

Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz und
Abteilung für Pflanzenschutz
Universität für Bodenkultur, Wien

Untersuchungen der Einflüsse des Weißen- Senfs (*Sinapis alba* L.) und verschiedener Methoden auf Maikäferengerlinge (*Melolontha melolontha* L.)

Masterarbeit

**Zur Erlangung des akademischen Grades
Diplom-Ingenieurin der Bodenkultur**

Studienrichtung Phytomedizin

Vorgelegt von Margit Reimer, BSc

Wissenschaftliche Betreuung und Begutachtung

Ao. Univ. Prof. Dr. phil. Rudolf Wegensteiner
Ao. Univ. Prof. Dipl.–Ing. Dr. nat. techn. Elisabeth Koschier

Wien, im Juni 2015

Für meinen Vater
Engelbert Schaffer

Danksagung

Geduld, Gedankenaustausch und aufbauende Worte schenkte mir mein Ehemann Patrick, ein großes Dankeschön an Dich und Deine Ausdauer.

Es waren viele Tage die Ihr auf mich verzichten musstet, danke an meine Familie für Euer Verständnis.

Die wertschätzende Zusammenarbeit mit meinen mich betreuenden Professoren, am Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz Herrn Ao. Univ. Prof. Dr. phil. Rudolf Wegensteiner, sowie an der Abteilung für Pflanzenschutz Frau Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Elisabeth Koschier, ermöglichte mir in der Zeit der Erstellung dieser Masterarbeit mich weiter zu entwickeln, zu lernen und Neues zu erforschen. Dafür danke ich Euch!

Unterstützt wurde ich mit vollem körperlichen Einsatz sowohl von den Mitarbeitern des Institutes für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, von Frau Andrea Stradner, Frau Gabriele Motlik und Herrn Thomas Weinkopf, von den Mitarbeitern der Abteilung für Pflanzenschutz Herrn Johann Jung und Frau Anna-Theresa Planner, als auch von den Studienkolleginnen Frau Teresa Miglbauer und Frau Barbara Paichl. Auch Euch möchte ich meinen Dank aussprechen, denn ohne Eure Hilfe hätte ich die anfallende Arbeit nicht in dieser Zeit bewältigen können.

Entstanden ist diese Arbeit durch eine Anregung des Weinbauvereins Herrnbaumgarten. Ein großes Dankeschön an alle Mitglieder für die Ideen und die Fragestellungen die an die Mitarbeiter der Universität für Bodenkultur gerichtet wurden. Stellvertretend für alle Mitwirkenden möchte ich mich bei Herrn Siegfried Schwalm, Obmann des Weinbauvereins von Herrnbaumgarten, bedanken, welcher zur Zeit meiner Masterarbeit mein Ansprechpartner war. Danke auch an alle Mitglieder, welche vor Ort eifrig bei allen anfallenden Arbeiten mithalfen und auch an den Herrn Bürgermeister Christian Frank, welcher dieses Projekt unterstützte.

Des Weiteren möchte ich noch meinen Dank an Herrn Dr. Siegfried Keller richten, für die Bereitstellung seiner Literatur.

Zum Schluss möchte ich mich noch bei meiner Vorgesetzten Frau Barbara Allinger bedanken. Erst durch Deine Dienstplangestaltung wurde mein Studium möglich.

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG.....	I
ABSTRACT	II
1. EINLEITUNG	1
1.1. BIOLOGIE DES FELDMAIKÄFERS.....	2
1.2. BEGRENZUNGSFAKTOREN FÜR MAIKÄFER.....	5
1.3. BIOLOGIE DER SENFE	9
1.4. BIOFUMIGATION.....	11
1.5. ZIELE DER ARBEIT	16
2. MATERIAL UND METHODEN	17
2.1. VERSUCHSFLÄCHE	17
2.1.1. STANDORT DER VERSUCHSFLÄCHE.....	17
2.1.2. KLIMA UND NIEDERSCHLAG	19
2.2. FREILANDVERSUCHE.....	19
2.2.1. AUFBAU DES FREILANDVERSUCHES	19
2.2.2. BODENBEARBEITUNG	21
2.2.3. BODENVEGETATION.....	22
2.2.4. BODENGEWINNUNG UND SUCHE NACH INDIVIDUEN	23
2.3. LABORVERSUCHE	25
2.3.1. TROCKENTRICHTERMETHODE NACH DEM BERLESE-TULLGREN-PRINZIP	25
2.3.2. BODENFEUCHTEBESTIMMUNG.....	26
2.3.3. GALLERIA-KÖDER-METHODE	26
2.3.4. ZUCHTVERSUCH VON ENGERLINGEN	27
2.3.5. WAHLVERSUCH MIT ZERKLEINERTEN PFLANZEN	29
2.3.6. TOPFVERSUCH MIT GANZEN PFLANZEN	32
2.3.7. DATENAUSWERTUNG	33
3. ERGEBNISSE	35
3.1. ERGEBNISSE IM FREILAND.....	35
3.1.1. BEOBACHTUNG DER VERSUCHSFLÄCHE UND DER MAIKÄFER.....	35
3.1.2. AUSWERTUNG VON KLIMA- UND NIEDERSCHLAGSDATEN.....	37
3.1.3. BEOBACHTUNG DER BODENVEGETATION	39
3.1.4. ERGEBNIS GEFUNDENER INDIVIDUEN	40
3.2. ERGEBNISSE LABORVERSUCHE.....	44
3.2.1. ERGEBNIS TROCKENTRICHTERMETHODE NACH DEM BERLESE-TULLGREN-PRINZIP	44
3.2.2. ERGEBNIS BODENFEUCHTEBESTIMMUNG.....	45
3.2.3. ERGEBNIS GALLERIA-KÖDER-METHODE	46
3.2.4. ERGEBNIS ZUCHTVERSUCH VON ENGERLINGEN	50
3.2.5. ERGEBNIS WAHLVERSUCH MIT ZERKLEINERTEN PFLANZEN.....	51
3.2.6. ERGEBNIS TOPFVERSUCH MIT GANZEN PFLANZEN	52
4. DISKUSSION.....	55
4.1. BASISGRABUNG	56
4.2. GRABUNGEN 1 BIS 4	57
4.2.1. ENGERLINGSFUNDE	57
4.2.2. ENGERLINGSVERTEILUNG.....	59
4.3. LABORVERSUCHE	60
4.4. GANZHEITLICHE BETRACHTUNG	61
5. RESÜMEE UND AUSBLICK.....	64

LITERATURVERZEICHNIS.....	65
TABELLENVERZEICHNIS - TEXT	68
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	68
ANHANG.....	70
TABELLENVERZEICHNIS - ANHANG	70

Zusammenfassung

Schäden an landwirtschaftlichen Kulturen durch den Fraß von *Melolontha melolontha* L. und seiner Engerlinge sind in Teilen Österreichs wieder vermehrt zu beobachten.

In Herrnbaumgarten wurden Landwirte durch Einbußen an den jungen Rebkulturen aktiv und baten Mitarbeiter der Universität für Bodenkultur mittels Forschung, Fragen zu Bekämpfungsstrategien zu klären.

Ziel dieser dadurch entstandenen Masterarbeit war es, die Bekämpfungsmaßnahmen der Biofumigation und der Schwarzbrache gegen Maikäferengerlinge zu untersuchen. Dabei sollte überprüft werden, ob durch die Biofumigation mit *Sinapis alba* L. der Sorte Luna die Dichte der Engerlinge im Boden reduziert werden kann und ob durch die Bewirtschaftungsform der Schwarzbrache das Eiablageverhalten der Maikäferweibchen zu beeinflussen ist.

Um die Fragestellungen erforschen zu können wurden sowohl Freiland- als auch Laborversuche durchgeführt.

Bei dem durchgeführten Freilandversuch konnte kein Beweis erbracht werden, dass die Maßnahme der Schwarzbrache einen Rückgang der Anzahl der Engerlinge zur Folge gehabt hätte. Auf den durch Biofumigation bewirtschafteten Parzellen wurde eine geringere Anzahl an Engerlingen, als auf der Kontrollparzelle ausgezählt. Allerdings konnte eine abschreckende beziehungsweise abtötende Wirkung der Senfpflanzen auf die Engerlinge im Labor nicht nachgewiesen werden.

Im Laufe der durchgeführten Laborversuche konnte beobachtet werden, dass durch die Senfpflanzen der Sorte Luna bei Engerlingen im Larvenstadium L3 keine Repellent-Wirkung erzielt werden konnte. Bei der Verfütterung von Senfwurzeln über einen Zeitraum von einem Monat im Vergleich zu Engerlingen die im selben Zeitraum mit Graswurzeln gefüttert wurden, konnten ebenfalls keine Unterschiede festgestellt werden.

Allerdings dürften die im Zuge der Biofumigation durchgeführten Bodenbearbeitungsformen einen Einfluss auf das Bodenleben ausgeübt haben und somit auch in weiterer Folge beschränkend auf die Anzahl der Engerlinge gewirkt haben.

Abstract

Recently, an increase in feeding damage caused by *Melolontha melolontha* L. and its grubs has been observed in parts of Austria. In Herrnbaumgarten, after suffering losses to their young vines, agriculturalists decided to take action and asked the University of Natural Resources and Life Sciences to identify pest control strategies.

The aim of this MA thesis was to investigate two of these measures, namely biofumigation and bare fallows. In particular, it was examined whether biofumigation by *Sinapis alba* L. var. Luna will reduce grub density in the soil, and whether husbandry employing bare fallows may negatively influence oviposition. In order to answer these questions, both laboratory experiments and field trials were conducted.

In the latter, no reducing effect of bare fallow cultivation on the number of cockchafer grubs could be ascertained, while plots treated with biofumigation did show a lower number of grub than untreated plots. However, laboratory tests could not establish any deterrent or killing effect of the mustard plants on the grubs – in the course of these tests, the Luna mustard plants did not exert any repellent effect on third-instar grubs. Furthermore, no differences could be detected between grubs fed on mustard roots over the period of one month and grubs fed on grass roots over the same period.

It is possible, however, that the forms of tillage undertaken in the course of biofumigation may have influenced the biological activity of the soil and, consequently, may also have resulted in a decrease in the number of grubs in it.

1. EINLEITUNG

Melolontha spp. der Maikäfer, ist ein land- und forstwirtschaftlicher Schädling, welcher in Österreich in den letzten Jahren wieder an Bedeutung gewonnen hat (Perny und Steyrer 2013, 13). In Österreich werden seit 1961 anhand konkreter Fluggebiete sogenannte Maikäferkarten erstellt. Durch diese Aufzeichnungen kann ein Anstieg der Maikäferpopulation seit 2007 registriert werden (Kahrer et al. 2011, 6f).

Melolontha melolontha (Feldmaikäfer) und *M. hippocastani* (Waldmaikäfer) gehören zur Familie der *Scarabaeidae* (Blatthornkäfer) und sind in Mitteleuropa die wichtigsten Vertreter ihrer Art. Sie sind nahe verwandt und zeigen äußerlich nur geringe Unterscheidungsmerkmale. Eines davon ist das Hinterleibsende, das sogenannte Pygidium, welches bei *M. melolontha* länglich, ausgezogen in der Breite gleichbleibend ist und bei *M. hippocastani* etwas kürzer und am Ende knopfartig schließt (Schwerdtfeger 1981, 155f).

Die bereits um 1900 erstellten Aufzeichnungen über Maikäferbestände veranschaulichen die Bedeutung dieses Schädlings im land- und forstwirtschaftlichen Bereich. Vor allem die im Boden lebenden Larven, die Engerlinge, beeinträchtigen durch ihren Wurzelfraß Kulturpflanzen in großem Ausmaß. Die adulten Käfer verringern zwar durch den Fraß an dem frisch ausgetriebenen Laub der Bäume den Holzzuwachs, jedoch sind die wirtschaftlichen Einbußen in der Forst- und Landwirtschaft durch die Engerlinge weitreichender. In dem Buch „Der Maikäfer“ werden unter anderem Sammelergebnisse dieser Insekten aus österreichischen Gemeinden dokumentiert. Auch die Gemeinde Herrnbaumgarten findet sich in diesen Aufzeichnungen. 1912, welches als starkes Flugjahr beschrieben wurde, konnten 23.390 kg Maikäfer in Herrnbaumgarten gesammelt werden. Drei Jahre später, 1915, wurden in den Aufzeichnungen wieder große Maikäferschwärme dokumentiert, jedoch werden keine weiteren Sammelergebnisse genannt (Zweigelt 1928, 289f).

1.1. Biologie des Feldmaikäfers

Vor 1900 wurde der Feldmaikäfer in der Literatur als *Melolontha vulgaris* bezeichnet. Ab Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts allerdings wurde dieser Name durch das Synonym von *M. melolontha* abgelöst. In älteren Schriften ist aber durchaus noch die ursprüngliche Benennung zu finden (Krell 2004, 211).

Durch seine beachtliche Größe von bis zu 30 Millimeter Länge und seiner am Abdominalgement auffälligen weißen dreieckigen Zeichnung ist *M. melolontha* im Frühjahr bei seinem Ausschwärmen gut sichtbar (Schwerdtfeger 1981, 156).

Die Unterscheidung zwischen den männlichen und den weiblichen Käfern ist einfach und lässt sich makroskopisch durchführen. Die Fühlerfächer beim Männchen bestehen aus sieben Gliedern und sind viel länger als die Fühlerbasis. Beim Weibchen bestehen die Fühlerfächer aus nur sechs Gliedern und sie sind kürzer oder annähernd so lange wie die Fühlerbasis. Auch ist bei näherer Betrachtung sichtbar, dass das Pygidium beim männlichen Käfer länger und kräftiger ausgeprägt ist, als beim weiblichen Käfer (Krell 2004, 211f).

