61	26,92	2,340	0,505 n.s.
2-Ethylfuran 0,1%	24,52	25,29	26,46	23,73	0,368	0,947 n.s.
2-Ethylfuran 0,01%	26,12	22,95	22,04	28,89	1,213	0,750 n.s.
<i>cis</i>-3-Hexen-1-ol 0,1%	38,03	23,22	18,81	19,94	5,546	0,136 n.s.
<i>cis</i>-3-Hexen-1-ol 0,01%	22,87	28,18	24,56	24,39	0,632	0,889 n.s.
<i>trans</i>-2-Hexenal 0,1%	27,07	28,420	22,932	21,581	0,966	0,809 n.s.
<i>trans</i>-2-Hexenal 0,01%	25,813	20,017	32,228	21,942	0,684	0,877 n.s.

Auf Basis der Versuchsergebnisse mit ungepaarten männlichen Käfern wurden β -Ionon, *cis*-3-Hexen-1-ol und *trans*-2-Hexenal ausgewählt und als Duftquelle in 0,1 %iger Konzentration mit ungepaarten (Tabelle 12) sowie gepaarten (Tabelle 13) Weibchen im Olfaktometer geprüft. *Cis*-3-Hexen-1-ol wirkte geruchlich abweisend auf gepaarte Weibchen, in allen weiteren Versuchsserien konnte kein Einfluß der Duftquelle auf die Verweildauer weiblicher Käfer in den 4 Quadranten des Olfaktometers festgestellt werden.

Tabelle 12 Verweildauer (% Zeit) von ungepaarten *A. punctiventris*-Weibchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testsubstanz im 1. Quadranten und Parffinöl als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36.

Testsubstanz in Q1	% Zeit Q1	% Zeit Q2	% Zeit Q3	% Zeit Q4	Chi-Quadrat	Signifikanz
β -Ionon 0,1%	30,45	23,01	14,21	32,33	5,00	0,172 n.s.
<i>cis</i> -3-Hexen-1-ol 0,1%	29,56	27,60	22,60	20,23	1,70	0,637 n.s.
<i>trans</i> -2-Hexenal 0,1%	33,59	20,13	21,79	24,49	2,56	0,464 n.s.

Tabelle 13 Verweildauer (% Zeit) von gepaarten *A. punctiventris*-Weibchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testsubstanz im 1. Quadranten und Parffinöl als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36.

Testsubstanz in Q1	% Zeit Q1	% Zeit Q2	% Zeit Q3	% Zeit Q4	Chi-Quadrat	Signifikanz
β -Ionon 0,1%	27,13	30,00	18,78	24,09	4,00	0,261 n.s.
<i>cis</i> -3-Hexen-1-ol 0,1%	12,77 a	29,24 b	26,00 ab	32,00 b	10,81	0,013 *
<i>trans</i> -2-Hexenal 0,1%	20,34	28,68	20,50	30,49	1,52	0,678 n.s.

4.8 Prüfung der Reaktionen von *A. punctiventris* auf den Lockstoff Grandlure II-IV

Um die geruchlich anlockende Wirkung der Duftbouquets von Nahrungspflanzen auf den Rübenderbrüssler (siehe Kapitel 4.7) mit dem derzeit in der Praxis verwendeten Lockstoff Grandlure zu vergleichen, wurden Versuche mit unterschiedlichen Mengen / Verdünnungsmitteln / Dispenser und in Kombination mit Zuckerrübenblättern mit

ungepaarten weiblichen und männlichen und gepaarten weiblichen Käfern im Olfaktometer durchgeführt. Die Ergebnisse der statistischen Versuchsauswertung sind in den Tabellen 14 bis 16 dargestellt.

Mit Ausnahme einer positiven Reaktion von gepaarten Weibchen auf eine Kombination von Grandlure III-IV, das in Hexan gelöst und auf einem Dispenser aufgetragen worden war (Dispenser ARIC), mit Zuckerrübenblättern als Duftquelle, konnte in keinem der Versuche eine signifikant längere Verweildauer der Käfer in dem Quadranten mit Grandlure III-IV als Duftquelle festgestellt werden.

Tabelle 14 Verweildauer (% Zeit) von ungepaarten *A. punctiventris*-Weibchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testsubstanz im 1. Quadranten und Parffinöl als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36.

Testsubstanz in Q1	% Zeit Q1	% Zeit Q2	% Zeit Q3	% Zeit Q4	Chi-Quadrat	Signifikanz
0,1 µl Grandlure in Paraffin	24,24	24,20	20,07	31,49	1,816	0,612 n.s.
0,5 µl Grandlure in Paraffin	31,83	19,51	21,41	27,26	0,269	0,966 n.s.
Dispenser ARIC (= 0,5 µl GL in Hexan)	27,87	29,22	18,51	24,39	1,496	0,683 n.s.
Dispenser ARIC + Zuckerrübe	32,39	32,42	20,34	14,85	4,950	0,175 n.s.

Tabelle 15 Verweildauer (% Zeit) von ungepaarten *A. punctiventris*-Männchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testsubstanz im 1. Quadranten und Parffinöl als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36.

Testsubstanz in Q1	% Zeit Q1	% Zeit Q2	% Zeit Q3	% Zeit Q4	Chi-Quadrat	Signifikanz
0,1 µl Grandlure in Hexan	29,63	18,71	24,46	27,20	1,746	0,627 n.s.
0,5 µl Grandlure in Hexan	26,09	28,07	26,98	18,87	4,876	0,181 n.s.
Dispenser ARIC (= 0,5 µl GL in Hexan)	32,03	23,36	21,78	22,84	0,224	0,974 n.s.

Tabelle 16 Verweildauer (% Zeit) von gepaarten *A. punctiventris*-Weibchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testsubstanz im 1. Quadranten und Paraffinöl als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36.

Testsubstanz in Q1	% Zeit Q1	% Zeit Q2	% Zeit Q3	% Zeit Q4	Chi-Quadrat	Signifikanz
0,5 µl Grandlure in Paraffin	20,59	25,16	25,63	28,61	1,909	0,591 n.s.
Dispenser ARIC (= 0,5 µl GL in Hexan)	32,25	25,97	18,84	22,94	2,927	0,403 n.s.
Dispenser ARIC + Zuckerrübe	39,26	23,32	20,54	16,88	10,866	0,012 *

5 Diskussion

5.1 Die Nahrungspflanzen des Rübenderbrüsslers

Asproparthenis punctiventris wird als Insekt mit einem oligophagen Nahrungsspektrum beschrieben (Drmić 2016). Fast alle Pflanzen, von denen sich die erwachsenen Rüsselkäfer ernähren, gehören zu den Familien der Amaranthaceae, den Fuchsschwanzgewächsen, und Polygonaceae, den Knöterichgewächsen (z.B., Müller 1957, Tieleke 1952, Auersch 1961a, Brendler et al. 2008). Die in der Literatur vorhandenen Informationen sind jedoch teilweise widersprüchlich, beruhen überwiegend auf Beobachtungen und liefern - mit Ausnahme der Zuckerrübe - keine quantifizierenden Daten zum Fraß des Rübenderbrüsslers an den unterschiedlichen Pflanzenarten. Das vorliegende Forschungsprojekt hatte sich daher zum Ziel gesetzt, die Fraßleistung erwachsener Rübenderbrüssler an Blättern von Zuckerrübe mit der an Blättern von in der Literatur genannten sowie potentiellen Nahrungspflanzen erstmals direkt zu vergleichen.

Die vorliegenden Ergebnisse weisen darauf hin, dass alle bevorzugten Fraßpflanzen des Rübenderbrüsslers innerhalb der Familie der Amaranthaceae zu finden sind. Zuckerrübe, Mangold und Rote Rübe – alle *B. vulgaris* subsp. *vulgaris* – werden ohne Präferenz sowohl von weiblichen als auch männlichen Käfern gleichermaßen als Nahrungspflanzen angenommen. Auch Wilde Rübe (*B. vulgaris* subsp. *maritima*) wird nur etwas weniger stark befallen. Diese Ergebnisse decken sich mit der Beschreibung von Auersch (1961a). Nach den vorliegenden Ergebnissen gehören auch die beiden *Atriplex*-Arten, nämlich die Gartenmelde und die Spreizmelde, zu den bevorzugten Nahrungspflanzen von *A. punctiventris*, von denen im Vergleich zu Zuckerrübe nur etwa 30 % weniger Blattmasse aufgenommen wird. Dies deckt sich ebenfalls mit den Angaben von Tielecke (1952) und Auersch (1961a). Die Spreizmelde, aber auch der Weiße Gänsefuß, der Bastard-Gänsefuß sowie der Rauhaarige Amarant zählen zu den weit verbreiteten Problembeikräutern im Zuckerrübenanbau. Sie sind schwer zu bekämpfen und sind auch in anderen Kulturen bzw. auf Flächen außerhalb der Zuckerrübenbestände mitunter in hohen Dichten zu finden (z.B. Holzner 1981; Holzner und Glauning 2005; Brendler et al. 2008; Cioni und Maines 2010; Leithner und Glauning 2013; Stöckl 2018; Bhadra 2020). Ein Vergleich der Fraßleistung des Rübenderbrüsslers in der vorliegenden Studie ergab, dass die Käfer beider Geschlechter von den Gänsefuß-Arten oder dem Rauhaarigen Amarant im Durchschnitt etwa 30 – 60% der Blattmenge der Zuckerrübe aufnehmen. Die Präferenzversuche bestätigten diese Ergebnisse. Sie zeigten aber auch, dass nicht nur die Zuckerrübe, sondern auch die wahlweise angebotenen Pflanzen Weißer Gänsefuß, Melde und Rauhaariger Amarant – wenn auch signifikant weniger – gefressen