Die eigentliche Lebensdauer der adulten Maikäfer wird als sehr unterschiedlich beschrieben. Bei Temperaturen unter 20 °C leben die Käfer meist länger. Bei Laborversuchen konnte die Lebensdauer eines unbefruchteten Weibchens bei 12 °C mit 73 Tagen beobachtet werden. Es wurde der Tag des Auskriechens aus der Erde, als Tag Nummer eins gezählt. In der Regel wird aber die Lebenserwartung mit circa einem Monat beschrieben, wobei das Männchen im Durchschnitt kürzer lebt als das Weibchen (Schwerdtfeger 1938, 4).

Die ökologischen Ansprüche von *M. melolontha* weisen auf sein Ausbreitungsgebiet hin. Eine ausreichende Bodenfeuchte zur erfolgreichen Entwicklung und gemäßigte Temperaturen sind für ihn nötig, um sich erfolgreich vermehren zu können. Je nach äußeren klimatischen Bedingungen durchläuft *M. melolontha* eine drei bis vierjährige Entwicklung. Im Osten Russlands konnten bei *M. melolontha* fünfjährige Zyklen und bei *M. hippocastani* sogar Zyklen von fünf bis sechs Jahren beobachtet werden. Nach seinem abgeschlossenen Entwicklungszyklus kriecht *M. melolontha* als adulter Käfer aus dem Boden. Dazu müssen für zwei Tage in Folge die Temperaturen, in einer Bodentiefe von 10-20 cm, 10 bis 11 °C erreichen. Zudem muss die Gonadenentwicklung nach der Diapause ausreichend fortgeschritten sein. Beim weiblichen Käfer würde das bedeuten, dass fünf Eianlagen je Eischlauch ausgebildet sind, beim männlichen Käfer müssen die Kontraktion der Testes, sowie das Auffüllen der Samenleiter möglich sein (Niklas 1974, 97ff).

Das Ausfliegen aus dem Boden erfolgt demnach meist Ende April bis Anfang Mai. Die Männchen kommen in der Regel früher als die Weibchen aus dem Boden und suchen nach

Nahrungsquellen. Frisch ausgetriebene Laubhölzer werden gegenüber Nadelgehölz bevorzugt. Der Reifungsfraß gestaltet sich verschwenderisch (Schwerdtfeger 1981, 156).

Beim Aufsuchen der Bäume für den Reifungsfraß treten die Käfer in Schwärmen auf, welche in der Regel zur Dämmerung zu beobachten sind. Dabei dürfte die Windströmung nur eine untergeordnete Rolle spielen. Die Fernorientierung wird in erster Linie durch optische Reize ausgelöst und erst im Nahbereich wählt der Käfer durch olfaktorische und geschmackliche Wahrnehmung seine Futterpflanze aus. Das Auffinden der Fraßstellen lässt sich durch das wahrnehmen von Kontrasten der Baumgruppen zum Abendhimmel erklären, schlüssige Hypothesen welche das Wiederauffinden des Brutplatzes erklären, gibt es allerdings nicht (Schneider 1967, 256).

Nach dem Reifungsfraß erfolgt sofort die Paarung, welche über mehrere Stunden andauern kann. Das Weibchen setzt dabei meist den Fraß fort. Es erfolgt in der Regel eine Mehrfachpaarung. Nach circa 14 Tagen beginnt der Rückflug zu der Ausgrabungsstelle, welche nun zur Eiablage genutzt wird (Niklas 1974, 100).

Das Weibchen gräbt sich in den Boden und legt ihre Eier in einer Tiefe von bis zu 30 cm in Häufchen von 20 bis 40 Eier ab. Nach drei bis vier Tagen erscheint der Käfer wieder an der Erdoberfläche. Nun sucht er erneut Fraßbäume auf und nach weiteren zehn Tagen ist das Weibchen wieder bereit sich im Boden zu vergraben, um Eier abzulegen. Dieser Vorgang kann auch noch ein drittes bzw. viertes Mal wiederholt werden, kommt aber eher selten vor und mit geringerer Eistückzahl (Schwerdtfeger 1981, 156).

Der weibliche Käfer zeigt zur Eiablage bei der Bodenwahl Präferenzen. Stark mit Steinen durchsetztes Bodensubstrat, aber auch bewuchsfreier oder zu stark verkrauteter Boden wird weitgehendstes gemieden. Bevorzug werden in erster Linie Flächen mit Bewuchs von *Taraxacum officinale* (Löwenzahn), aber auch *Tussilago farfara* (Huflattich) wird gerne aufgesucht. Bemerkenswert ist aber, dass Engerlinge, welche an den Wurzeln des Löwenzahns fressen, sich sowohl besser entwickeln, als auch eine bessere Überlebensrate aufweisen, als beim Fressen von Wurzeln von anderen Pflanzen, wie zum Beispiel *Sonchus arvensis* (Acker-Gänsedistel) oder *Anthriscus sylvestris* (Wiesen-Kerbel) (Hauss und Schütte 1978, 170ff).

Die frisch abgelegten Eier sind länglich-oval und vergrößern sich in der Zeit ihrer Entwicklung um das Fünffache. Die daraus resultierende Feuchtigkeitsabhängigkeit lässt auch den Schluss zu, dass bei heißen, trockenen Sommern eine hohe Eimortalität zu erwarten ist (Niklas 1974, 101f). Die Embryonalentwicklung dauert in etwa sechs Wochen. Diese ist stark von der Umgebungstemperatur und der Bodenfeuchte abhängig. In Versuchen konnte nachgewiesen werden, dass nur bei ausreichender Feuchtigkeit eine Volumsvergrößerung der Eier

möglich ist. Ist das Gelege allerdings mit Wasser bedeckt, kann die Embryonalentwicklung nicht abgeschlossen werden, als Ursache wird Sauerstoffmangel angenommen (Schuch 1938, 221ff).

Die frisch geschlüpften jungen *Melolontha*-Larven (L1) ernähren sich anfangs von feinen Wurzelfasern und Humusstoffen (Schwerdtfeger 1981, 156). Angelockt werden sie durch CO₂, welches von den Wurzeln ausgeschieden wird. Wobei festzuhalten ist, dass die Wurzeln der verschiedenen Pflanzen individuelle Exsudate absondern, welche die *Melolontha*-Larven differenzieren und somit die Hauptattraktivität zur Nahrungsfindung darstellt (Eilers 2012, 84).

Die Unterscheidung der Engerlinge von anderen Larven der Familie der *Scarabaeoidea* kann durch die Beurteilung des Hinterleibes erfolgen. Die Larven des Maikäfers haben ein unverwechselbares Borstenmuster, welches bei allen drei Larvenstadien gleich ausgebildet ist. Dieses Borstenmuster stellt sich durch eine paarige Reihe dar, welche gut zwei Drittel der Länge des letzten Sternits ausmacht und im rechten Winkel auf die quergebogene Afterspalte trifft. Allerdings ist die Unterscheidung zwischen den einzelnen *Melolontha*-Arten äußerst schwierig. Ihre Ähnlichkeit im Larvenstadium ist, im Gegensatz zu adulten Käfern, sehr auffällig (Krell 2004, 213ff).

Ende August findet bereits die erste Häutung zum zweiten Larvenstadium statt (L2). In den Wintermonaten zieht sich der Engerling in tiefere Bodenschichten, bis über einen Meter, zurück. Im nächsten Jahr erfolgt die Reifung zum dritten Larvenstadium (L3). Der größte Schaden entsteht jetzt, im zweiten Fraßjahr, ein Jahr vor der Verpuppung. Zur Fraßzeit, von Mai bis September, bewegt sich der Engerling meist in einer Tiefe von 10 bis 20 cm. Nur äußere Faktoren, wie zum Beispiel Dürre, lassen ihn zu dieser Zeit tiefer abwandern. In horizontaler Richtung entfernt er sich allerdings nur maximal 4,5 Meter von seinem Schlupfort. *M. melolontha* vermehrt sein Ausgangsgewicht im Laufe seiner Entwicklung um das 100fache. Ein sicheres Unterscheidungsmerkmal der unterschiedlichen Larvenstadien ist die Breite der Kopfkapsel. Das Larvengewicht lässt allerdings nur Rückschlüsse über die Larvenentwicklung zu und gilt nicht als sicheres Merkmal (Tabelle 1). Die Verpuppung der L3 findet in den Sommermonaten statt und es folgt eine circa zwei monatige Puppenruhe. Der Käfer verbleibt in der Verpuppungshöhle und überwintert auch dort, um im folgenden Frühjahr bei entsprechenden Bodentemperaturen wieder an die Oberfläche zu kriechen (Niklas 1974, 99ff).

Tabelle 1: Larvenstadien von *M. melolontha* anhand des durchschnittlichen Gewichts und der durchschnittlichen Kopfkapselbreite in Anlehnung an Niklas (1974, 102) und Krell (2004, 216).

Larvenstadien Durchschnittswerte	L1	L2	L3
Gewicht (in g)	0,025 – 0,15	0,15 – 0,8	0,8 – 3,8
Breite der Kopfkapsel (in mm)	2,1 – 3,1	3,7 – 5,0	6,2 – 7,6

1.2. Begrenzungsfaktoren für Maikäfer

Durch seinen ausgeprägten Massenwechsel sorgt der Maikäfer immer wieder für Aufsehen. Perioden von starkem Auftreten werden wiederum von Zeiten abgelöst, in denen er kaum in Erscheinung tritt. Solche Zyklen können Zeiträume von 45 Jahre umspannen und die Ursachen sind fraglich (Schwerdtfeger 1981, 157).

Nahrungs- und Raummangel werden als die wichtigsten Dichteregulatoren angeführt und könnten eine Ursache für den zyklischen Verlauf der Abundanzdynamik sein. Bei Fütterungsversuchen konnte festgestellt werden, dass gerade Engerlinge im L1-Stadium zur weiteren Entwicklung auf für sie entsprechende Nahrungsqualität angewiesen sind. Bei zu hohen Engerlingsdichten erwies sich ein daraus resultierender Mangel an Nahrungsangebot als limitierend. Als geeignete Futterpflanze mit hoher Überlebensrate erwies sich *Taraxacum officinale* (Hauss und Schütte 1976, 129ff).

Klimatische Verhältnisse wirken auf den Käfer beschränkend. Der Tod tritt bei einer Temperatur von -4 °C ein. Deshalb kann sich der Maikäfer auch nur an solchen Orten etablieren an denen er von der Bodenstruktur in den Wintermonaten tief genug in das Erdreich eindringen kann (Schwerdtfeger 1981, 157).

Während der Flugzeit des Käfers können Schlechtwettereinbrüche einen Einfluss auf Eireife, verringerte Eizahl oder eine verkürzte Lebensdauer ausüben. Auch die abgelegten Eier und

die L1 Larven sind von den Witterungsfaktoren stark abhängig. L2 und L3 Larven haben bereits die Möglichkeit bei Störungen in tiefer gelegene Bodenschichten einzudringen (Niklas 1974, 103).

Durch landwirtschaftliche Kultivierungsmaßnahmen können vor allem empfindliche frühe Stadien stark dezimiert werden. Populationen werden durch mechanische Einflüsse zwischen 10 % und 95 % gesenkt. Dazu zählt außer der Bodenbearbeitung auch die Beweidung. Zu bedenken ist aber, dass bei einer bestehenden Kultur die mechanische Bearbeitung beschränkt ist und dass durch das Eingreifen in das Bodensubstrat auch Antagonisten des Maikäfers, wie zum Beispiel der Laufkäfer, dezimiert werden (Traugott 2003, 8).

Eine Annahme der Reduktion der Maikäfer durch landwirtschaftliche Maßnahmen ist der Einsatz von Wurzelfungiziden. Da die *Melolontha*-Larven zur Verwertung ihrer Nahrung symbiontische Darmbakterien benötigen, besteht die Vermutung, dass durch den Einsatz von Chemikalien diese Darmbakterien gestört bzw. zerstört werden und so auch die Entwicklung des Engerlings Schaden nimmt (Reichholf 1993, 395f).

Das Absammeln der Maikäfer wurde als Bekämpfungsstrategie bis in die Nachkriegsjahre eingesetzt, eine merkliche Verringerung der Population konnte dadurch aber nicht beobachtet werden. 1937 wurde zum Beispiel im deutschen Saargebiet eine große Käfersammelaktion gestartet. Jedoch die erhofften Erfolge mit einem Rückgang der Population im Jahr 1940 stellten sich nicht ein, ganz im Gegenteil, 1940 konnte als sehr starkes Flugjahr eingestuft werden (Blunck und Neu 1942, 37).

Erfolge wurden erst mit dem Einsatz von chemischen Substanzen ab der Mitte des 20ten Jahrhunderts verzeichnet. Die verwendeten Chlorkohlenwasserstoffe wie DDT und Lindan waren durchaus effektiv (Stephan et al. 2011, 24).

Die daraus resultierenden Schäden auf die menschliche Gesundheit und das Ökosystem, müssen jedoch in dieser Arbeit nicht näher diskutiert werden.

Für einige Tierarten ist der Maikäfer eine wichtige Nahrungsquelle. Dazu zählen *Microchiroptera* (große Fledermausarten) verschiedene Vögel wie zum Beispiel *Caprimulgus europaeus* (Ziegenmelker), *Jynx torquilla* (Wendehals) und andere Spechtarten, aber auch Greifvögel wie *Falco subbuteo* (Baumfalke) (Harthun 2006, 2). Die Engerlinge und die Käfer werden auch gerne von *Sturnidae* (Star), *Corvidae* (Krähen- und Rabenvögel) gefressen (Niklas 1974, 107).

Am und im Boden jagen *Soricidae* (Spitzmaus), *Erinaceidae* (Igel), *Mus* (Maus), *Talpidae* (Maulwurf), aber auch größere Säuger, wie *Sus scrofa* (Wildschwein), nach ihnen. Als Begrenzungsfaktoren sind wahrscheinlich die Vögel am bedeutendsten. Als wichtigste Raubin-

sekten sind *Carabidae* (Laufkäfer) und *Formicidae* (Ameise) zu nennen, die den adulten Käfer am Boden erbeuten, die Engerlinge werden von *Elateridae* (Schnellkäferlarve) dezimiert (Niklas 1974, 107).

Große Bedeutung und durchaus ein limitierender Faktor bei den Erkrankungen des Maikäfers ist eine Infektion durch Rickettsien, der sogenannten „Lorscher Seuche“ (*Rickettsiella melolonthae*). Die Namensgebung erfolgte nach der im Südwesten von Deutschland gelegenen Stadt Lorsch, da 1932 hier die ersten Beobachtungen der Symptome dieser Erkrankung beschrieben wurden. Bei über 800 untersuchten toten Individuen im Zeitraum von 1954 bis 1959 war mehr als die Hälfte der nachgewiesenen Todesursache der Erreger *Rickettsiella melolonthae*. An zweiter Stelle, mit circa 20 % waren Nematoden der Grund des Verendens, danach folgte mit etwa 13 % Pilzerkrankungen und mit 8 % die durch Viren verursachte „Wassersucht“. Das hierfür verwendete Untersuchungsmaterial stammte zum Teil aus Freilandgrabungen aus Lorsch und aus Laborzuchtungen in Darmstadt. Alle Stadien des Maikäfers können durch die Rickettsien infiziert werden. Das auffälligste Symptom zeigt sich durch eine Verhaltensänderung der Insekten. Sie kommen bei Befall im Herbst an die Bodenoberfläche und es ist eine milchig, bläuliche Verfärbung zu beobachten (im Labor oft nicht so stark ausgeprägt). Von der Vitalität zeigt sich, dass der Turgor schwächer wird, die Bewegung abnimmt und letztendlich der Tod eintritt (Niklas 1960, 17f).

Bei Untersuchungen zur Bekämpfung des Maikäfers versuchten Forscher eine synergetische Wirkung von Rickettsien und entomopathogene Nematoden anhand von Larven des Waldmaikäfers nachzuweisen. Es stellte sich heraus, dass die mit Rickettsien infizierten *Melolontha*-Larven, um das drei bis sechsfache anfälliger sind, durch *Heterorhabditis bacteriophora* befallen zu werden. Gleichzeitig konnte dabei aber auch beobachtet werden, dass in Engerlingen mit Rickettsienbefall nicht nur die Rate der Reproduktion der Nematoden geringer, sondern auch die symbiotische Wirkung zwischen Nematoden und ihren Bakterien eingeschränkt ist. Eine Begründung dafür könnte die Verwertung des Fett-Eiweißkörpers durch die Rickettsien sein, welcher dann nur mehr in eingeschränkter Form den Nematoden zur Verfügung steht. In Folge wurde auch versucht, ob die Lorsche Krankheit durch Nematoden übertragen werden kann. Wenn zu Brei verarbeitete Nematoden aus infizierten Larven an gesunde Engerlinge verfüttert wurden, traten nach circa zwei Monaten in 20 % der Fälle typische Symptome auf. Wurden allerdings die Nematoden aus erkrankten Larven extern appliziert, konnte keine einzige Infektion durch Rickettsien nachgewiesen werden (Berner und Schnetter 2006, 183ff).

Die Wirksamkeit von Nematoden zur Bekämpfung des Maikäfers wird als eingeschränkt beschrieben. Die Gattungen *Heterorhabditis* und *Steinernema*, es handelt sich dabei um entomopathogene Nematoden, werden bereits mit Erfolg zur Dezimierung von *Phyllopertha horticola* (Gartenlaubkäfer) gezüchtet und verwendet. Um auch bei *M. melolontha* erfolgreich zu sein, wird versucht, Nematoden mit erhöhter Infektiosität zu selektieren. Dabei stellte sich heraus, dass zum einen der Waldmaikäfer weniger anfällig für Nematoden ist als der Feldmaikäfer und zum anderen, dass *Steinernema* Stämme aus den USA und aus Marokko am besten, mit einer Mortalität von bis zu 60 %, wirksam sind (Berner und Schnetter 2001, 1ff).

Auch in Georgien wurde ein *Steinernema* Stamm erfolgreich im Labor zur Bekämpfung gegen den Waldmaikäfer getestet. Dabei wurde das Augenmerk auf die Dosis und den Eintritt des Todes gelegt. Bei einer Steigerung der Nematoden Anzahl von 500 auf 1500 Individuen pro Milliliter Wasser, konnte die Mortalität von 60 % auf 100 % erhöht und der Eintritt des Todes beschleunigt werden (Lortkipanidze et al. 2011, 156).

In Ungarn wurde der Versuch unternommen, heimische Nematodenstämme zur Bekämpfung des Maikäfers zu selektieren. Als vielversprechend erwies sich ein *Heterorhabditis* Stamm. Es zeigte sich allerdings, dass die Mortalität stark von der Temperatur und der Nematoden-Ausbringungsmenge abhängig ist. Diese Parameter und eine ausreichende Feuchtigkeit des Bodensubstrates lassen auf die Schwierigkeiten rückschließen, welche im Freilandversuch für einen effektiven Einsatz zu erwarten sind (Lakatos und Toth 2006, 76).

Auch in einer Studie aus der Türkei wird ausdrücklich auf die Temperatur als wichtigster abiotischer Faktor bei der Bekämpfung der Engerlinge mit Hilfe von Nematoden hingewiesen. Im Unterschied zu den Forschungsergebnissen aus Ungarn, konnten jedoch effektivere Resultate bei höheren Temperaturen erzielt werden, allerdings wurden auch andere Nematodenstämme als in Ungarn getestet (Erbaş et al. 2014, 190ff).

Parasitierung durch *Diptera* und *Hymenoptera* sind als Begrenzungsfaktoren bedeutungslos. Wespen können jedoch durch die Aussaat von Blütenpflanzen, die als Nahrungsquelle der Adulten dienen, gefördert werden (Niklas 1974, 107).

Als natürlicher Gegenspieler des Maikäfers ist der Pilz *Beauveria brongniartii* schon seit über 100 Jahren bekannt. Das Besondere seiner Wirksamkeit gegenüber allen Stadien des Maikäfers ist seine Spezifität, denn andere Blatthornkäfer werden von ihm kaum infiziert. Kommerzielle Produkte sind unter anderem auch für Österreich im Handel erhältlich (Stephan et al. 2011, 24).

In der Schweiz wurde versucht, durch das Ausbringen von Blastosporen von *B. brongniartii* mittels Hubschrauber, eine Infektion der adulten Maikäfer und deren Larven zu erzielen. Die

Pilzisolat stammten aus verschiedenen Regionen der Schweiz. Nach der mehrmaligen Behandlung der Versuchsflächen konnte während des Versuchszeitraumes sowohl eine Etablierung des Pilzes, als auch ein Anstieg der Infektionsrate festgestellt werden (Keller et al. 1997, 105ff).

Aus den bisherigen Beobachtungen und Erfahrungen der Pilzanwendung kann geschlussfolgert werden, dass *B. brongniartii* vor allem eine Mittel- bis Langzeitwirkung hat. Es empfiehlt sich die Applikation des Pilzes mehrfach vorzunehmen. Engerlingsbestände können durch seine Ausbringung durchaus dezimiert werden (Zimmermann 2010, 170f).

1938 wird berichtet, dass „abschreckende Pflanzen“ in Kombination mit mechanischen Maßnahmen eine Möglichkeit der Reduktion der Maikäferpopulation sein könne. Dazu wird unter anderem der Anbau von *Sinapis alba* (Weißer Senf) empfohlen. Dieser soll in blühendem Zustand untergepflügt werden und die folgende Entstehung von gasförmigem Schwefelwasserstoff soll eine abtötende Wirkung auf die Engerlinge ausüben (Blunck 1938, 253ff).

Labor- und Freilandversuche mit Senföl zeigten, dass diese Substanz durchaus effektiv gegen die Maikäferengerlinge wirkt. Nach 28 Tagen konnte eine Abtötung von über 90 % der dabei verwendeten L3 Larven beobachtet werden. Allerdings wurde durch den hohen Kostenaufwand diese Maßnahme in Frage gestellt (Thalenhorst 1937, 16).

1.3. Biologie der Senfe

Die Familie der *Brassicaceae* (Kreuzblütler), zu ihnen zählen auch Vertreter der Gattung *Sinapis* (Senfe), ist mit 55 Gattungen und über 200 Arten in Mitteleuropa angesiedelt. Die meisten von ihnen sind Ruderalpflanzen. Ein typisches Erkennungsmerkmal sind die 4-zähligen Blüten, welche kreuzweise zueinander angeordnet sind. Dies erklärt auch die Namensgebung. Ihre Blätter sind wechselständig angeordnet und von der Wuchsform bilden sie sich zu Sträuchern, selten auch zu Halbsträuchern aus. Zwischen den Fingern zerriebene Blätter geben den Geruch von scharfen Aromen frei, welche unter anderem knoblauch-, senf- oder auch kresseartig sein können (Lüder 2011, 344).

Zu den Senfen zählen vier Arten. *Sinapis arvensis* (Acker-Senf) mit neun Chromosomen, *S. alba* (Weißer-Senf) und *S. flexuosa* mit je 12 Chromosomen und *S. pubescens* mit neun Chromosomen. Alle vier genannten Arten stammen aus der Erb-Linie vom *Brassica nigra* (Schwarzer Senf). Die vier Senfarten sind zwar nahe miteinander verwandt, unterscheiden sich aber sowohl durch ihren Phänotyp als auch durch ihre Inhaltsstoffe (Warwick und Hall 2009, 25f).

S. alba, manchmal auch als Gelber-Senf bezeichnet, ist eine einjährige Pflanze mit hellgelben Blüten, deren Wuchshöhe bis zu 120 cm erreichen kann. Sie stammt aus dem Mittelmeerraum und gilt als verwilderte Kulturpflanze. Ihre bevorzugten Standorte sind sonnige Plätze auf nährstoffreichen Böden (Lüder 2011, 344ff).

Ihr Blütenstand erscheint als lockere Traube. Bei Betrachtung der Einzelblüte ist zu sehen, dass die Kelchblätter um die Hälfte kürzer sind als die Kronenblätter und alternierend zu diesen stehen. Im Zentrum der Blüte stehen vier innere längere und zwei äußere kürzere Staubblätter. Der Fruchtknoten liegt oberständig. Durch Anatomie und Physiologie der Blüte kommt es überwiegend zur Fremdbefruchtung, eine Selbstbefruchtung kann aber stattfinden. Die Dauer des Blühens beträgt circa drei Tage, wobei die Blüten in der Reihenfolge von unten nach oben blühen. Die Vegetationszeit vom sommerannuellen *S. alba* beträgt in der Regel 90-120 Tage (Heyland et al. 2006, 174).

S. alba wird zur Gründüngung angebaut und ist weit verbreitet. Er bildet abgeflachte, schwertförmige, typisch geschnäbelte Schoten aus, deren Schale mit steifen Haaren besetzt ist. Die Blätter sind im oberen Abschnitt der Pflanze tief buchtig gezähnt. *S. alba* enthält das p-Oxybenzylsenfö. Diese nicht flüchtige Substanz wird beim Verzehr auf der Mundschleimhaut als scharf, brennend wahrgenommen (Aichele und Schwegler 2000, 385).

Eine allgemeine Eigenschaft der Kreuzblütler sind ihre Inhaltsstoffe die sogenannten Glukosinolate, welche auch als Senföle bezeichnet werden. Es handelt sich dabei um sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe. Diese vielfältige Gruppe ergibt sich aus der variablen Seitenkette der chemischen Struktur. Es entstehen daraus 120 Einzelgruppen. Eine weitere Gemeinsamkeit der Glukosinolate zur variablen Seitenkette sind die β -Thiolglucosegruppe und eine sulfonierte Oximgruppe (Haller et al. 2013, 228).

Diese Glukosinolate können nun als Vorstufe von Aromastoffen bezeichnet werden. Ihre Inhaltsstoffe werden durch Glukosidierung stabilisiert. Erst durch enzymatische Wirkung wird die glykosidische Bindung aufgelöst, was nun für den Menschen, durch den sich ausbildenden scharfen Geruch, wahrnehmbar wird (Bäumler 2007, 28).

Durch spezielle Pflanzenzüchtung wird versucht, die Eigenschaft der Pflanze für die Ansprüche des Menschen zu adaptieren. Ein Augenmerk bei der Züchtung von *S. alba* wird unter anderem auf die Erhöhung des Isothiocyanatgehalts gelegt (Schlathölter und Petersen 2010, 22).