werden. Dies könnte darauf hindeuten, dass auch andere Pflanzenarten aus der Familie der Amaranthaceae mit einem geringeren Nahrungswert als der Zuckerrübe (Auersch 1961a) auf dem Speiseplan stehen und zu einer „ausgewogeneren“ Ernährung des Rübenderbrüsslers beitragen. Hinweise hierfür finden sich in Drmić (2016): Es wird beschrieben, dass eine „Mischkost“ mit Zuckerrübe und Chenopodiaceae zu einer höheren Eiablagerrate bei Weibchen führen könnte als eine einseitige Ernährung nur mit Zuckerrübe. Ähnliches wurde bei der pflanzenfressenden Raupe des Nachtfalters *Chrysopsyche imparilis* (Mody et al. 2007) und beim Grashüpfer *Chorthippus parallelus* (Unsicker et al. 2008) beobachtet. Darüber hinaus hat nach Auersch (1961a) die Verfügbarkeit geeigneter Pflanzen als Nahrungsquelle zu Beginn des Reifungsfraßes, also unmittelbar nachdem die Käferweibchen das Winterlager im Boden verlassen haben, einen entscheidenden Einfluss auf die Eiablageleistung. Wird die Nahrungsaufnahme verzögert, verlängert sich die Reifezeit und die Gesamtzahl der gelegten Eier nimmt ab, was zu einem Rückgang der Population führt. Finden die Weibchen umgekehrt unmittelbar nach der Überwinterung ein reiches Angebot an Futter, dann werden sie im Laufe ihres Lebens mehr Eier legen können. Für die Praxis bedeutet dies, dass Weißer Gänsefuß, Rauhaariger Amarant und Spreizmelde bei der Beikrautbekämpfung besonders berücksichtigt werden sollten.

Nicht nur Beikräuter, sondern auch Kulturpflanzen, die dem Rübenderbrüssler als alternative Nahrungsquellen dienen und so zur Aufrechterhaltung der Schädlingspopulation in Zeiten, in denen keine Zuckerrüben angebaut werden, beitragen könnten, sind von speziellem Interesse für die Praxis. Körneramarant und Quinoa, auch Reismelde genannt, sind beide Fuchsschwanzgewächse und könnten – wenn auch derzeit nicht großflächig – in Zuckerrübengebieten angebaut werden. Beide Kulturarten werden jedoch gerne vom Rübenderbrüssler gefressen: Die Fraßleistung der Weibchen an diesen Pflanzen lag in den Biotests um etwa ein Drittel unter der an Zuckerrübe (Mayer 2023). In Gebieten, in denen es zu einem gehäuftem Auftreten des Rübenderbrüsslers kommt, ist daher kritisch zu prüfen, ob es Sinn macht, Quinoa oder Körneramarant in die Fruchtfolge aufzunehmen.

Spinat hingegen – obwohl ebenfalls ein Fuchsschwanzgewächs und von Tieleke (1952) als Nahrungspflanze für *A. punctiventris* genannt – wurde im Biotest von den Käfern nicht gefressen, was an eingelagerten Phytoecdysteroiden liegen mag. Spinat gehört zu den Pflanzen mit dem höchsten Gehalt an diesen Substanzen (Greibenok et al. 1994; Al Naggar et al. 2017) mit bekannt fraßabweisender Wirkung auf verschiedene Käferarten (Jurenka et al. 2017). Demnach konnte die Eignung von Spinat als Fangpflanze für den Rübenderbrüssler, wie von Bindreiter (2005) beschrieben, nicht bestätigt werden.

Auch Pflanzenarten aus der Familie der Polygonaceae wurden im Laborversuch von weiblichen als auch männlichen Käfern nicht oder kaum gefressen. Dazu zählen der Vogel-Knöterich, der

Ampfer-Knöterich, der Winden-Knöterich und der Floh-Knöterich, alle konkurrenzstarke Beikräuter, die häufig in Zuckerrüben auftreten und bekämpft werden müssen (z. B. Brendler et al. 2008; Cioni und Maines 2010; Bhadra 2020) sowie der Stumpfblättrige Ampfer und Buchweizen, die von Geyer und Kempl (2019) in verunkrauteten Zuckerrübenfeldern gefunden worden waren. Die vorliegenden Ergebnisse widerlegen somit Literaturangaben, die den Vogel-Knöterich (Tielecke 1952, Müller 1957) zu den Nahrungspflanzen zählen. In der älteren Literatur könnte eventuell eine Verwechslung mit vergesellschafteten Rüsselkäfern (beispielsweise *Cleonis pigra* oder *Tanymecus palliatus*) stattgefunden haben, wie Auersch (1961a) angemerkt hat. Nach Beobachtungen von Mayer (2023) können auch Feuchtigkeit und Erde das äußere Erscheinungsbild der Tiere stark verändern und arttypische morphologische Merkmale unkenntlich machen.

In der Fachliteratur finden sich Angaben über Kulturpflanzen aus anderen Pflanzenfamilien als den Fuchsschwanz- und Knöterichgewächsen, die vom Rübenderbrüssler gefressen werden, z.B. Salat, Sonnenblume (Brendler et al. 2008) oder Mais, der in der EPPO Global Database (2023) in der Liste der Wirtspflanzen von *A. punctiventris* zu finden ist. Mais, Sonnenblume oder Salat wurden in unseren Versuchen jedoch von den Käfern kaum bzw. nicht als Nahrung akzeptiert (Mayer 2023). Die Forschungsarbeiten im Rahmen des Projektes konnten demnach auch zur Klärung solcher Angaben beitragen.

Von Interesse war für uns auch, ob sich die Fresslust weiblicher Käfer nach der Paarung – also in der Zeit der Eiablage – verändert. Wir konnten erstmals zeigen, dass gepaarte Weibchen im Allgemeinen mehr Blattmasse als die ungepaarten verzehrten, insbesondere von Gänsefuß-Arten und dem Rauhaarigen Amarant, d. h. von Pflanzen mit einem geringeren Nährwert als der Zuckerrübe und den Melde-Arten (Auersch 1961a), vor allem wenn keine Alternative zur Verfügung stand. Berner et al. (2005) diskutierten dieses Phänomen für die Heuschreckenart *Omocestus viridulus* L., die mehr Blattmasse von minderwertigem Gras verzehrt, um ihren Wasser- und Nährstoffbedarf zu kompensieren. Neben dem bereits oben diskutierten Aspekt, dass Mischkost zu einer höheren Eiablagelrate führen könnte (Drmić 2016), darf ein Zusammenhang mit dem erhöhten Wasser- und Energiebedarf während der Eiablage vermutet werden, umso mehr, als Ähnliches auch von anderen Insekten bekannt ist (Yanagi und Miyatake 2003; Berner et al. 2005).

Ein weiterer interessanter Aspekt ist, dass ungepaarte weibliche Käfer nur von den getesteten *Beta vulgaris*-Unterarten und den *Atriplex*-Arten – also von den bevorzugt gefressenen Pflanzenarten – signifikant mehr Blattmasse fraßen als männliche Käfer. Von den Pflanzen mit geringer Nahrungseignung jedoch war die Fraßleistung beider Geschlechter während der Phase des Reifungsfraßes etwa gleich hoch. Das stimmt mit Beobachtungen von Gromova

(1965), wonach die Weibchen von *A. punctiventris* etwa 25 % mehr Zuckerrüben-Blattmasse verzehren als die Männchen.

5.2 Deterrente Pflanzenextrakte, Mineralstoffe und Substanzen organischen Ursprungs

Substanzen mit deterrenter Wirkung schrecken Insekten bei direktem Kontakt von Fraß oder Eiablage auf einer Pflanze ab. Sie sind in der Regel nicht akut toxisch, können jedoch nach einer Applikation auf Kulturpflanzen die Wirtspflanzenselektion der Insekten stören oder hemmen. Die Auswahl der im Projekt getesteten Substanzen mit potentiell deterrenter Wirkung auf *A. punctiventris* erfolgte aufgrund von Literaturangaben und Beobachtungen in der Praxis.

Ausgehend von Berichten, dass Schaffett bzw. das Handelsprodukt Trico® (Kwizda Agro GmbH, Österreich) – eigentlich ein Wildverbissmittel – eine fraßabschreckende Wirkung gegen den Rübenderbrüssler im Bio-Zuckerrübenanbau hat, erhielt das Produkt im Jahr 2018 eine Notfallzulassung (Klinghofer 2018). Wir prüften die Beobachtungen aus der Praxis im Biotest und behandelten Zuckerrübenblätter mit dem Produkt Trico® in der zugelassenen (Wirkstoff-) Aufwandmenge. Im Vergleich mit einem unbehandelten Zuckerrübenblatt reduzierte eine Behandlung mit Schaffett den Fraß der Käfer, i.e. die Menge an aufgenommenen Blattgewebe um etwa 60 % (im Mittel beider Geschlechter). Dabei entspricht der prozentuelle Verlust an Blattgewicht durch Käferfraß in etwa auch dem prozentuellen Blattflächenverlust. Zur Veranschaulichung: Weibliche Rübenderbrüssler haben im Biotest im Zeitraum von 24 Stunden etwa 40 % der Blattfläche (das entspricht etwa 62 mg Blattmenge) eines unbehandelten Zuckerrübenblattes von einer Pflanze im BCCH Stadium 14-15 gefressen. Von Blättern, die mit Trico® behandelt worden waren, fraßen die Weibchen nur etwa 20 % der Blattfläche (28 mg Blattmenge). Im Jahr 2018 hatte die Behandlung mit Trico® in der Praxis jedoch – angesichts des massiven Käferbefalls – keine ausreichende Wirkung, um Schäden zu verhindern (Mayrhofer 2018).