Nennenswert ist, dass nicht nur die Inhaltsstoffe der verschiedenen Sorten von *S. alba* variieren, sondern dass auch innerhalb der Pflanze selbst, die Inhaltsstoffe sehr unterschiedlich verteilt sind. So wurden 2008 verschiedene Senfe und ihre nahen Verwandten auf ihre Glukosi-

nolatgehalte untersucht. Es wurde bei den Senfen nur bei *S. alba*, *S. arvensis* und *S. flexuosa* Sinalbin, es handelt sich dabei um ein Senfölglycosid, nachgewiesen. *S. pubescens* enthielt keinerlei Sinalbin. Bei den verschiedenen *S. alba* Sorten war das Verhältnis des Sinalbingehaltes in den Blättern circa fünf Mal höher, als in den Wurzeln. Beim Austesten der verschiedenen Seitenketten der Glukosinolate konnte aber festgestellt werden, dass bei einigen dieser Seitenketten der Gehalt in den Wurzeln von *S. alba* deutlich höher als in den Blättern war. Bei *S. flexuosa*, der Senfart welche von der Verwandtschaftslinie *S. alba* am nächsten ist, konnte zum Beispiel keine einzige der getesteten Seitenketten, weder in den Blättern noch in den Wurzeln, nachgewiesen werden (Agerbirk et al. 2008, 2941ff).

1.4. Biofumigation

Als Biofumigation wird eine Pflanzenschutzmaßnahme bezeichnet, um bodenbürtige Schaderreger zu dezimieren. Dazu kommen Pflanzeninhaltsstoffe, sogenannte Glukosinolate in Verbindung mit dem Enzym Myrosinase zur Anwendung, welche in unseren Breiten in *Brassicaceae* (Kreuzblütler) zu finden sind. Das Glukosinolat, welches in den Vakuolen der Pflanzenzellen getrennt von der Myrosinase gespeichert ist, wird erst durch Verletzung der Pflanzenzelle freigesetzt. Durch die mechanische Zerstörung, welche zum Beispiel durch das Kauen von Blättern durch Phytophage erfolgen kann, beginnt eine Abfolge von chemischen Reaktionen, wobei zum Teil gasförmige Substanzen ausgebildet werden, die auf Organismen toxisch wirken können (Michael 2008, 1).

Das Enzym Myrosinase ist für den Ablauf der Biofumigation unerlässlich. Erst durch ihr Zusammentreffen mit dem schwefelhaltigen Glykosinolat, werden je nach Ausgangsverbindung unterschiedliche Substanzen, wie Nitrile, Isothiocyanate, Thiocyanate oder Oxazolidinthione freigesetzt (Abb. 1) (Schütze 2012, 146f).

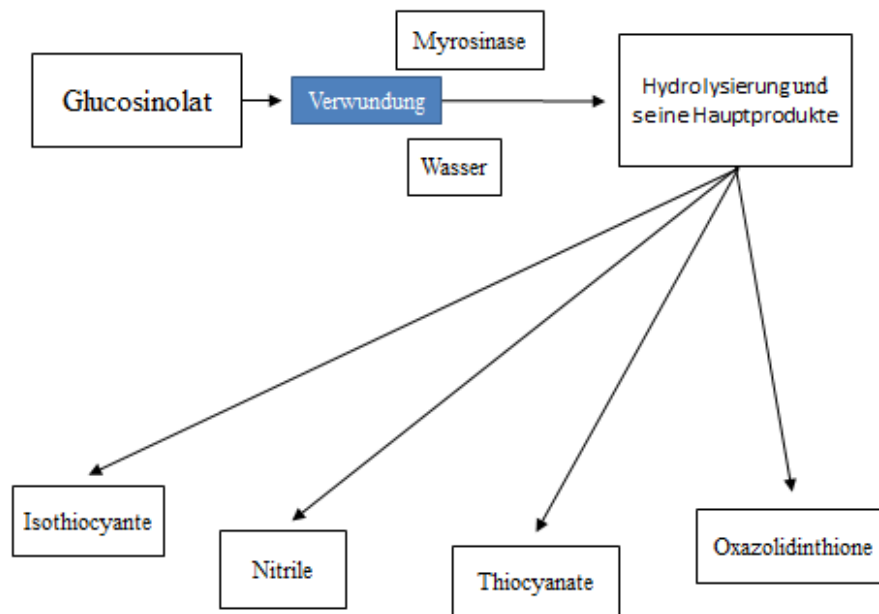


Abb. 1: Veränderung von Glucosinolat durch das Enzym Myrosinase (schematische Darstellung) in Anlehnung an Schütze (2012, 147).

Diese chemische Reaktion, welche der Pflanze zur Verteidigung dient, wird mittlerweile auch im Pflanzenschutz zur Bekämpfung unterschiedlicher Pathogene eingesetzt (Wittstock et al. 2004, 1).

Darunter finden sich auch erfolgreiche Bekämpfungsmaßnahmen gegen bodenbürtige pflanzenpathogene Pilze (Sarwar et al. 1998, 103), als auch vielversprechende Ansätze gegen pflanzenparasitäre Nematoden (Hallmann et al. 2009, 366ff).

Es gibt auch Versuche, die Bekämpfungsmaßnahme „Biofumigation“ gegen bodenlebende Insekten einzusetzen, welche als Pflanzenschädlinge gelten. Als Beispiel wäre hier der Drahtwurm zu nennen. In Fruchtfolgeversuchen konnte beobachtet werden, dass der Anbau von Weißkohl Tendenzen zeigt, als Vorfrucht im Kartoffelanbau drahtwurmreduzierend zu wirken. Es wird aber bei diesem Versuch betont, dass die massive mechanische Bodenbearbeitung einen Einfluss auf die Ergebnisse haben könnte (Schepl et al. 2010, 42).

Dass die Biofumigation aber nicht als Wunderwaffe bezeichnet werden darf, zeigen Arbeiten von Wissenschaftlern aus Slowenien. Dort wurden über zwei Jahre Versuche gegen den

Drahtwurm mit der Bekämpfungsstrategie der Biofumigation durchgeführt. Dabei wurden unterschiedliche Kreuzblütler getestet, aber keine der in den Versuchen verwendeten Pflanzen brachte den erhofften Erfolg (Laznik et al. 2014, 606ff).

Die Biofumigation ist ein komplexer Vorgang und viele Faktoren können den Erfolg dieser Bekämpfungsmaßnahme beeinflussen. Um die Biofumigation in der Landwirtschaft erfolgreich anwenden zu können, muss die Senfpflanze in ihrer Vollblüte zerkleinert und danach sofort in das Bodensubstrat eingearbeitet werden. Befindet sich die Pflanze bereits im Abblühen, so baut sich auch der wichtige Glukosinolatgehalt ab. Je kleiner die Pflanze gehäckselt werden kann, umso mehr Pflanzenzellen werden zerstört und somit ist auch die Ausbildung von Glukose, Sulfate sowie Isothio- und Thiocyanaten höher. Eine Einarbeitungstiefe von 20 cm in den Boden sollte angestrebt werden. Zu oberflächliches Einbringen in das Bodensubstrat erfordert danach eine ausreichende Bewässerung oder genügend Niederschlag, um die Wirkstoffe auch in tiefere Bodenbereiche einzuschwemmen. Weitere wichtige Faktoren sind die Bodenfeuchtigkeit und die Bodentemperatur, da dadurch die chemische Reaktion der Umwandlung von Glukosinolat in Thiocyanat beziehungsweise in Isothiocyanat beeinflusst wird. Sind zum Beispiel die Bodentemperaturen im Herbst zu tief, wird die chemische Reaktion verzögert. Wenn bereits Temperaturen unter 0 °C auftreten, können auch die Senfpflanzenstrukturen zerstört werden und somit das Ergebnis beeinflussen. Bei der Bodenfeuchtigkeit haben Versuche ergeben, dass 40 mm Niederschlag für eine gut ablaufende Biofumigation von Vorteil sind ((Michel 2008, 2ff).

Bei den Kreuzblütlern gibt es durchaus Unterschiede in ihren Inhaltsstoffen. Die Menge des Gehalts an Glukosinolat und das daraus entstehende Isothiocyanat und Thiocyanat ist entscheidend, ob die Pflanze für die Biofumigationstechnik geeignet ist oder nicht. Kreuzblütler unterscheiden sich diesbezüglich durch große Schwankungsbreiten. *Brassica napus* (Raps), welcher auch in winterharten Sorten gezüchtet wird, hat zum Beispiel nur einen geringen Anteil an Isothiocyanat und Thiocyanat. In dieser Testreihe wurde auch *Sinapis alba* (Weißer Senf) der Sorte Luna untersucht. Dieser wurde durch seine Anteile an Glukosinolate als geeignete Pflanze zur Durchführung der Biofumigation eingestuft (Schlathölter und Petersen 2010, 22).

Allerdings sind die Toxine der Kreuzblütler nicht immer wirksam. Es gibt Phytophage die diese toxischen Pflanzen fressen können, ohne einen Schaden zu erleiden. Am Max-Planck-Institut wurden Forschungen durchgeführt, um jene Mechanismen verstehen zu können, mit denen sich pflanzenfressende Insekten den toxischen Auswirkungen der Glukosinolate und ihrer Spaltprodukte entziehen können. *Pieris rapae* (Kohlweißlingsraupe) hat zum Beispiel

ein Enzym in ihrem Darm, was es ihr ermöglicht, das Glukosinolat in Nitrile abzubauen, welches weniger toxisch, als das Isothiocyanat, ist. *Trichoplusia ni* (Kohlspanner Raupe) wählt schon vor ab Pflanzen mit einem höheren Anteil von Nitrilen und umgeht somit den Konsum von zu großen Dosen an Isothiocyanaten. Eine andere Strategie hat *Schistocerca gregaria* (Wüstenheuschrecke) im Laufe der Zeit entwickelt. Ihr ist es möglich die Glukosinolate in ihrem Darm in Desulfo-Glukosinolate abzubauen. Das bedeutet, dass das Sulfat durch Hydrolyse entfernt wird. Es bleibt somit ein schwefelfreier Glukosinolat-Abkömmling übrig, welcher nicht mehr mit der Myrosinase reagiert und somit auch die weiteren, schon zuvor beschriebenen, chemischen Reaktionen ausbleiben. Auch *Plutella xylostella* (Kohlmotte) entgiftet ihre Nahrung durch eine Entschwefelungsstrategie. Durch die unterschiedlich entwickelten Methoden der Phytophagen der Toxizität von Glukosinolat zu entgehen, besteht durchaus die Annahme, dass noch weitere bislang unentdeckte Strategien existieren, Pflanzen mit Glukosinolat als Nahrungsquelle zu nutzen (Wittstock et al. 2004, 1ff).

Um die Methode der Biofumigation erfolgreich einsetzen zu können, ist es wichtig, nicht nur den zu bekämpfenden Schadorganismus zu verstehen, sondern auch die Biologie und die genauen Inhaltsstoffe der dafür verwendeten Pflanzenart zu kennen. Studien zeigten, dass Variationen von Pflanzenzüchtungen, unterschiedliche Biomasse, aber auch der Boden selber und die klimatischen Verhältnisse, Einflüsse auf Konzentrationen der Pflanzeninhaltsstoffe in Wurzeln und Trieben haben können. In Australien wurden 76 unterschiedliche Kreuzblütler, bezüglich ihrer Inhaltsstoffe, miteinander verglichen. Dabei wurden alle Pflanzen bei gleichen klimatischen Bedingungen gezogen. Bei allen dabei getesteten *S. alba* Sorten konnten Glukosinolate nachgewiesen werden, welche nach chemischer Aufspaltung in Isothiocyanate umgewandelt wurden. Ein höheres Potenzial an Isothiocyanaten konnte vor allem in Sorten von *Brassica nigra* festgestellt werden (Kirkegaard und Sarwar 1998, 71).

Um die unterschiedlichen, beeinflussenden Faktoren und dadurch resultierenden Qualitätsunterschiede der Pflanzen, welche zur Biofumigation geeignet sind, zu minimieren, wurde mittlerweile auch mit getrockneten Pflanzenteilen, gepresst als Pellets oder zu Mehl gemahlen, experimentiert. Allerdings zeigte sich auch bei der Verwendung von Pellets, dass durch die Komplexität der äußeren Einflussfaktoren unterschiedliche Erfolge im Labor und in den Freilandversuchen zu verzeichnen waren. So konnte eine Bekämpfung von Nematoden durch Biofumigation im Labor mit den getrockneten Pellets als zufriedenstellend beurteilt werden, die erhofften Erfolge im Freiland blieben allerdings aus (Eder 2013, 2).

In Polen wurde *Brassica juncea* und *B. carinata*, in zu Mehl verarbeiteter Form, gegen Maikäferlarven im zweiten Entwicklungsstadium, getestet. Die im Glashaus behandelten Larven

wiesen eine Mortalität von bis zu 50 % auf. Von der Dosierung des *Brassica*-Mehlpräparates wäre eine Mortalität von bis zu 99 % zu erwarten gewesen. Das Resultat blieb daher um circa die Hälfte unter den berechneten Erwartungen. Parallel dazu wurde ein Freilandversuch gegen Maikäferlarven im dritten Entwicklungsstadium durchgeführt. Dabei wurde Mehl und Granulat von *B. juncea* in den Boden eingearbeitet. Auch hier blieben die Resultate der Freilandversuche hinter den zuvor kalkulierten hohen Mortalitätszahlen. Ein Grund könnte sein, dass die zuvor berechnete und festgelegte Konzentration der Senfpräparate zu niedrig gewählt worden ist (Sukovata et al. 2014, 67ff).

Trotz der Komplexität des Vorgangs der Biofumigation und der vielen noch offenen Fragen zu diesem Thema, handelt es sich dabei um eine Strategie im landwirtschaftlichen Management, welche Hoffnung auf alternative Lösungsansätze zulässt. Es wird versucht die Forschung zu diesem Thema voranzutreiben und das erworbene Wissen bei Kongressen untereinander auszutauschen und nach Antworten zu suchen (5th International Symposium of Biofumigation).

Auch Beobachtungen und Berichte von Landwirten, welche Kreuzblütler als Zwischenfrucht auf ihren Äckern ausbringen, sind wichtige Bausteine in der Forschung und der wissenschaftlichen Arbeit. So konnte im Jahr 2014 ein Maikäferflugjahr in Herrnbaumgarten verzeichnet werden. Die Landwirte befürchten vor allem Schäden an den jungen Rebkulturen. Sie berichten, dass sich die Maikäferpopulationen ihrer subjektiven Wahrnehmung nach ausbreiten. Auch konnten sie beobachten, dass sich ihrer Meinung nach unterschiedliche Bodenbearbeitungsformen, auf die frisch ausgepflanzten Weinrebenstecklinge, bezüglich Fraßschäden durch Engerlinge, auswirken. Ihrer Aussagen zur Folge waren die Fraßschäden an den Wurzeln der jungen Weinpflanzen, in den sogenannten Rebschulen, durch die *Melolontha*-Larven geringer, wenn als Vorfrucht zur Bodenverbesserung Weißer-Senf angebaut wurde. Die Beobachtung der Landwirte und die ausgebliebenen Schäden dienten als Grundlage dieser Masterarbeit.

1.5. Ziele der Arbeit

Es sollen im Rahmen dieser Masterarbeit folgende Fragen erforscht werden:

Freiland:

- Wird die Eiablage des Maikäfers, in Folge der Schwarzbrache, des Senfanbaus beziehungsweise einer Kombination der beiden landwirtschaftlichen Maßnahmen, gehemmt oder gestört?
- Hat der Anbau von *Sinapis alba* einen Einfluss auf die Entwicklung der Larven von *M. melolontha*?
- Kann durch die Biofumigation die Dichte der Larven von *M. melolontha* im Bodensubstrat verringert werden?

Labor:

- Kann *M. melolontha* im Labor mit geringem Aufwand gezüchtet werden?
- Gibt es Unterschiede bei der Entwicklung der *Melolontha*-Larven im Labor im Vergleich zum Freiland?
- Gibt es eine olfaktorische- oder fraßabweisende Wirkung durch *S. alba* auf *Melolontha*-Larven?
- Welchen Einfluss haben zerkleinerte und in das Erdsubstrat eingearbeitete Senfpflanzen (im Stadium der Vollblüte) auf die Larven von *M. melolontha*?

2. MATERIAL UND METHODEN

Alle Freilandexperimente wurden in Herrnbaumgarten durchgeführt. Es war notwendig, für einige detailbestimmende Untersuchungen auf technisches Equipment zurückzugreifen. Dazu wurden die Laboratorien an der Universität für Bodenkultur genutzt. Versuche zur näheren Beurteilung von Bodenproben fanden in der Hasenauerstraße am Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz (IFFF) statt. Alle anderen Versuche bei denen es notwendig war Pflanzen zu kultivieren, wurden in der Abteilung für Pflanzenschutz in der Peter-Jordan-Straße durchgeführt.

2.1. Versuchsfläche

Die von den Landwirten zur Verfügung gestellten Versuchsflächen liegen im nördlichen Niederösterreich im Bezirk Mistelbach und gehören zur Marktgemeinde Herrnbaumgarten.

2.1.1. Standort der Versuchsfläche

Die Versuchsfläche liegt nordöstlich des Ortskerns von Herrnbaumgarten. Es handelt sich um eine Fläche von 7861 Quadratmetern, welche in Richtung Süd-Osten vom Gelände abfällt. Der Standort befindet sich auf circa 200 Meter Seehöhe. Die Höhendifferenz von der höchsten Stelle im Norden bis zur tiefsten Stelle im Süden beträgt 14 Meter (Nö-Atlas). Die Größe der zur Verfügung gestellten Versuchsfläche ist nicht ident mit der tatsächlichen Nutzung für die Freilandversuche. Im Norden ist die landwirtschaftliche Versuchsfläche von Bäumen und einem Graben begrenzt. An diesen Graben schließt ein Feldweg, welcher den Zutritt zu Parzellen mit Weingärten ermöglicht. Die Grundgrenze zum Westen bildet eine Grünfläche, welche mit Obstbäumen bepflanzt ist. Der östlich begrenzende Teil dient als unbefestigte Zufahrt für landwirtschaftliche Nutzfahrzeuge. Zwischen der befestigten Zufahrtsstraße im Süden und der Versuchsfläche befindet sich eine Ackerfläche, welche im Versuchsjahr 2014 für Getreideanbau genutzt wurde (Abb. 2 und 3).



Abb. 2: Luftbild der Versuchsfläche in Herrnbaumgarten (Nö-Atlas, a), die mit blauen Punkten markierten Parzellen gehören zum Versuchsareal

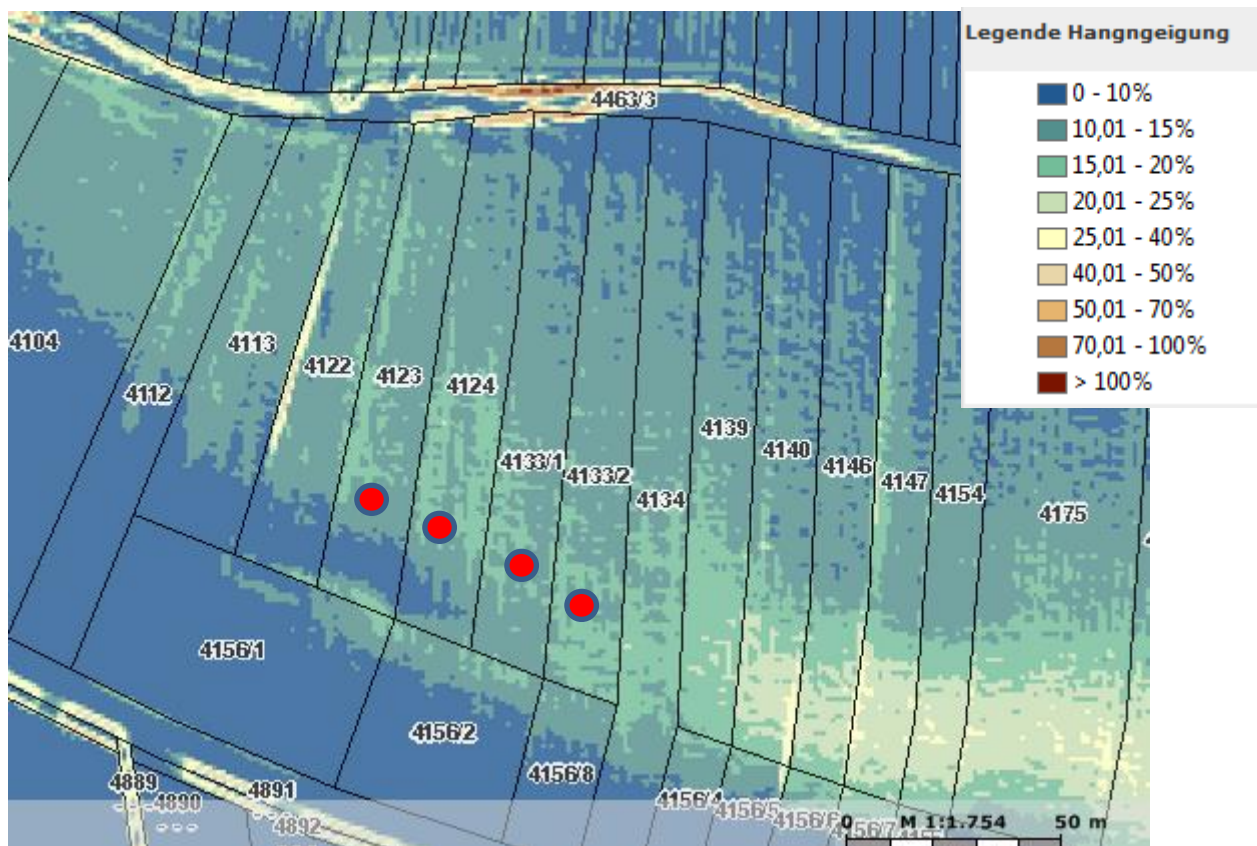


Abb. 3: Hangneigung der Versuchsfläche in Herrnbaumgarten (Nö-Atlas, b), die mit roten Punkten markierten Parzellen gehören zum Versuchsareal

2.1.2. Klima und Niederschlag

Die für diese Arbeit gewonnen Klimadaten, stammen von einer Wetterstation, welche sich in einer Entfernung von circa 100 Meter Luftlinie zur Versuchsfläche befindet. Diese Daten werden von AccuWeather Company online zur Verfügung gestellt.

Es werden dabei Temperatur-, Niederschlags- und Windmessungen erhoben. Bei der Temperatur wird die Tageshöchst- und die Tagestiefsttemperatur zur Verfügung gestellt. Beim Niederschlag beschränken sich die Aufzeichnungen auf Regen, welcher in Millimeter Wassersäule und auf Schnee, welcher in Zentimeter Höhe angegeben wird. Die Windmessungen können in Kilometer pro Stunde mit der jeweiligen Windrichtung abgelesen werden. Allerdings werden keine Windmessungen abgespeichert und können somit nur aktuell abgefragt werden. Alle anderen Daten können auch noch Jahre später abgerufen werden, da diese über eine Datenbank jederzeit online zur Verfügung gestellt werden.

2.2. Freilandversuche

Alle Freilandversuche erfolgten auf den Versuchsparzellen in Herrnbaumgarten.

2.2.1. Aufbau des Freilandversuches

Für die Durchführung der Freilandversuche wurde die vom Weinbauverein zur Verfügung gestellte Fläche in vier annähernd gleichgroße Parzellen unterteilt. Die Vermessung und das Abstecken der Flächen erfolgten am 8. April 2014 unmittelbar vor der Basisgrabung. Dabei wurde zwischen den einzelnen Versuchsparzellen ein Abstand von zwei Metern belassen, um erstens unnötiges Begehen und Befahren auf den Versuchsflächen zu vermeiden und um zweitens ausreichend Distanz zwischen den Flächen zu schaffen. Die Breite der Versuchsparzelle wurde mit 15 Meter festgelegt, die Längen variieren durch die Anpassung an die Geländeform. Im Westen wurden 99 Meter abgesteckt und im Osten wurde die Parzelle mit 113 Meter begrenzt (Abb. 4).

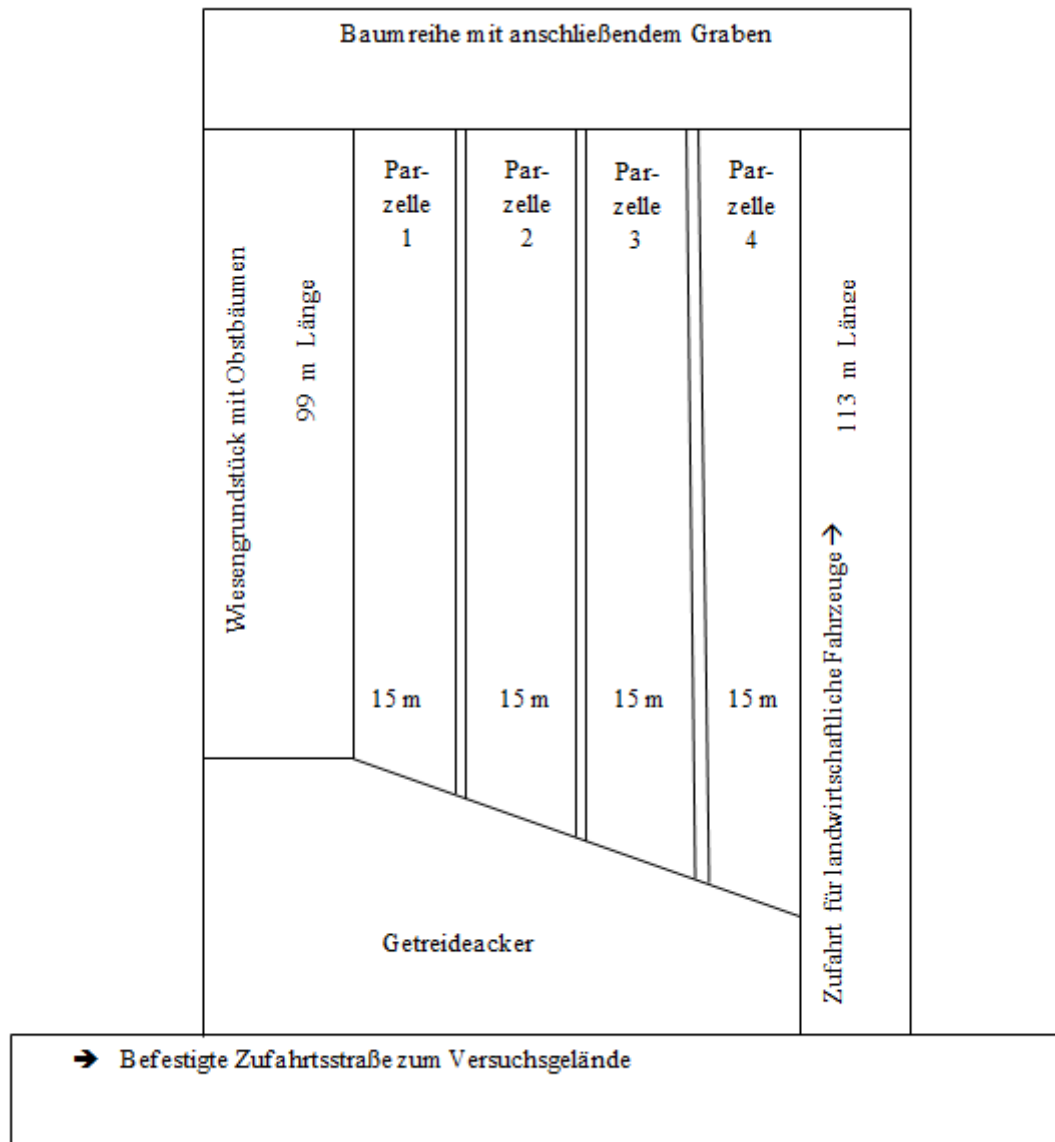


Abb. 4: Ausgemessene Parzellen und angrenzendes Umfeld auf der Versuchsfläche in Herrnsbaumgarten (schematische Darstellung)

Um die Wirksamkeit der Biofumigation gegen die Maikäferengerlinge zu testen wurden zwei unterschiedliche Bekämpfungsmaßnahmen, sowie eine Kombination dieser Bekämpfungsmaßnahmen und eine Kontrolle in der Versuchsplanung festgelegt (Tabelle 2):

- Biofumigation (Parzelle 2)

Die Parzelle wurde im Frühjahr 2014 brach liegen gelassen. Am 8.7.2014, nach der Eiablage der Maikäfer, erfolgte der Anbau von *S. alba*. Der Umbruch der Kultur und somit der Start der Biofumigation fand am 5.9.2014 statt.