Eine Mischung von Kaolin und Schaffett (Trico®) konnte die Wirkung von Trico® nicht verstärken. Eine Behandlung der Blätter mit Kaolin alleine (in Wasser dispergiert) reduzierte die Fraßaktivität je nach Geschlecht der Rübenderbrüsselkäfer um etwa 20 – 47 %. Ähnliche Ergebnisse sind in der Literatur beschrieben. In Versuchen mit dem Baumwollkapselkäfer (*Anthonomus grandis* Boheman) konnte festgestellt werden, dass eine Behandlung mit Kaolin die Anzahl an beschädigten Baumwollsamenskapseln reduzierte (Silva und Ramalho 2012). Kaolin ist ein sehr feines, weißes, mineralisches Pulver, welches seit langem z. B. für

Töpferwaren, Papier, Farben, aber auch in der Lebensmittelverarbeitung und als Lebensmittelzusatzstoff verwendet wird. Für Kaolin sind verschiedene Wirkungen auf Insekten beschrieben. Im Prinzip schafft der Partikelfilm, der nach Applikation von Kaolin eine Pflanze bedeckt, eine physische Barriere, die die Bewegung, die Nahrungsaufnahme und die Eiablage der Insekten behindert (Glenn und Puterka 2005). Die fraßabweisende Wirkung von Kaolin ist nicht nur gegen Käfer (Showler 2002), sondern eine Reihe von anderen Schädlingsarten wie Blattläuse (Barker et al. 2007) oder Thripse (Reitz et al. 2008) beschrieben. In letztgenannter Studie wurde Kaolin mit ätherischen Ölen gemischt, um deren Wirkung gegen Thripse zu verbessern und so die Übertragung einer Viruskrankheit auf Tomate zu reduzieren.

Wir mischten Kaolin mit dem sekundären Pflanzeninhaltsstoff Quassin (Handelsprodukt Quassia Extrakt MD) und stellten fest, dass die Fraßleistung des Rübenderbrüsslers um mehr als 70 % und damit stärker reduziert wurde als durch eine Quassinbehandlung ohne Kaolin. Quassin ist einer der Inhaltsstoffe im Extrakt von *Quassia amara*, dem Quassiabaum, auch Bitterholz genannt, und wirkt fraßabschreckend z. B auf Schmetterlingsraupen (Soto et al. 2011) oder Mottenschildläuse (Flores et al. 2008). In Österreich wird Quassia im Obstbau zur Bekämpfung der Apfelsägewespe (*Hoplocampa testudinea*) eingesetzt (Anonymus 2023a). Bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse muss aber berücksichtigt werden, dass Quassin nicht nur fraßabweisend wirkt, sondern auch Wirkung auf das Nervensystem von Insekten haben kann (Hertel et al., 2006). So wurde in unseren Biotests beobachtet, dass die Behandlung mit Quassin die Vitalität der Käfer negativ beeinflusste, wodurch sie vermutlich auch deshalb weniger von behandelten Blättern fraßen.

Azadirachtin ist die Hauptkomponente des Niemöls, das aus den Samen des Niembaumes (*Azadirachta indica*) gewonnen wird. Es wirkt fraßabweisend sowie entwicklungshemmend auf eine Vielzahl von Insekten (Schmutterer 1990). NeemAzal-T/S mit dem Wirkstoff Azadirachtin ist in Österreich zur Bekämpfung von beißenden und saugenden Schädlingen in vielen verschiedenen Kulturen registriert (Anonymus 2023b). Von Zuckerrübenblättern, die mit Azadirachtin in der höchsten der Testkonzentrationen behandelt worden waren, wurden im Biotest von *A. punctiventris*-Weibchen um rund 80 % weniger Blattmasse aufgenommen als von unbehandelten Blättern. In der Literatur sind ähnliche Ergebnisse zur Wirkung von Azadirachtin auf Coleopteren beschrieben, z.B. von Baumler und Potter (2007), die feststellten, dass Azadirachtin den Fraß des Japankäfers (*Popilia japonica*) an der Winterlinde deutlich reduziert.

Kräuterextrakte bzw. Heißwasserauszüge oder „Tees“ von Pflanzen wie Wermut oder Rainfarn werden seit langem als Hausmittel gegen Befall mit Schadinsekten verwendet, wobei ihre Wirkung nicht immer in wissenschaftlichen Studien untersucht wurde. Spinatextrakt bildet eine Ausnahme: so ist beispielsweise die deterrente Wirkung von Spinatextrakt mit 1g

Spinat/ml Methanol-Extrakt auf den Nebelschildkäfer (*Cassida nebulosa* L.) beschrieben (Nagasawa und Matsuda 2005). In den Versuchen zur Nahrungseignung von verschiedenen Pflanzen für den Rübenderbrüssler (siehe Kapitel 4.1. und 5.1) wurden Spinatblätter kaum befressen. In den Biotests zur Prüfung der Deterrenz von Pflanzenextrakten ließ sich der Käfer durch eine Behandlung von Zuckerrübenblättern mit Spinattee, nicht aber mit methanolischen Spinatextrakt vom Fressen abhalten. Da Spinatblätter v.a. lipophile sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (Carotinoide, Polyphenole, Phytoecdysteroide) beinhalten (Bokov et al. 2020), ist es möglich, dass das verwendete polare Lösungsmittel Methanol diese hydrophoben Inhaltsstoffe nicht in ausreichender Menge gelöst hat, um eine deterrente Wirkung auf den Rübenderbrüssler zu haben. Es wäre aber ebenso möglich, dass der verwendete Spinatextrakt mit 10 mg Spinat/ml Methanol-Extrakt zu gering konzentriert war (Kaiser 2022).

Interessante Ergebnisse erbrachten die Versuche mit einem CO₂-Hopfenextrakt: nicht nur gefütterte, also „satte“, sondern auch ungefütterte, hungrige Käfer wurden vom Fressen an Zuckerrübenblättern, die in 0,5%igen Hopfenextrakt getaucht worden waren, abgehalten (Kaiser 2022). Das ist insofern relevant, da die Käfer, die im Frühjahr das Winterquartier im Boden verlassen und auf den vorjährigen Zuckerrübenflächen zu finden sind, hungrig und in der Phase des Reifungsfraßes sind. Sie nehmen im Vergleich zu nicht hungrigen, gefütterten Käfern deutlich mehr Blattmasse auf, nicht aber, wenn die Blätter mit Hopfenextrakt behandelt worden sind. Ähnliche Erkenntnisse zum Hopfenextrakt als Deterrent gegen schädliche Käferarten wie den Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*) und andere Coleopteren werden in der Literatur beschrieben (z. B. Gökce et al., 2012; Gökce et al., 2014).

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass einige der getesteten fraßabweisenden Substanzen durchaus Potential haben, in einer Managementstrategie gegen den Rübenderbrüssler zum Einsatz zu kommen. Darunter sind insektizide Handelsprodukte, in denen fraßabweisende Naturstoffe formuliert und die in Österreich verfügbar sind, wenngleich sie nicht zur Bekämpfung des Rübenderbrüsslers zugelassen sind. Es wäre interessant, ihre Wirkung – eventuell in Mischung mit Kaolin – und vor allem ihre Wirkungsdauer in Freilandversuchen zu testen. Schaffett hatte in der Praxis eine begrenzte Wirkungsdauer von 10 Tagen (Klinghofer, 2018).

Eine Substanz wie Hopfenextrakt in Aceton gelöst dagegen kann in dieser Form kaum als Spritzapplikation im Freiland getestet und schon gar nicht verwendet werden. Hier liefern unsere Ergebnisse erste grundlegende Erkenntnisse über dessen Wirkung auf *A. punctiventris*. Hopfenextrakt wäre von darauf spezialisierten Forschungseinrichtungen und/oder Firmen entsprechend seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften in der Folge weiter zu behandeln und gegebenenfalls zu formulieren.

Drmić et al. (2016) prüften die Methode des Massenfangs mit Lockstofffallen auf ihre Praxistauglichkeit und zeigten, dass zumindest in Jahren mit moderatem Auftreten des Rübenderbrüsslers die Anzahl der Insektizid-Applikationen reduziert werden kann. Deterrents könnten eventuell mit Massenfang in einer Schädlingsmanagementstrategie kombiniert werden und so die Effizienz der Methode erhöhen. Es ist jedoch zu bedenken, dass nach Steiner (1936) ein Käfer ungefähr 8 - 10 Keimpflanzen pro Tag fressen kann. Die wirtschaftliche Schadensschwelle liegt bei 1 Käfer pro Quadratmeter (Bindreiter et al. 2005). Im Frühjahr 2018 waren im Tullnerfeld zwischen Mitte April und Mitte Mai durchschnittlich 70 Käfer pro Quadratmeter zu finden (Rosner et al. 2019). Bei solch einem Massenaufreten ist die Wirkung von Deterrents mit größter Wahrscheinlichkeit zu gering, um Schäden zu vermeiden.