- Schwarzbrache (Parzelle 4)

Die Parzelle wurde bis zur Eiablage der Maikäfer als Schwarzbrache bewirtschaftet. Danach wurde die Parzelle brach liegen gelassen und es wurde keine Bewirtschaftung mehr vorgenommen.

- Kombinationsvariante (Parzelle 3)

Hier wurde der Boden bis zur Eiablage der Maikäfer als Schwarzbrache bewirtschaftet. Danach erfolgte am 8.7.2014 der Anbau von *S. alba*. Der Umbruch der Kultur und somit der Start der Biofumigation fand am 5.9.2014 statt.

- Kontrollparzelle (Parzelle 1)

Es fand auf der Kontrollparzelle keinerlei Bewirtschaftung statt, als Vegetation konnte Naturbegrünung beobachtet werden.

Tabelle 2: Bearbeitungsformen der Versuchsplanung, den jeweiligen Parzellen zugeordnet

Versuchsfläche in Herrnbaumgarten	
Parzelle 1	Kontrollparzelle – unbehandelte Fläche, es wurden keinerlei Bearbeitungsformen durchgeführt
Parzelle 2	Biofumigation - unbearbeiteter Boden bis zur Eiablage der Maikäfer, danach Anbau von <i>S. alba</i>
Parzelle 3	Kombinationsparzelle - Schwarzbrache bis zur Eiablage der Maikäfer, dann Anbau von <i>S. alba</i>
Parzelle 4	Schwarzbrache – offenhalten des Bodens bis zur Eiablage der Maikäfer, dann keine Bearbeitungsform

2.2.2. Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitung wurde von den Landwirten vor Ort durchgeführt.

Auf den Parzellen 3 und 4 wurde der Boden mit einer Scheibenegge (Firma Schreiber, Österreich) offen gehalten. Nach dem Maikäferflug erfolgte der Anbau des Weißen-Senfs der Sorte Luna am 13.7.2014 auf den Parzellen 2 und 3, wobei ein Verhältnis der Aussaat von 10 Kilogramm Saatgut auf eine Fläche von einem Hektar erfolgte. Dazu wurde eine Sämaschine (Typ Reform Semo 100) mit Schleppscharen verwendet.

Der Umbruch des Senfs, sobald er in voller Blüte stand, erfolgte am 5.9.2014. Die Bodenfeuchtigkeit war zu diesem Zeitpunkt ansprechend, da am 1.9. 2014 fünf Millimeter und am 2.9.2014 vier Millimeter Niederschlag zu verzeichnen war (AccuWeather).

Der Senf wurde zuerst mit einem Schlegelmulcher (Firma Maletti, Italien) gehäckselt. Danach wurde die Biomasse mit einem Grubber (Firma Schreiber, Österreich) 20 cm tief in das Erdreich eingearbeitet. Als dritter Arbeitsschritt wurde der Boden geebnet. Dies erfolgte mit einer Fräse von einer Arbeitstiefe von zehn Zentimeter (Firma Maletti, Italien).

Das Abhäckseln der Ausfallssonnenblumen auf den Parzellen 1 und 4 erfolgte mit dem Schlegelmulcher (Firma Maletti, Italien) am 5.9.2014.

2.2.3. Bodenvegetation

Durch die unterschiedlichen Bearbeitungsmethoden auf den Versuchsparzellen, bildete sich auch über den Versuchszeitraum eine unterschiedliche Bodenvegetation aus.

In den Jahren von 2011 bis 2014 (Maikäfer-Zyklus vor Versuchsbeginn) wurde die Versuchsfläche von den Landwirten in Herrnbaumgarten landwirtschaftlich genutzt. Ein Jahr vor dem Versuchsbeginn (2013) wurde die Versuchsfläche zur Kultivierung von Sonnenblumen der Sorte Alzan verwendet. Als Voraufbauherbizid wurde Bandur mit dem Wirkstoff Aclonifen (vier Liter pro Hektar) ausgebracht. Gedüngt wurde mit 46 % Harnstoff in granulierter Form (die 46 % beziehen sich auf den Stickstoffgehalt).

In der Abbildung 5 sind die vier verschiedenen Parzellen zu erkennen, welche im Norden durch eine Baumreihe begrenzt ist. Am rechten Bildrand sind die Sonnenblumen in voller Blüte. In der Mitte sind zwei Streifen mit Weißem-Senf zu sehen, welcher zu diesem Zeitpunkt circa zehn Zentimeter Wuchshöhe erreicht hatte. Links angrenzend befindet sich die Kontrollparzelle, wo bereits verblühte Sonnenblumen zu erkennen sind.

Da die Entwicklung und der Bestand der Sonnenblumen auf der Parzelle 1 und der Parzelle 4 unterschiedlich erschien, wurde die Dichte der Sonnenblumen durch eine Zählung erhoben.

Dabei wurden sowohl auf Parzelle 1 als auch auf Parzelle 4 je acht Flächen zu jeweils einem m² ausgemessen (Maßband Alpha-Tools) und die Anzahl der darauf vorgefundenen Sonnenblumenpflanzen notiert, gemittelt und somit vergleichbar gemacht.



Abb. 5: Gegenhangaufnahme vom 8.8.2014 des Versuchsgeländes, links - auf der Kontrollparzelle 1 sind die bereits im Abblühen befindlichen Ausfallssonnenblumen zu erkennen. Auf der rechten Seite, der Parzelle 4, befinden sich die Ausfallssonnenblumen noch in voller Blüte. Auf den Parzellen 2 und 3 in der Mitte, ist der Weiße-Senf zu sehen.

2.2.4. Bodengewinnung und Suche nach Individuen

Die Bodengewinnung erfolgte im Zuge der Grabungen, welche insgesamt fünf Mal durchgeführt wurden. Mit Ausnahme der Basisgrabung (8. April 2014) wurden jedes Mal 16 Löcher (vier Löcher pro Versuchsfläche) mit einer Größe von 50 mal 50 cm und einer Tiefe von 30 bis 40 cm ausgehoben. Die Basisgrabung diente zur Orientierung und der Basiserhebung, um den Istzustand des Bodens beurteilen zu können. Alle weiteren Grabungen waren Maßnahmen zur Überprüfung der in der Versuchsplanung festgelegten Bekämpfungsstrategien. Die Suche nach Individuen wurde in Anlehnung an das Monitoring einer Schweizer Forschergruppe durchgeführt (Keller et al. 1996, 107). Das so gewonnene Erdreich wurde mit Sieben von einer Maschengröße von höchstens acht mal acht Millimeter durchgeseibt. Von der geseibten Erde wurden pro Versuchsfläche Mischproben zu weiteren Untersuchungen ins IFFF in die Hasenauerstraße nach Wien mitgenommen. Die Lagerung der Bodenproben bis zur Weiterverarbeitung erfolgte im Kühlraum des Institutes bei 7 °C (+/- 1 °C).

Beim Aussieben gefundene Individuen wurden in zuvor vorbereitete Kunststoffbecher und Glasbehälter mit eingestanzten Luftlöchern eingesetzt. Die Behältnisse wurden mit Datum, Ort und Flächennummer beschriftet, um eine spätere Zuordnung einwandfrei durchführen zu können. Die Proben wurden im IFFF in einem Kühlschrank (Liebherr LC 5000) bei Langtagbedingungen (L:D=16:8) und einer Temperatur von 12 °C (+/- 1 °C) gelagert und später ausgewertet. Gefundene lebende Engerlinge wurden noch am selben Tag am IFFF in Kunststoffbehälter (20 cm mal 20 cm Grundfläche und eine Höhe von 14 cm, entspricht einem Fassungsvermögen von 5,5 Liter), mit Erde vom Fundort, eingebracht. Sie wurden für später geplante Laborversuche weiter gezüchtet. Es wurden pro Behälter nicht mehr als drei bis vier Engerlinge eingesetzt, um Kannibalismus zu vermeiden.

Diese wurden im Keller des IFFF in der Hasenauerstraße bei Langtagbedingungen (L:D=16:8) und einer Temperatur von circa 20 °C aufgestellt. Auf die Erde wurde Grassamen ausgesät. Gegossen wurde alle zwei bis drei Tage.

Der erste Flug der Maikäfer wurde von den lokalen Landwirten in Herrnbaumgarten am 1. April 2014 beobachtet. Dies und der Temperaturverlauf vom März 2014 (AccuWeather) waren der ausschlaggebende Grund, die Basisgrabung auf den Versuchspartzellen am 8. April 2014 durchzuführen.

Bei der Basisgrabung wurde auf der Kontrollparzelle 1 keine Bodenproben entnommen. Außerdem wurden pro Parzelle nur zwei Löcher gegraben, was dem zufolge bei der Basisgrabung insgesamt sechs Löcher ergab. Ein weiterer Unterschied zu den folgenden Grabungen war, dass die Erde zuerst grob- und dann feinmaschig gesiebt wurde. Das feinmaschige Sieb hatte eine Maschenweite von fünf mal fünf Millimeter. Da durch das doppelte Sieben keine wesentliche Steigerung der Ausbeute zu erkennen war, wurde bei den folgenden Grabungen davon Abstand genommen und nur mehr mit acht Millimeter Maschenweite gesiebt.

Die Grabungen erfolgten:

Basisgrabung: 8. April 2014

1. Grabung: 21. Juli 2014

2. Grabung: 19. bis 21. September 2014

3. Grabung: 21. Oktober 2014

4. Grabung: 23. April 2015

Da die bei der letzten Grabung gefundenen Engerlinge für keine Laborversuche mehr benötigt wurden, wurden sie nach dem Auszählen im kochenden Wasser abgetötet und danach in 70 % Alkohol aufbewahrt. In spätere Folge wurde die Kopfkapselbreite vermessen (Schieblehre ERBA), um ihr Larvenstadium bestimmen zu können.

2.3. Laborversuche

Die Laborversuche erfolgten in den Laborräumen des Institutes für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz (IFFF) in der Hasenauerstraße und in der Abteilung für Pflanzenschutz in der Peter-Jordan-Straße.

2.3.1. Trockentrichtertermethode nach dem Berlese-Tullgren-Prinzip

Dieser Versuch fand am Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz (IFFF) statt. Er dient zum Nachweis von Bodenorganismen (Janetschek 1982, 111) und wurde nach jeder Grabung, mit dem dabei gewonnenen Bodenmaterial, durchgeführt. In der Garage des Instituts wurde das benötigte Equipment aufgebaut. Aus Holz gebaute Halterungen dienten zur Fixierung der Trichter. Darin wurden feinmaschige Netze aus Draht bzw. aus Kunststoff gelegt, um ein Durchrieseln der Erde zu verhindern. Die Maschenweite betrug maximal einen Millimeter. Unter die Trichter wurden Gläser mit 70 % Alkohol gestellt. Nach dem so vorbereiteten Aufbau, wurde in jeden Trichter 250 ml Erde eingefüllt und die darunter stehenden Gläser mit der entsprechenden Probennummer beschriftet. Dadurch wurde gewährleistet, dass die Zuordnung der Bodenproben mit der entstehenden Probe (Auffanggläser mit Alkohol + Organismen) eingehalten werden konnten. Nun wurden handelsübliche Schreibtischlampen so justiert, dass pro Trichter eine Lampe exakt auf eine der Bodenprobe strahlen konnte. Die Schreibtischlampen wurden mit 60 Watt Glühlampen ausgerüstet, um ausreichend Wärme auf die Bodenprobe abzugeben. Die auf die Bodenprobe ausgeübte Wärme sollte die darin befindlichen Organismen veranlassen, von dieser Wärmequelle zu flüchten und somit in das darunter stehende Glas mit 70 % Alkohol zu fallen. Jede Versuchsreihe dauerte fünf bis sechs Tage. In dieser Zeit wurden die Lampen und Auffanggläser laufend kontrolliert. Die so gewonnenen Berlese-Proben wurden unter einem Auflichtmikroskop (Wild M3C, 6,4x) durchgesehen und die gefundenen Individuen ausgezählt und bestimmt (Müller, 1986). Die Dokumentation erfolgte unter anderem durch die Anfertigungen von Fotografien, mit einer auf einem Auflichtmikroskop (Wild M 400 1,25x) installierten Kamera (Canon).

2.3.2. Bodenfeuchtebestimmung

Die Bodenfeuchtebestimmung erfolgte am IFFF. Bei dieser Untersuchung wurden pro Versuchsfläche vier Proben gezogen, wodurch insgesamt 16 Proben zur weiteren Auswertung zur Verfügung standen.

Zuerst wurde eine Glaspetrischale mit einem Durchmesser von zehn Zentimeter mit der Waage der Firma Mettler PC 2000 abgewogen und das Ergebnis als Tara notiert. Danach wurde diese Schale mit circa 250 ml Erde gefüllt und abermals abgewogen. Das Ergebnis wurde wieder notiert. Nachdem dieser Vorgang bei allen 16 Proben erfolgte, wurden diese in einen Trockenschrank, Marke Köttermann 2718, bei einer Temperatur von circa 105 °C für sechs Tage eingestellt und damit bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Nach diesen sechs Tagen wurden die Schalen mit der getrockneten Erde erneut gewogen und die ermittelten Werte wieder notiert und das Gewicht der Glaspetrischale abgezogen. Die erhobenen Daten und weiter berechnete Werte sind im Ergebnisteil dargestellt.

2.3.3. Galleria-Köder-Methode

Dieser Versuch diente zum Nachweis von insektenpathogenen Pilzen (Zimmermann 1986, 213f) und Nematoden (Bedding und Akhurst 1975, 109f) und wurde nach jedem der fünf Grabungstermine am IFFF durchgeführt.

Zur Vorbereitung wurden Larven von *Galleria mellonella* (Wachsmotte) aus einem Zoofachgeschäft in Wien gekauft. Des Weiteren wurden Kunststoffbehälter aus Polypropylen mit Luftzirkulation benötigt. Dafür wurden die Deckel der Dosen mit einem Fassungsvermögen von je 250 ml, durch das Einstanzen mit Eisennägeln, mit Löchern versehen. Durch diese Löcher wurde eine ausreichende Luftventilation ermöglicht, jedoch ein Flüchten der Larven verhindert.

Pro Versuchsfläche wurden vier der präparierten Kunststoffbehälter mit der zugeordneten Erde befüllt und danach wurden mit einer Federpinzette je fünf *Galleria*-Larven pro Dose vorsichtig dazu gesetzt. Die Kunststoffbecher wurden dann mit den gelöcherten Deckeln verschlossen und beschriftet, um eine einwandfreie Zuordnung jederzeit zu ermöglichen. Die so entstandenen 16 Proben mit insgesamt 80 *Galleria*-Larven wurden im Anschluss in eine Kartonschachtel geschichtet, wobei jeder Kunststoffbehälter gewendet wurde. Die darin befindlichen Larven sollten durch das Erds substrat kriechen. Die Proben wurden bei circa 22 °C Raumtemperatur und Dunkelheit aufbewahrt.

Jeden zweiten Tag wurden diese Proben kontrolliert und gewendet. Tote Individuen wurden aussortiert und in feuchte Kammern, zur Entwicklung von Insektenpathogenen eingelegt.

Dazu wurden die toten *Galleria*-Larven mit sterilem Aqua destillata gereinigt, danach mit 4 % Natriumhypochlorid oberflächlich desinfiziert und nochmals mit sterilem Aqua destillata abgespült. Die so vorbereiteten *Galleria*-Larven wurden dann einzeln in Kunststoffpetrischalen mit einem Durchmesser von 5,5 cm, mit einem kleinen Stück befeuchtetem Zellstoff gesetzt. Die Schalen wurden mit dem Kontrolldatum, mit der Fläche und der Nummer der Grabung beschriftet, um eine einwandfreie Zuordnung jederzeit zu ermöglichen.

Zusätzlich wurde in einer Tabelle das Datum des Aussortierens, Farbe und Konsistenz der Probe dokumentiert, um bei der späteren Auswertung die Zusammenhänge verstehen und begründen zu können. Die so erhaltenen Proben wurden in einem Kunststoffbehälter bei circa 22 °C Raumtemperatur gelagert und zweimal pro Woche nachbefeuchtet, um im Anschluss die Proben zunächst per Auflichtmikroskop (Wild M3C, bei 6,4 x) zu kontrollieren und auszuwerten (Samson et al. 1988), (Poinar und Thomas 1978). Zur Differentialdiagnose wurden Ausstriche auf Objektträgern angefertigt und ihre Auswertung in einer Durchlichtmikroskopie (Reichert Polyvar, bei 40-400 x) durchgeführt. Dabei wurden aussagekräftige Darstellungen fotografiert (Firma Nikon).

2.3.4. Zuchtversuch von Engerlingen

Um für die geplanten Laborversuche genügend *Melolontha*-Larven zur Verfügung zu haben, wurde der Versuch unternommen, Engerlinge unter Laborbedingungen zu züchten. Dieser Versuch wurde im Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz (IFFF) durchgeführt.

Zur Vorbereitung wurde ein Käfig im Keller des Institutes aufgebaut. Der Käfig hatte eine Grundfläche von 50 cm Breite und 50 cm Länge. Die Höhe betrug 75 cm. Der Boden und die Rahmen waren aus Holz. Die Rahmen waren mit einem feinmaschigen Kunststoffnetz bespannt, damit ausreichende Luft im Käfig zirkulieren konnte und keine künstliche Luftzufuhr notwendig war. Der Deckel und die in der Front befindliche Tür, zum Öffnen des Käfigs, waren aus Glas.

In den Käfig wurde eine Kunststoffwanne, mit den Ausmaßen von 29 cm Breite, einer Länge von 34 cm und einer Höhe von 17 cm, gestellt. In diesen Behälter wurden zwölf Liter Erde aus Herrenbaumgarten eingefüllt, um den Käfern die Eiablage zu ermöglichen.

Für die Zucht wurden am 24.4.2014 und am 29.4.2014 in Herrenbaumgarten circa 200 Maikäfer gesammelt. Alle dabei gefundenen Individuen konnten als *M. melolontha* identifiziert werden. Am 30.4.2014 wurden davon 23 Stück, davon 16 weibliche und sieben männliche Tiere, in den vorbereiteten Käfig eingebracht.

Es war noch ausreichend Platz, um eine Vase mit abgeschnittenen belaubten Ästen in den Käfig zu stellen und somit die Nahrung für die Käfer zu sichern. Der Vasenhals wurde mit Zellstoff abgedichtet, um ein Ertrinken der Käfer im Wasser der Vase zu verhindern. Es stellte sich im nächsten Monat bei der Betreuung der Käfer heraus, dass diese bevorzugt das Laub von *Acer campestre* (Feldahorn) fraßen. Am 5.6.2014 wurde Gras angebaut, damit bei einer tatsächlich stattfindenden Eiablage ausreichend Wurzeln und somit Nahrung für die *Melolontha*-Larven zur Verfügung stand. Die Maikäfer wurden jeden zweiten Tag mit frischen Zweigen versorgt. Im Zuge dessen wurde auch der Käfig gereinigt und tote Käfer entfernt. Im Keller des Institutes herrschten Langtagbedingungen (L:D=16:8) bei einer Temperatur von ca. 22 °C.

Es konnte mehrmals das Eingraben von Käfern beobachtet werden. Der letzte tote Käfer wurde am 8.6.2014 entfernt.

Das Gras wurde weiter gegossen und am 7.7.2014 wurde der Behälter inspiziert, um festzustellen, ob es zu einer Eiablage gekommen war.

Dieser Zuchtversuch diente auch zur Orientierung der Entwicklung der *Melolontha*-Larven (Abb. 6). Denn die Größe der Engerlinge diente als Richtwert, um den richtigen Zeitpunkt, für die Grabungen nach *Melolontha*-Larven im Freiland, zu bestimmen. Auf Grund der Inspektion des Zuchtbehälters am 7.7.2014 erfolgte die Grabung 1 am 21.7.2014.

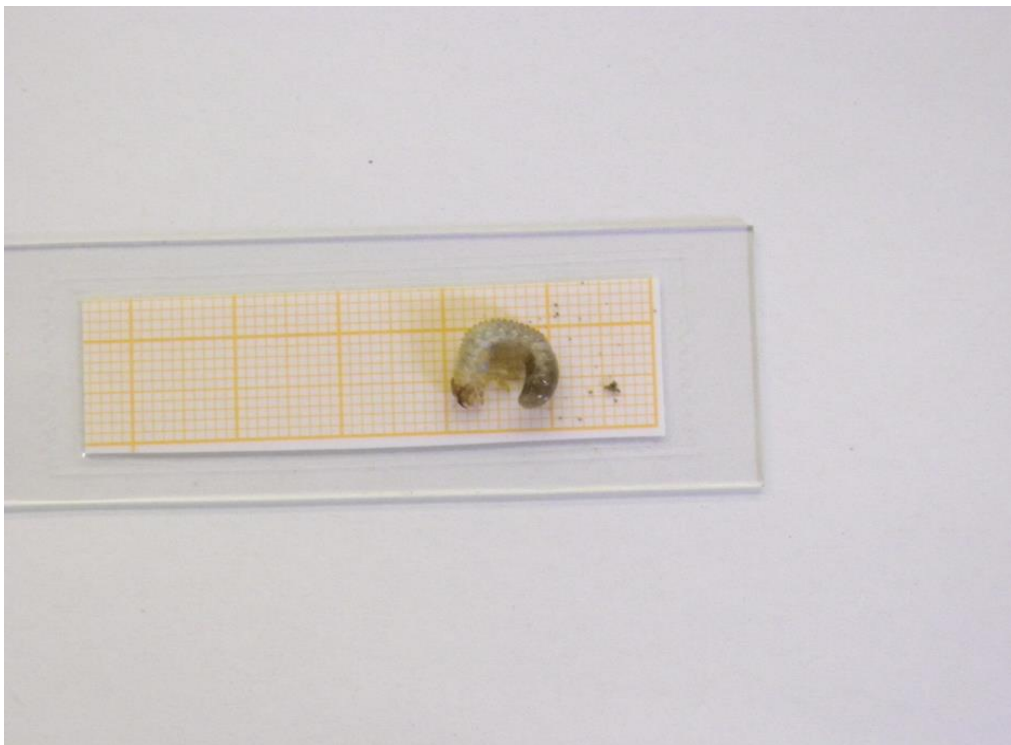


Abb. 6: Inspektion und Überprüfung des Zuchtbehälters, Aufnahme vom 7.7.2014

2.3.5. Wahlversuch mit zerkleinerten Pflanzen

Dieser Versuch wurde im Labor an der Abteilung für Pflanzenschutz durchgeführt. Bei der Durchführung wurde darauf geachtet, eine Annäherung an jene Freilandbedingungen zu erzielen, welche zur Zeit des Häckselns und Einarbeitens des Weißen-Senfs in Herrnbaumgarten herrschten.

Dabei sollte beobachtet werden, ob die *Melolontha*-Larven bei freier Wahl, dass mit zerkleinerten Ackersenfpflanzen vermengte Erdreich meiden. Die dabei verwendeten *Melolontha*-Larven stammten zum Teil aus der in Punkt 2.3.4. beschriebenen Eigenzucht bzw. aus zuvor bei Freilandgrabungen gewonnenen Individuen.

Zur Vorbereitung wurde Weiß-Senf der Sorte Luna sechs Wochen vor Beginn des Wahlversuches angebaut und unter Langtagbedingungen (L:D=16:8) bei einer Temperatur von 25 °C (+/- 1 °C), in einem begehbaren Anzuchttraum, kultiviert. Die Pflanzen entwickelten sich gut und standen bei Beginn des Versuches, am 22.10.2014, in Blüte. Im Zuge der Vorbereitungen wurde am Tag vor Versuchsbeginn 15 kg Erde, welche von der Versuchsfläche in Herrenbaumgarten stammte, im Labor des Institutes für Pflanzenschutz, mit Varikolav Dampfsterilisator Typ 500, für 20 Minuten bei 121 °C bei maximal zwei bar, autoklaviert. Danach wurde das so aufbereitete Bodenmaterial in zwei gleich große Teile zu je siebeneinhalb Kilogramm aufgeteilt. Die dabei verwendete Waage stammt von der Firma Wedo-Accuras 50000 (Modell 3670). Der eine Teil blieb unbehandelt und diente zur Kontrolle. Der andere Teil wurde, mit dem unmittelbar zuvor abgeernteten und durch eine haushaltsübliche Kräuterwiege zerkleinerten Senf, durchmengt. Es wurden 300 g von der gehackten Biomasse in die siebeneinhalb Kilogramm Erde eingearbeitet, was einem Verhältnis von 1:25 entspricht.