5.3 Entwicklung der Larven des Rübenderbrüsslers an Kultur- und Beikrautpflanzen

In der Literatur sind nur sehr vereinzelt Informationen über Pflanzen, an denen Larven von *A. punctiventris* gefunden wurden, verfügbar. So wurde über Larven an Wurzeln verschiedener Beikräuter in Zuckerrübenkulturen berichtet (Camprag 1984; Klupal et al. 2004; Bindreiter 2005), Ergebnisse aus detaillierten Untersuchungen lagen jedoch nicht vor. Wir gingen daher der Frage nach, ob und wie sich Käferlarven an jenen Pflanzenarten entwickeln, die erwachsenen Käferweibchen als Nahrungsquelle dienen.

Zunächst sind wir dabei auf unerwartete Probleme gestoßen: Trotz zahlreicher Vorversuche und verschiedener Ansätze ist es uns nie gelungen, *A. punctiventris* im Labor an den Wurzeln von eingetopften Zuckerrübenpflanzen zu züchten. Wir beobachteten, dass einige Larven kurz vor oder während der Verpuppung starben und dass sich Puppen oft zu Rüsselkäfern mit verkrüppelten Gliedmaßen entwickelten. In einem sandigen Boden, auf dem Zuckerrüben in der Praxis angebaut werden, bilden die Larven im 4. Larvenstadium feste Zellen aus Bodenteilchen, in denen sie sich verpuppen. In unseren Versuchen wuchsen die Zuckerrüben in dem von uns verwendeten Torfsubstrat zwar sehr gut, aber wir vermuten, dass die Larven keine Erdzellen bilden konnten und es daher wahrscheinlich zu einer Störung während der Verpuppung kam. Tieleke (1952) beschreibt ebenfalls Probleme bei der Aufzucht des Rübenderbrüsslers auf Topfpflanzen. Aus diesem Grund konnten wir weder die Verpuppungsraten noch die Anzahl der Individuen, die sich an den unterschiedlichen Testpflanzen bis zum erwachsenen Käfer entwickeln, bestimmen. Da die Entwicklungsdauer von der Larve im ersten Larvenstadium bis zur Verpuppung nach Tielecke (1952) 45 Tage beträgt, beschlossen wir, die Versuchsdauer auf 42 Tage zu begrenzen, um so das Gewicht der

Larven im 4. Larvenstadium an den Wurzeln verschiedener Testpflanzen vergleichen zu können.

Wir konnten so erstmals nachweisen, dass sich die Larven der Rübenderbrüssler auch von den Wurzeln anderer Kulturpflanzen als der Zuckerrübe und Beikräutern ernähren und an ihnen entwickeln können. An den Wurzeln von Zuckerrübe und ihren näheren Verwandten war allerdings eine vergleichsweise größere Larvenanzahl mit einem höheren Durchschnittsgewicht als an den anderen getesteten Pflanzen zu beobachten. Auch an Gartenmelde und Erdbeerspinat konnten sich Larven des Rübenderbrüsslers gut entwickeln. Am Weißen Gänsefuß und an Quinoa-Pflanzen sowie am Körneramarant erreichten Larven das 4. und letzte Larvenstadium, blieben dabei allerdings sowohl zahlenmäßig als auch in Bezug auf das Körpergewicht ihren Artgenossen an der Zuckerrübe sehr deutlich unterlegen. Obwohl erwachsene Käfer kaum an den Blättern von Spinatpflanzen fraßen (siehe Kapitel 5.1), fanden wir interessanterweise einige leichtgewichtige Larven an den Wurzeln von Spinat. Unterschiede zwischen den Blättern junger Spinatpflanzen mit hohem Gehalt an Phytoecdysteroiden (Greibenok et al. 1994) und den Wurzeln der mehr als 2 Monate alten Spinatpflanzen, die im Biotest mit Larven im ersten Larvenstadium besetzt worden waren und deren Gehalt an Phytoecdysteroiden unbekannt war, könnten diese Diskrepanz erklären. Dazu müssten entsprechende Analysen durchgeführt werden. Ähnliches gilt für die Ergebnisse, die wir in unseren Versuchen mit dem Rauhaarigen Amarant und *A. punctiventris* erarbeitet haben: wie in Kapitel 5.1 diskutiert, fressen die Käfer zumindest ein wenig an den Blättern von *A. retroflexus*. Nach den Beobachtungen von Klapal et al. (2004) und Bindreiter (2005) ernähren sich auch die Larven in Zuckerrübenfeldern von den Wurzeln des Rauhaarigen Amarants. In unseren Laborversuchen entwickelte sich auf *A. retroflexus*-Pflanzen jedoch keine einzige Larve bis zum 4. Larvenstadium. Im Feld können die Larven von Curculionidae-Arten auf Pflanzenwurzeln schwer zu unterscheiden sein, wie auch Klapal et al. (2004) feststellten, dass die gefundenen Larven nicht genauer identifiziert werden konnten. Die Identifizierung der Larven von bodenlebenden Curculionidae erfordert Wissen und Erfahrung (Gosik et al. 2016; Skuhrovec et al. 2019). Allerdings können sich die Larven des Rübenderbrüsslers durch chemotaktische Reize der Wurzelexsudate orientieren und aktiv zu den Pflanzenwurzeln wandern (Auersch 1961b). In einem verunkrauteten Zuckerrübenfeld könnten die Larven daher auch an den Wurzeln von Beikräutern zu finden sein.

Beikräuter aus der Pflanzenfamilie der Knöterichgewächse werden weder von ungepaarten noch gepaarten erwachsenen Rübenderbrüsslern als Nahrung akzeptiert (siehe Kapitel 4.1 und 5.1) noch können sich Larven an deren Wurzeln entwickeln, wie das Beispiel des Floh-Knöterichs *P. maculosa* zeigt.

Nach den vorliegenden Ergebnissen zählen Knöterichgewächse demnach nicht zu den Wirtspflanzen von *A. punctiventris* und tragen anders als Pflanzen aus der Familie der Fuchsschwanzgewächse nicht zum Arterhalt des Schädlings abseits der Rübenäcker bei.

5.4 Reaktionen von *A. punctiventris* auf Düfte von Nahrungspflanzen und Duftkomponenten im Olfaktometer

Zur Untersuchung olfaktorischer Reaktionen von *A. punctiventris* auf volatile (Pflanzen-) Duftstoffe wurde ein 4-Wahlarmen-Olfaktometer gebaut sowie nach umfangreichen Vorversuchen ein Olfaktometer-Testverfahren entwickelt. Mit Hilfe dieser Methode konnten wir eine der wichtigsten Forschungsfragen, die zu Beginn des Projektes gestellt worden war, nämlich ob der Rübenderbrüssler junge Zuckerrübenpflanzen „riechen“ kann, beantworten: Ja, *A. punctiventris* lokalisiert seine Nahrungspflanzen anhand der Duftbouquets ihrer Blätter.

Die Käfer verbrachten mehr Zeit in dem Quadranten des Olfaktometers, in dem der Duft von Zuckerrübe und Mangold einströmte, und zwar unabhängig von Geschlecht und Paarungsstatus der Käfer. Beide Pflanzen sind bevorzugte Nahrungspflanzen des Rübenderbrüsslers, an deren Wurzeln er sich auch am besten entwickeln kann (siehe Kapitel 4.1 und 4.3). Auch der Geruch von anderen Pflanzen mit einem hohen Nahrungswert für den Rübenderbrüssler, z.B. Gartenmelde, lockte die Käfer in deren Richtung. Versuche mit dem Flohknöterich als Negativkontrolle bestätigten die Ergebnisse: Flohknöterich wird vom Rübenderbrüssler nicht gefressen und die Käfer reagierten auch nicht auf sein Duftbouquet.

Wir konnten Unterschiede in der Geruchswahrnehmung zwischen den Geschlechtern feststellen. Die Duftbouquets beider *Amaranthus*-Arten wirkten unabhängig vom Paarungsstatus anlockend auf die Käferweibchen, nicht aber auf Männchen. Beide Pflanzen werden von den Käfern gefressen, eignen sich aber wenig oder gar nicht für die Entwicklung der Larven. Das könnte ein weiterer Hinweis dafür sein, dass eine vielfältige (Misch-)Kost zu einer höheren Eiablage rate des Rübenderbrüsslers beitragen kann (Taranuha, 1956; Drmić, 2016). Das Auffinden dieser Nahrungspflanzen ist demnach insbesondere für Weibchen von Vorteil.

Andere Nahrungspflanzen für Adulte als auch Larven wie der Weiße Gänsefuß und Quinoa riefen in den Olfaktometerversuchen hingegen keine Reaktionen des Rübenderbrüsslers hervor, ihre Blattdüfte wurden weder als anlockend noch als abweisend wahrgenommen. Ein Grund dafür könnte darin bestehen, dass bei Insekten der Geruchs- und der Geschmacksinn

an verschiedenen Orten am Körper lokalisiert sind: Sensillen für die Wahrnehmung von Gerüchen befinden sich vorwiegend auf den Antennen, die für die Wahrnehmung von Geschmack vor allem auf den Mundwerkzeugen, Tarsen, Antennen und am Ovipositor (Dettner und Peters, 2003). Der Wirtspflanzenselektionsprozess bei Insekten kann als Kontinuum zwischen der Wahrnehmung geruchlicher oder visueller Stimuli aus der Distanz und dem Erkennen der Pflanze und der Wahrnehmung geschmacklicher Stimuli nach direktem Kontakt verstanden werden (Visser 1988). Interessanterweise wurden Rübenderbrüssler-Männchen vom Duftbouquet von Spinat angelockt, eine Pflanze, deren Blätter sie kaum fressen. Es mag daher sein, dass der Rübenderbrüssler manche Pflanzen an ihrem Geruch und andere erst nach direktem Kontakt als Wirts- oder Nahrungspflanze erkennt, wobei eine Kombination zwischen olfaktorischen und gustatorischen Stimuli nicht ausgeschlossen werden kann. Die Sensillen von *A. punctiventris* sind jedoch noch nie genauer untersucht worden.

Basierend auf den Ergebnissen der Olfaktometerversuche mit Pflanzenmaterial wurden die Duftbouquets von 8 Pflanzen, deren Blättern als Duftquelle anlockende Wirkung auf den Rübenderbrüssler hatten, analysiert. Einige volatile Duftstoffe waren in mehreren Duftbouquets in teilweise ungewöhnlich hohen Anteilen zu finden und wurden zur Prüfung ihrer Wirkung auf den Rübenderbrüssler ausgewählt. Dazu gehören so genannte „green leaf volatiles“ (GLVs) wie *trans*-2-hexenal und *cis*-3-hexen-1-ol, die in den grünen Blättern fast aller Pflanzen vorkommen. Sie werden in gestressten, geschädigten Pflanzen, also z. B. nach Insektenfraß in höherer Menge produziert (Ameje et al. 2018), wobei in unserer Studie die Duftbouquets ganzer, intakter, also „ungestresster“ Pflanzen analysiert wurden. Viele GLVs können geruchlich anlockend, aber auch abweisend auf Herbivore und auch deren natürliche Feinde wirken (Ameje et al. 2018). Der Blattalkohol *cis*-3-hexen-1-ol beispielsweise lockt den Feldmaikäfer (*Melolontha melolontha*) zu Fallen, die in einer Freilandstudie zum Massenfang des Schädling getestet wurden (Trdan et al. 2019). Pflanzenschädlinge wie z. B. die Weichwanze *Apolygus lucorum* (Sun et al. 2014) werden von β -Ionon angelockt. Diese Substanz hat einen veilchenartigen Geruch und ist in den Geweben der verschiedensten Pflanzen zu finden (Paparella et al. 2021). Beta-Ionon war in allen der analysierten Duftbouquets zum Teil in auffallend hohem Anteil zu finden. Da die attraktive als auch repellente Wirkung eines GLVs oftmals konzentrationsabhängig ist (z.B., Hori et al. 2006), testeten wir in unseren Versuchen bis zu drei verschiedene Konzentrationen der Testsubstanzen mit *A. punctiventris*. Der Rübenderbrüssler reagierte jedoch auf keinen der getesteten Duftstoffe. Eine mögliche Erklärung wäre, dass *A. punctiventris* nur auf eine bestimmte Konzentration eines GLVs reagiert. Eine andere Überlegung wäre, dass nur eine spezifische Kombination von GLVs attraktiv auf den Käfer wirkt. So wird der Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*) nur von einer Mischung der GLVs *trans*-2-Hexenal, *cis*-3-Hexenylacetat, *cis*-3-Hexenol und *trans*-2-Hexenol, die von Kartoffelblättern abgegeben wird, nicht aber von den Einzelkomponenten angelockt (Bernays und Chapman 1994).

Unerwartete Ergebnisse erbrachten unsere Versuchsserien mit der für den Rübenderbrüssler bekannt attraktiven Substanz Grandlure III-IV: wir konnten im Olfaktometer keine Reaktionen ungepaarter Käfer auf den Lockstoff feststellen. Und das, obwohl wir auch Dispenser mit Grandlure in Hexan gelöst (so wie sie im Freiland für den Massenfang verwendet werden) mit und ohne Zuckerrübenblätter und verschiedene Mengen der Reinsubstanz auf Filterpapier getestet haben. Toth et al. (2007) stellten die Lockwirkung dieser Substanz, die eigentlich ein Bestandteil des Aggregationspheromons anderer Rüsselkäferarten ist und bei *A. punctiventris* nie identifiziert wurde, nur in Freilandversuchen fest. Ergebnisse von Exaktversuchen im Labor wurden bislang nicht publiziert. Das Zusammenspiel zwischen einem spezifischen Lockstoff, der von einem Dispenser abgegeben wird, und den verschiedensten Pflanzendüften, die im Freiland quasi eine Art „Dufthintergrund“ bilden, könnte die vorliegenden Ergebnisse erklären. Schroeder und Hilker (2008) wiesen darauf hin, dass allgemeine Pflanzendüfte in der Umgebung die olfaktorische Orientierung von Insekten zu einer Geruchsquelle beeinflussen können: sie können die Geruchsquelle maskieren, die Reaktionen des Insekts auf den Geruch verstärken oder auch keine Wirkung haben. Um diese Zusammenhänge zu klären, wären weiterführende Forschungsarbeiten notwendig.

6 Fazit

Das Programm für Forschung und Entwicklung im BML 2020-2025 hat das Ziel, die Entwicklung von Alternativen zur Schädlingsbekämpfung bzw. zum Schädlingsmanagement zu fördern.

Zu dieser Zielsetzung trägt das nun abgeschlossene Projekt in mehrerer Hinsicht bei, indem es Ansätze zur Reduktion der Rübenderbrüssler-Gesamtpopulation in einem Zuckerrübenanbauggebiet aufzeigt.

Erstens liefert es Erkenntnisse zum Einfluss des Nahrungsangebotes auf die Populationsentwicklung des Rübenderbrüsslers:

- Als bevorzugte Nahrungspflanzen des Rübenderbrüsslers wurden überwiegend Vertreter der Familie der Fuchsschwanzgewächse (Amaranthaceae) identifiziert, und dies unabhängig vom Geschlecht der Käfer.
- Die Verfügbarkeit geeigneter Pflanzen als Nahrungsquelle hat nicht nur Einfluss auf den Erhalt der Schädlingspopulation außerhalb der Zuckerrübenfelder, sondern auch auf die Eiablageleistung der Käferweibchen: Finden die Weibchen zu Beginn des Reifungsfraßes ein reiches Angebot an Nahrungspflanzen, dann können sie im Laufe ihres Lebens mehr Eier legen (Auersch 1961a).
- Käferlarven können sich nicht nur an den Wurzeln von Zuckerrüben entwickeln, sondern auch an Beikräutern und anderen Kulturpflanzen aus der Pflanzenfamilie der Amaranthaceae.
- Im Rahmen des Projektes konnte erstmals gezeigt werden, dass Weibchen in der Zeit der Eiablage mehr Blattmasse fressen als während des Reifungsfraßes.
- Implikationen für die Praxis: Pflanzen wie Weißer Gänsefuß, Rauhaariger Amarant und Spreizmelde verdienen besonderes Augenmerk bei der Beikrautbekämpfung.
- In Gebieten, in denen es zu einem gehäuften Auftreten des Rübenderbrüsslers kommt, ist außerdem eine Aufnahme von Quinoa und Körneramarant in die Fruchtfolge kritisch zu prüfen.
- Beikräuter und andere Pflanzen aus der Familie der Knöterichgewächse (Polygonaceae) wie z.B. Buchweizen zählen hingegen nicht zu den Nahrungspflanzen von *A. punctiventris*.
- Anders als in der Literatur dargestellt werden auch Mais, Sonnenblume und Salat vom Rübenderbrüssler nicht gefressen.

Zweitens wurde die die Rolle der Duftbouquets von Wirts- und Nahrungspflanzen im Wirtspflanzenselektionsprozess von *A. punctiventris* untersucht:

- Der Rübenderbrüssler lokalisiert seine Nahrungspflanzen anhand der Duftbouquets ihrer Blätter.
- Dies gilt für beide Geschlechter sowohl während des Reifungsfraßes als auch in der Phase der Eiablage.
- Dabei ist nach unserem Erkenntnisstand ausschließlich der Pflanzenduft in seiner Gesamtheit für die Wirtspflanzenfindung ausschlaggebend: Volatile Einzelkomponenten mit anlockender Geruchswirkung auf den Käfer konnten nicht identifiziert werden.
- Schlussfolgerung für die Praxis: Da sich der Schädling am Geruch zu jungen Zuckerrübenpflanzen hin orientiert, wäre die Auswahl von weit von vorjährigen Zuckerrübenbeständen entfernten Flächen für einen Anbau im Folgejahr von Vorteil.

Drittens wurden die Perspektiven für einen Einsatz von deterrenten Substanzen untersucht:

- Die im Laufe des Projektes gewonnen Erkenntnisse zeigen, dass fraßabweisende Pflanzeninhaltsstoffe, mineralische Stoffe und Substanzen organischen Ursprungs das Potential haben, die Fraßaktivität des Schädlings an jungen Zuckerrübenpflanzen deutlich zu verringern.
- Solche Substanzen gelten im Allgemeinen als umweltverträglich und unbedenklich für Nichtzielorganismen. Es empfiehlt sich, ihre Wirkung bzw. ihre Wirkungsdauer in weiterführenden Freilandversuchen zu prüfen.
- Caveat: Die Wirkung von Deterrents wäre bei alleiniger Applikation wahrscheinlich nicht ausreichend, um Schäden durch den Rübenderbrüssler bei Massenaufreten zu vermeiden. Eine Schädlingsmanagementstrategie, die sich z. B. auf Massenfang mit Lockstofffallen in Kombination mit Deterrent-Einsatz stützt, könnte aber erhöhte Effizienz produzieren - zumindest in Zeiten überschaubarer Befallszahlen.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Pflanzenarten aus der Familie der Amaranthaceae, die auf ihre Nahrungseignung für den Rübenderbrüssler getestet wurden.	14
Tabelle 2 Pflanzenarten aus der Familie der Polygonaceae, die auf ihre Nahrungseignung für den Rübenderbrüssler getestet wurden.	15
Tabelle 3 (Kultur-) Pflanzenarten aus verschiedenen Pflanzenfamilien, die auf ihren Nahrungseignung für den Rübenderbrüssler getestet wurden.	15
Tabelle 4 Auf ihr Potential als Deterrents gegen den Rübenderbrüssler getestete Handelsprodukte, Pflanzenextrakte, Mineralstoffe und Substanzen organischen Ursprungs	18
Tabelle 5 Prozentueller Anteil der einzelnen Duftstoffe in den Duftbouquets von Zuckerrübe, Mangold, Rauhaariger Amarant, Körneramarant, Gartenmelde, Spreizmelde, Weißer Gänsefuß und Spinat; n = 4.	23
Tabelle 6 Nahrungspräferenzen ungepaarter <i>A. punctiventris</i> -Weibchen – Vergleich der Fraßleistungen an Zuckerrübe und anderen Nahrungspflanzen in Gramm (Mittelwert ± SD) im Zeitraum von 24 Stunden.	33
Tabelle 7 Nahrungspräferenzen ungepaarter <i>A. punctiventris</i> -Männchen – Vergleich der Fraßleistungen an Zuckerrübe und anderen Nahrungspflanzen in Gramm (Mittelwert ± SD) im Zeitraum von 24 Stunden.	33
Tabelle 8 Verweildauer (% Zeit) von ungepaarten <i>A. punctiventris</i> -Weibchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testpflanze im 1. Quadranten und Wasser als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36.	42
Tabelle 9 Verweildauer (% Zeit) von ungepaarten <i>A. punctiventris</i> -Männchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testpflanze im 1. Quadranten und Wasser als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36 - 45.	43
Tabelle 10 Verweildauer (% Zeit) von gepaarten <i>A. punctiventris</i> -Weibchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testpflanze im 1. Quadranten und Wasser als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36 - 48.	43
Tabelle 11 Verweildauer (% Zeit) von ungepaarten <i>A. punctiventris</i> -Männchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testsubstanz im 1. Quadranten und Parffinöl als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36.	44
Tabelle 12 Verweildauer (% Zeit) von ungepaarten <i>A. punctiventris</i> -Weibchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testsubstanz im 1. Quadranten und Parffinöl als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36.	45
Tabelle 13 Verweildauer (% Zeit) von gepaarten <i>A. punctiventris</i> -Weibchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testsubstanz im 1. Quadranten und Parffinöl als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36.	45

Tabelle 14 Verweildauer (% Zeit) von ungepaarten <i>A. punctiventris</i> -Weibchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testsubstanz im 1. Quadranten und Parffinöl als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36.	46
Tabelle 15 Verweildauer (% Zeit) von ungepaarten <i>A. punctiventris</i> -Männchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testsubstanz im 1. Quadranten und Parffinöl als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36.	46
Tabelle 16 Verweildauer (% Zeit) von gepaarten <i>A. punctiventris</i> -Weibchen im jeweiligen Quadranten des Olfaktometers mit einer Testsubstanz im 1. Quadranten und Paraffinöl als geruchsfreie Kontrolle in den Quadranten 2 bis 4; n = 36.	47

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Vergleich der Menge an aufgenommenem Blattgewebe in Gramm von Fuchsschwanzgewächsen (Fam. Amaranthaceae) von ungepaarten weiblichen und männlichen <i>A. punctiventris</i> -Käfern im Zeitraum von 24 Stunden.	29
Abbildung 2 Vergleich der Fraßleistung in g von ungepaarten <i>A. punctiventris</i> -Weibchen über 24 Stunden an Kulturpflanzen aus verschiedenen Pflanzenfamilien; unterschiedliche Buchstaben über den Boxplots stehen für signifikante Unterschiede.	30
Abbildung 3 Vergleich der Menge an aufgenommenem Blattgewebe in Gramm (Mittelwert \pm SD) von Knöterichgewächsen (Fam. Polygonaceae) von ungepaarten weiblichen und männlichen <i>A. punctiventris</i> -Käfern im Zeitraum von 24 Stunden; unterschiedliche Buchstaben über den Boxplots stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Pflanzenarten (Tukey-Test).	31
Abbildung 4 Menge an aufgenommenem Blattgewebe in Gramm (Mittelwert \pm SD) von Fuchsschwanzgewächsen (Fam. Amaranthaceae) und <i>P. maculosa</i> (Fam. Polygonaceae) von gepaarten weiblichen <i>A. punctiventris</i> -Käfern im Zeitraum von 24 Stunden.	32
Abbildung 5 Vergleich der Fraßleistung (g) von Weibchen (Kleinbuchstaben) und Männchen (Großbuchstaben) von <i>A. punctiventris</i> an mit verschiedenen Heißwasserextrakten oder Azadirachtin behandelten Zuckerrübenblättern nach 24 Stunden. Säulen mit gleichen Buchstaben weisen keine signifikanten Unterschiede auf.	35
Abbildung 6 Vergleich der Fraßleistung (g) von gefütterten Weibchen (Kleinbuchstaben) und Männchen (Großbuchstaben) von <i>A. punctiventris</i> an mit verschiedenen Extrakten behandelten Zuckerrübenblättern nach 24 Stunden. Säulen mit gleichen Buchstaben weisen keine signifikanten Unterschiede auf.	36
Abbildung 7 Vergleich der Fraßleistung (g) von ungefütterten Weibchen (Kleinbuchstaben) und Männchen (Großbuchstaben) von <i>A. punctiventris</i> an mit verschiedenen Extrakten behandelten Zuckerrübenblättern nach 24 Stunden. Säulen mit gleichen Buchstaben weisen keine signifikanten Unterschiede auf.	36
Abbildung 8 Vergleich der Fraßleistung (g) von gefütterten Weibchen (Kleinbuchstaben) und Männchen (Großbuchstaben) von <i>A. punctiventris</i> an unterschiedlich behandelten Zuckerrübenblättern. Säulen mit gleichen Buchstaben weisen keine signifikanten Unterschiede auf.	38
Abbildung 9 Gewicht (g) der Larven von <i>A. punctiventris</i> , die sich an der jeweiligen Wirtspflanze im Zeitraum von 42 Tagen entwickeln konnten; unterschiedliche Buchstaben über den Boxplots stehen für signifikante Unterschiede zwischen den Pflanzenarten (Tukey-Test).	39
Abbildung 10 Anzahl der weiblichen Käfer, die beim Verlassen der zentralen Startzone die First choice-Linie zum jeweiligen Quadranten (1, 2, 3, 4) überschritten (erste Wahl); n = 45.	40

- Abbildung 11 Verweildauer (Sekunden) der weiblichen Käfer im jeweiligen Quadranten (1, 2, 3, 4); n = 45. 40
- Abbildung 12 Anzahl der weiblichen Käfer, die beim Verlassen der zentralen Startzone die First choice-Linie zum jeweiligen Quadranten (1, 2, 3, 4) überschritten (erste Wahl) und deren Verweildauer (Sekunden) im jeweiligen Quadranten; n = 36. 41

Literaturverzeichnis

Al Naggari, Y., Ghorab, M., Mohamed, K. (2017). Phytoecdysteroids: isolation and biological applications. American Journal of Life Sciences 5, 7-10

Ameys, M., Allmann, S., Verwaeren, J., Smagghe, G., Haesaert, G., Schuurink, R.C., Audenaert, K. (2018). Green leaf volatile production by plants: a meta-analysis. New Phytologist 22, 666-683

Anonymus (2023a, 07. Februar). Pflanzenschutzmittel-Register, Registerauszug, Öffentlicher Teil gemäß §5 Pflanzenschutzmittelverordnung 2011, BGBl. II Nr. 233. Quassia Extrakt MD. Abgerufen von <https://psmregister.baes.gv.at/psmregister/faces/faces/psm.jspx?locale=de&refNr=10044683>

Anonymus (2023b, 07. Februar). Pflanzenschutzmittel-Register, Registerauszug, Öffentlicher Teil gemäß §5 Pflanzenschutzmittelverordnung 2011, BGBl. II Nr. 233. NeemAzal –T/S. Abgerufen von <https://psmregister.baes.gv.at/psmregister/faces/faces/psm.jspx?locale=de&refNr=11015122>

Auersch, O. (1961a). Zur Kenntnis des Rübenderbrüsslers (*Bothynoderes punctiventris* Germ.), Teil I. Journal of Applied Entomology 49, 242-264

Auersch, O. (1961b). Zur Kenntnis des Rübenderbrüsslers (*Bothynoderes punctiventris* Germ.), Teil II. Journal of Applied Entomology 49, 50-77

Barker, J., Holaschke, M., Fulton, A., Evans, K., Powell, G. (2007). Effects of kaolin particle film on *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) behaviour and performance. Bulletin of Entomological Research 97, 455-460

Baumler, R. E., Potter, D. A. (2007). Knockdown residual, and antifeedant activity of pyrethroids and home landscape bioinsecticides against Japanese beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on linden foliage. Journal of Economic Entomology 100, 451-458

Bernays, E. A., Chapman, R. F. (1994). Host-plant selection by phytophagous insects. New York, USA: Chapman and Hall.

Berner, D., Blanckenhorn, W.U., Körner, C. (2005). Grasshoppers cope with low host plant quality by compensatory feeding and food selection: N limitation challenged. *Oikos* 111, 525-533

Bhadra, T., Mahapatra, C.K., Paul, S.K. (2020). Weed management in sugar beet: A review. *Fundamental and Applied Agriculture* 5, 147-156

Bindreiter, B. (2005). Untersuchungen zur Rüsselkäferproblematik bei Zuckerrübe in Österreich. Wien, Österreich: Universität für Bodenkultur Wien.

Bindreiter, B., Haluschan, M., Glauninger, J. (2005). Rüsselkäfer – die Problemschädlinge in Zuckerrübe. *Der Pflanzenarzt* 58(3), 12-14

Bokov, D., Sidorova, Y., Mazo, V., Bessonov, V. (2020). Prospects for the use of spinach (*Spinacia oleracea* L.) containing phytoecdysteroids and polyphenols. *Pharmacognosy Journal* 12, 246-250

Brendler, F., Holtschulte, B., Rieckmann, W. (2008). Zuckerrübe. Krankheiten, Schädlinge, Unkräuter. Bonn, Deutschland: AgroConcept GmbH.

Čamprag, D. (1984). Repina pipa (*Bothynoderes punctiventris* Germ.) i njeno suzbijanje. Serbien, Belgrad: Nolit.

Cioni, F., Maines, G. (2010). Weed control in sugar beet. *Sugar Tech* 12, 243-255

Dettner, K., Peters, W. (2003). Lehrbuch der Entomologie. Teil 1. Heidelberg, Berlin, Deutschland: Spektrum Akademischer Verlag.

Drmić, Z. (2016). The sugar-beet weevil (*Bothynoderes punctiventris* Germar 1824., Col.: Curculionidae): Life cycle, ecology and area wide control by mass trapping. Zagreb, Kroatien: Faculty of Agriculture, University of Zagreb.

Drmić, Z., Bazok, R., Satvar, M., Viric Gasparic, H., Lemic, D., Grubisic, D., Cacija, M. (2020). Efficacy of the EPNs (*Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1976) on sugar beet larvae (*Bothynoderes punctiventris* Germar 1824; Coleoptera: Curculionidae) in field conditions. *Journal of Central European Agriculture* 21, 649-656

Eitzinger, J., Kersebaum, C.K., Glauninger, J., Bauer, K., Grummer, B., Lexer, M., Freyer, B., Friedel, K.J. (2009). Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft. In J., Eitzinger, K.C.,

Kersebaum, F., Herbert (Hrsg.). Landwirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa (pp. 83-258). München, Deutschland: BLV Verlagsgesellschaft.

EPPO Global Database (2023, 07 Februar). *Bothynoderes punctiventris* (CLEOPU) Distribution. Abgerufen von <https://gd.eppo.int/taxon/CLEOPU/distribution>

Flores, G., Hilje, L., Mora, G.A., Carballo, M. (2008). Antifeedant activity of botanical crude extracts and their fractions on *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) adults: III. *Quassia amara* (Simaroubaceae). *Revista de Biología Tropical* 56, 2131-2146

Friedrich, S., Konietschke, F., Pauly, M. (2017). GFD: An R Package for the Analysis of General Factorial Designs. *Journal of Statistical Software* 79, 1-18

Glenn, D.M., Puterka, G.J. (2005). Particle film technology: a new technology for agriculture. In J. Janick (Ed.). *Horticultural Reviews* (Vol. 31, pp. 1-44). Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc.

Gökce, A., Isaacs, R., Whalon, M.E. (2012). Dose-response relationships for the antifeedant effects of *Humulus lupulus* extracts against larvae and adults of the colorado potato beetle. *Pest Management Science* 68, 476-481

Gökce, A., Stelinski, L.L., Nortman, D.R., Bryan, W.W., Whalon, M.E. (2014). Behavioral and electroantennogram responses of plum curculio, *Conotrachelus nenuphar*, to selected noxious plant extracts and insecticides. *Journal of Insect Science* 14, 1-11

Gosik, R., Sprick, P., Skuhrovec, J., Derus, M., Hommes, M. (2016). Morphology and identification of the mature larvae of several species of the genus *Otiorhynchus* (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae) from Central Europe with an update of the life history traits. *Zootaxa* 4108, 1-67

Grebenok, R.J., Venkatachari, S., Adler, J.H. (1994). Biosynthesis of ecdysone and ecdysone phosphates in spinach. *Phytochemistry* 36, 1399-1408

Gromova, G.A. (1965). K ekologii obicnavo sveklovicnavo dolgnosika. *Zakhist Roslin Kiev* 2, 42-50

Haluschan, M., Bindreiter, B. (2006). Zwischenergebnisse von Untersuchungen der Rüsselkäferprobleme in Zuckerrüben und mögliche Gegenmaßnahmen. In

Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel-, Veterinär- und Agrarwesen (ALVA) (Hrsg.).
Tagungsbericht 2006 (pp. 49-52). Wien, Österreich: ALVA.

Hertel, W., Hertel, W., Müller, P.-J. (2006). Physiological effects of the natural products quassin, cinnamaldehyde and azadirachtin on *Periplaneta americana* (L.). *Journal of Applied Entomology* 130, 323-328

Holzner, W. (1981). *Ackerunkräuter – Bestimmung, Verbreitung, Biologie und Ökologie*. Graz, Österreich: Leopold Stocker Verlag.

Holzner, W., Glauning, J. (2005). *Ackerunkräuter – Bestimmung, Biologie, landwirtschaftliche Bedeutung*. Graz, Österreich: Leopold Stocker Verlag.

Hori, M., Ohuchi, K., Matsuda, K. (2006). Role of host plant volatile in the host-finding behavior of the strawberry leaf beetle, *Galerucella vittaticollis* Baly (Coleoptera: Chrysomelidae). *Applied Entomology and Zoology* 41, 357-363

Jurenka, R., Russell, K., O’Neal, M. (2017). Phytoecdysteroids as antifeedants towards several beetles that include polyphagous and monophagous feeding guilds. *Pest Management Science* 73, 1633–1637

Kaiser, V. (2022). *Die Wirkung von Spinat- und Hopfenextrakt auf die Fraßaktivität des Rübenderbrüsslers *Asproparthenis (Bothynoderes) punctiventris**. Wien, Österreich: Universität für Bodenkultur Wien.

Klapal, H., Cate, P., Schlagenhafen, J. (2004) Witterung begünstigt den Rübenderbrüssler: Akute Gefahr im Rübenbau. *Der Pflanzenarzt* 57(3), 11-12

Klinghofer, G. (2018). Auch Bio-Rüben können die Rüsselkäferplage überleben. *AgroZucker-AgroStärke* 2018(2), 19

Konietschke, F., Placzek, M., Schaarschmidt, F., Hothorn, L.A. (2015). nparcomp: An R software package for nonparametric multiple comparisons and simultaneous confidence intervals. *Journal of Statistical Software* 64, 1-17

Leithner, A., Glauning, J. (2013). Burgenland: Die wichtigsten Unkrautprobleme in Zuckerrüben 2012. *Der Pflanzenarzt* 66(4), 22-24

Mayer, V. (2023). Fraß und olfaktorische Wahrnehmung ausgewählter Kulturpflanzen durch den Rübenderbrüssler *Asproparthenis punctiventris*. Wien, Österreich: Universität für Bodenkultur Wien.

Mayrhofer, M. (2018). Über den Rübenderbrüssler. Der Pflanzenarzt 71(11-12), 13-15

Mayrhofer, M., Eigner, H. (2020). Rübenderbrüssler: der aktuelle Stand. Der Pflanzenarzt 73(6), 12-13

Mody, K., Unsicker, S.B., Linsenmair, K.E. (2007). Fitness related diet-mixing by intraspecific host-plant-switching of specialist insect herbivores. Ecology 88, 1012-1020

Müller, K.R. (1957). Der Rübenderbrüssler *Bothynoderes punctiventris* Germ. Flugblatt der Biologischen Zentralanstalt der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin Nr. 23. Berlin, Deutschland: Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften.

Nagasawa, A., Matsuda, K. (2005). Effects of feeding experience on feeding responses to spinach in *Cassida nebulosa* L. (Coleoptera: Chrysomelidae). Applied Entomology and Zoology 40, 83-89

Paparella, A., Shaltiel-Harpaza, L., Ibdah, M. (2021). β -Ionone: its occurrence and biological function and metabolic engineering. Plants 10, 754

Petterson, J. (1970). An aphid sex attractant. I. Biological studies. Entomologica Scandinavica 1, 63–73

R Development Core Team (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Abgerufen von <http://www.R-project.org/>

Reitz, S.R., Maiorino, G., Olson, S., Sprenkel, R., Crescenzi, A., Momol, M.T. (2008). Integrating plant essential oils and kaolin for sustainable management of thrips and tomato spotted wilt on tomato. Plant Disease 92, 878-886

Rosner, K., Prosenitsch, P.M., Koschier, E. (2019). Rübenderbrüssler: Invasion Tullnerfeld. Der Pflanzenarzt 72(3), 13 -15

Sarkar, D. (2008). Lattice: Multivariate Data Visualization with R. New York, USA: Springer

- Said, I., Aldana de la Torre, R., Morin, J.-P., Rochat, D. (2006). Adaptation of a four-arm olfactometer for behavioural bioassays of large beetles. *Chemoecology* 16, 9-16
- Schmutterer, H. (1990). Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology* 35, 271-297
- Schroeder, R., Hilker, M. (2008). The relevance of background odor in resource location by insects: A behavioral approach. *BioScience* 58, 308-316
- Silva, C.A.D., Ramalho, F.S. (2013). Kaolin spraying protects cotton plants against damages by boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Pest Science* 86, 563-569
- Showler, A.T. (2002). Effects of kaolin-based particle film application on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) injury to cotton. *Journal of Economic Entomology* 95, 754-762,
- Skuhrovec, J., Volovnik, S., Gosik, R., Stejskal, R., Trnka, F. (2019). *Cleonis pigra* (Scopoli, 1763) (Coleoptera: Curculionidae: Lixinae): Morphological re-description of the immature stages, keys, tribal comparisons and biology. *Insects* 10, 325
- Soto, F., Hilje, L., Mora, G.A., Carballo, M. (2011). Phagodeterrence by *Quassia amara* (Simaroubaceae) wood extract fractions on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Revista de Biología Tropical*, 59(1), 487-499.
- Steiner, P. (1936). *Bothynoderes punctiventris* Germ. als Zuckerrübenschädling in der Türkei. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 29, 339-369
- Stöckl, C. (2018). Die Ackerbegleitflora bei konventioneller Bewirtschaftung im Weinviertel. Wien, Österreich: Universität für Bodenkultur Wien.
- Sun, Y., Yu, H., Zhou, J.-J., Pickett, J.A., Wu, K. (2014). Plant volatile analogues strengthen attractiveness to insect. *PLoS ONE* 9(6): e99142
- Susurluk, A. (2008). Potential of the entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae*, *S. weiseri* and *Heterorhabditis bacteriophora* for the biological control of the sugar beet weevil *Bothynoderes punctiventris* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Pest Science* 81, 221-225
- Taranuha, M.D. (1956). Plodovitost fiziologičeskaja harakteristika sveklovincavo dolgonostika v zavisimosti ok pitaniya. *Naucnie trudi Inst Entomologii i fitop* 7, 193-206

- Tielecke, H. (1952). Biologie, Epidemiologie und Bekämpfung des Rübenderbrüßlers (*Bothynoderes punctiventris* Germ.). Beiträge zur Entomologie 2, 256-315
- Tóth, M., Ujváry, I., Sivcev, I., Imrei, Z., Szarukán, I., Farkas, O., Gömöry, Á., Gács-Baitz, E., Francke, W. (2007). An aggregation attractant for the sugar-beet weevil, *Bothynoderes punctiventris*. Entomologia Experimentalis et Applicata 122, 125–132
- Trdan, S., Čuk, J., Požanel, A., Bavcon Kralj, M., Rot, M., Carlevaris, B., Žežlina, I., Vidrih, M., Laznik, Z., Bohinc, T. (2019). Field testing of different synthetic attractants for mass trapping of common European cockchafer (*Melolontha melolontha* [L.], Coleoptera, Scarabaeidae) adults. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B —Soil & Plant Science 69, 174-180
- Unsicker, S.B., Oswald, A., Köhler, G., Weisser, W.W. (2008). Complementary effects through dietary mixing enhance the performance of a generalist herbivore. Oecologia 156, 313-324
- Vet, L.E.M., Van Lenteren, J.C., Heymans, M., Meelis, E. (1983). An air flow olfactometer for measuring olfactory responses of hymenopterous parasitoides and other small insects. Physiological Entomology 8, 97-106
- Visser, J.H. (1988). Host-plant finding by insects: Orientation, sensory input and search patterns. Journal of Insect Physiology 34, 259-268
- Wechselberger, K. (2020). Schädlinge der Zuckerrübe: Neue Lösungen gesucht. Der Pflanzenarzt 73(3), 8-10
- Wyninger, R. (1974). Insektenzucht Methoden der Zucht und Haltung von Insekten und Milben im Laboratorium. Stuttgart, Deutschland: Verlag Eugen Ulmer
- Yanagi, S., Miyatake, T. (2003). Costs of mating and egg production in female *Callosobruchus chinensis*. Journal of Insect Physiology 49, 823-827.

Liste der Tagungsbeiträge und Veröffentlichungen von Projektergebnissen

Koschier, EH; Walzer, A. (2020). Von Jägern und Gejagten: Hitze und ihre Auswirkungen auf Schädlingspopulationen und die Räuber-Beute-Beziehung. BOKU-Das Magazin der Universität des Lebens 4, 20-21

Koschier, EH; Dittmann, L. (2021). Dem Rübenderbrüssler auf der Spur. Der Pflanzenarzt 74(2), 34-35

Dittmann, L; Koschier, EH. (2021). Untersuchungen zur Nahrungseignung von Nebewirtspflanzen für den Rübenderbrüssler *Bothynoderes punctiventris*. In Julius Kühn-Institut (Ed.), 62. Deutsche Pflanzenschutztagung : Gesunde Pflanzen in Verantwortung für unsere Welt ; 21. - 23. September 2021, Kurzfassungen der Vorträge und Poster (p. 506). Braunschweig: Julius Kühn-Institut.

Dittmann, L; Koschier, EH. (2021). Vergleiche zur Nahrungseignung verschiedener Wirtspflanzen für den Rübenderbrüssler *Asproparthenis punctiventris*. In: Arbeitsgemeinschaft für Lebensmittel, Veterinär- und Agrarwesen (Hrsg.), Landwirtschaft in der Zukunft – alles digital; Tagungsbericht 2021 (p.). Wien, Österreich: ALVA

Dittmann, L; Koschier, EH. (2021). Die Nahrungseignung verschiedener (Neben-)Wirtspflanzen für den Rübenderbrüssler. In: Österreichische Arbeitsgemeinschaft für integrierten Pflanzenschutz (Hrsg.), Tagungsband der 62. Österreichischen Pflanzenschutztagung (p. 41). Wien, Österreich: ÖAIP

Koschier, EH; Dittmann, L. (2022). Host plant selection and host use in the sugar beet weevil *Asproparthenis punctiventris*. 26th International Congress of Entomology, Helsinki, Finland, 17.07.2022 - 22.07.2022 (Posterpräsentation, Online-Abstract für Tagungsteilnehmer)

Koschier, EH; Dittmann, L. (2022). Suitability of different Amaranthaceae and Polygonaceae species as food sources for the sugar beet weevil *Asproparthenis punctiventris*. 26th International Congress of Entomology, Helsinki, Finland, 17.07.2022 - 22.07.2022 (Posterpräsentation, Online-Abstract für Tagungsteilnehmer)

Koschier, EH; Dittmann, L. (2022). Untersuchungen zur Wirtspflanzenwahl des Rübenderbrüsslers (*Asproparthenis punctiventris*). In: Österreichische Arbeitsgemeinschaft für integrierten Pflanzenschutz (Hrsg.), Tagungsband der 63. Österreichischen Pflanzenschutztagung (p. 44). Wien, Österreich: ÖAIP

Kaiser, V; Dittmann, L; Koschier, EH. (2022). Das Potential von Deterrents gegen den Fraß des Rübenderbrüsslers (*Asproparthenis punctiventris*) an der Zuckerrübe In: Österreichische Arbeitsgemeinschaft für integrierten Pflanzenschutz (Hrsg.), Tagungsband der 63. Österreichischen Pflanzenschutztagung (p. 31). Wien, Österreich: ÖAIP

Kaiser, V; Mayer, V; Dittmann, L; Koschier, EH. (2023). Die Speisekarte des Rübenderbrüsslers. Der Pflanzenarzt 76(3), in Druck

Danksagung

Die „Untersuchungen zur chemischen Ökologie und Wirtspflanzenselektion des Rübenderbrüsslers *Asproparthenis punctiventris*“ starteten unter den denkbar ungünstigsten Voraussetzungen – nämlich genau zu Beginn des 1. Lockdowns inmitten der COVID 19-Pandemie im März 2020. An dieser Stelle möchten sich die Projektleiterin und ihr Team bei all denjenigen bedanken, die mitgeholfen haben, damit dieses Forschungsprojekt dennoch in vollem Umfang durchgeführt und erfolgreich abgeschlossen werden konnte.

Ein herzliches Dankeschön gebührt...

...DI Martina Mayrhofer und den Mitarbeitern des AGRANA Research & Innovation Centers (ARIC) Tulln für die Bereitstellung einer großen Zahl an Käfern aus Fallen auf Flächen im Tullnerfeld.

...Ing. Ulrike Tauer und DI Katharina Neubacher (Institut für Pflanzenschutz) für tatkräftige Unterstützung bei den Projektarbeiten.

...Dr. Silvia Winter (Institut für Pflanzenschutz) und Dr. Rea Hall (Institut für Pflanzenbau) für Ratschläge zum Thema Unkräuter und für die Bestimmung von Pflanzen.

...Anton Reisenhofer (Staphyt Austria GmbH), Dr. Bernhard Krautzer (HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut für Pflanzenbau und Kulturlandschaft), Assoc. Prof. Dr. Reinhardt Neugschwandtner (Institut für Pflanzenbau), Ass. Prof. Dr. Helmut Wagentristl (Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf) und Dr. Georg Dobos (ZENO Projekte) für die Bereitstellung von Saatgut.

Ao.Univ.Prof. DI Dr. Elisabeth Helene Koschier

Universität für Bodenkultur Wien, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Institut für
Pflanzenschutz, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien

www.boku.ac.at