Um den Versuch durchführen zu können, wurden sechs Kunststoffschalen mit einer Abmessung von 37 cm Länge und einer Breite von 23 cm verwendet. Die später eingebrachte Erde wies eine durchschnittliche Höhe von acht bis zehn Zentimeter auf. Es erfolgte nun eine Unterteilung der Schalen mit Kunststoffabtrennungsplatten in drei Segmente. Das so entstandene rechte und linke Segment war 10,5 cm breit und 37 cm lang. In der Mitte blieb somit ein Spalt von 2,5 cm Breite und der schon vorhin definierten Länge von 37 cm. Durch diese so geschaffenen Abtrennungen wurde gewährleistet, dass das Befüllen der Schalen und das Hinzufügen der *Melolontha*-Larven korrekt durchgeführt werden konnte. Das linke Segment wurde mit unbehandelter Erde von je 1,25 kg Erde gefüllt, das rechte Segment wurde mit der Erde-Senfmischung zu je 1,3 kg gefüllt. Um die Trennwände zu stabilisieren, wurden je zwei

Klemmen pro Schale, welche aus Karton zurechtgeschnitten wurden, auf die Kunststoffplatten gesteckt (Abb. 7).

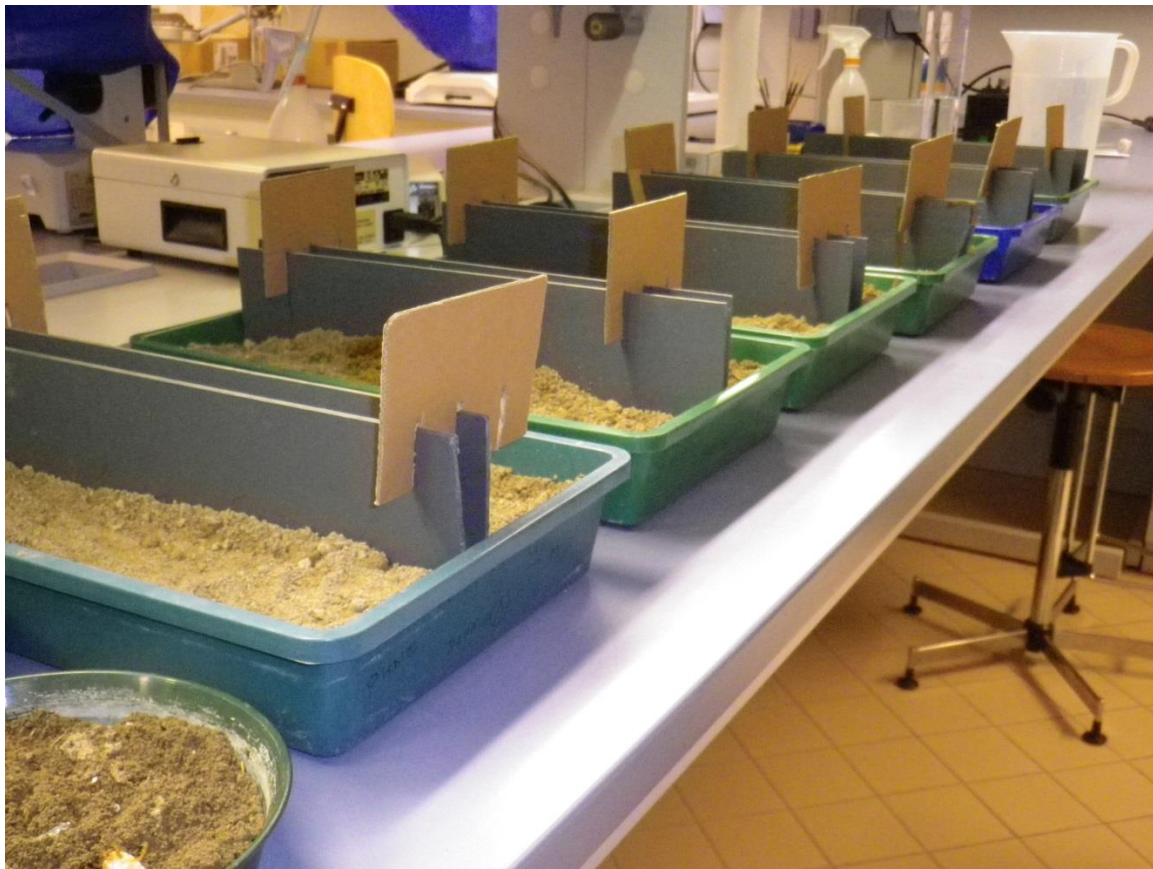


Abb. 7: Aufbau des Wahlversuches, provisorische Fixierung der Trennwände mit Hilfe von Kartonklemmen.

In den so entstandenen mittleren Spalt wurden nun vorsichtig mit einer Federpinzette fünf *Melolontha*-Larven pro Schale eingesetzt. Dabei wurde versucht darauf zu achten, dass sie in einem ausreichend großen Abstand, von circa fünf bis sieben Zentimeter zueinander, zu liegen kamen (Abb. 8).

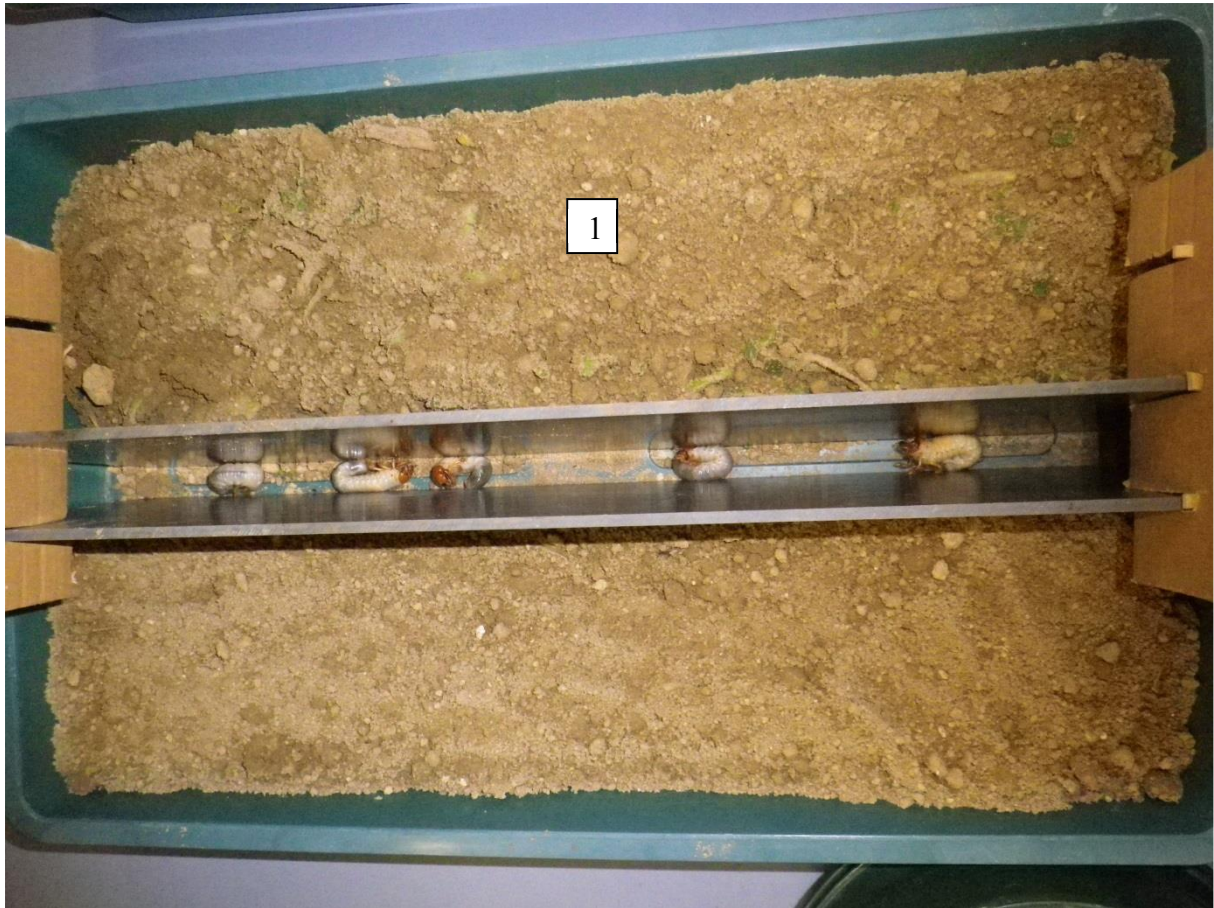


Abb. 8: Eingebraachte *Melolontha*-Larven in der Mitte der Versuchsschale, in der oberen Bildhälfte (Nr.1) ist der zerkleinerte eingearbeitete Senf zu erkennen.

Nach dem Einbringen der Larven erfolgte die Bewässerung der unbehandelten Erde und der Erd-Senf-Mischung mit je 250 ml Wasser pro Segment. Dies entspricht der Niederschlagsmenge von sieben Millimeter Regen pro Quadratmeter. Diese Menge an Bewässerung wurde deshalb gewählt, um die Freilandbedingungen zum Zeitpunkt der Einarbeitung des Ackersens in Herrnbaumgarten, simulieren zu können.

Die Kunststofftrennplatten wurden danach entfernt und der noch vorhandene Spalt wurde vorsichtig, mit dem in der Schale vorhandenem Substrat, durch Fingerdruck verschlossen. In weiterer Folge wurden die Schalen in einen Schrank der Firma Flohr Instruments bei 25 °C (+/- 1 °C) und Dunkelheit gestellt.

Die Auswertung erfolgte nach 72 Stunden. Es wurde mit einem Löffel, die Erde vorsichtig aus den Schalen entnommen. Sobald eine *Melolontha*-Larve freigelegt wurde, wurde ihr Standort in der Schale in eine zuvor angefertigte Skizze übertragen. Alle 30 Engerlinge haben diesen Versuch überlebt. Nach einer Woche wurde eine weitere Vitalitätskontrolle durchgeführt. Dabei wurden die Engerlinge aus ihren Aufbewahrungsbehältern entnommen und es

wurde mit Federpinzetten überprüft, ob sie ein Abwehrverhalten zeigen. Auch hier wurde ein einwandfreier Zustand aller Engerlinge festgestellt.

2.3.6. Topfversuch mit ganzen Pflanzen

Bei diesem Versuch wurde an der Abteilung für Pflanzenschutz die Gewichtsveränderung der Engerlinge innerhalb eines Monats bei unterschiedlichen Nahrungspflanzen getestet. Der Versuchszeitraum erstreckte sich vom 25.11.2014 bis zum 23.12.2014. Die dabei verwendeten *Melolontha*-Larven stammten zum Teil aus der in Punkt 2.3.4. beschriebenen Eigenzucht bzw. aus den bei Freilandgrabungen gewonnenen Individuen.

Um mit diesem Versuch beginnen zu können wurden vier Wochen zuvor, am 22.10.2014, zehn Blumentöpfe mit einem Durchmesser von 14 Zentimetern und einer Höhe von neun Zentimeter (was circa einem Volumen von je 750 ml entspricht) mit Bodensubstrat gefüllt und mit Samen der Weiß-Senfsorte Luna versehen. Drei Wochen später, am 17.11.2014, wurden wieder zehn Blumentöpfe derselben Größe mit dem Bodensubstrat derselben Mischung befüllt und Grassamen darauf ausgesät. Die Kultivierung erfolgte im Anzuchttraum der Abteilung für Pflanzenschutz bei Langtagbedingungen (L:D=16:8) und einer Temperatur von 25 °C (+/-1 °C). Am 25.11.2014 zu Versuchsbeginn hatte sich sowohl der Senf als auch das Gras sehr gut entwickelt und die Wurzelmasse war in beiden Kulturen gut ausgeprägt.

Die Töpfe wurden nun mit einem schwarzen Filzstift von eins bis 20 durchnummeriert. Eins bis zehn wurde dem Senf zugeteilt und elf bis 20 dem Gras. Als nächster Schritt wurden insgesamt 20 Maikäferengerlinge einzeln gewogen, mit einer Waage der Firma Sartorius BP 610, und danach mit einer Messskala der jeweiligen Identifikationsnummer (wiederum eins bis 20) und dem notierten Gewicht fotografiert, wie am Beispiel des Individuums zehn in der Abbildung 9 zu sehen ist.

Danach wurden die Engerlinge einzeln, ihrer Nummer entsprechend, in den dafür vorgesehenen Blumentopf eingebracht. Die Töpfe wurden in einen Wärmeschränk der Firma Planton GmbH (LT 490) auf vier verschiedenen Etagen eingestellt. Dabei erfolgte das Einstellen nicht der Reihenfolge der Blumentopfnummer, sondern es wurde Bewusst ein zufälliger Platz im Wärmeschränk gewählt. Es herrschten Langtagbedingungen (L:D=16:8) bei einer Temperatur von 24 °C (+/-1 °C).

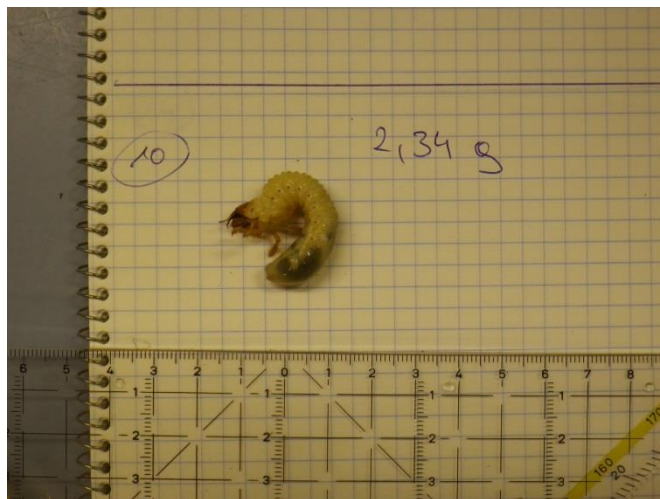


Abb. 9: Dokumentation zu Versuchsbeginn

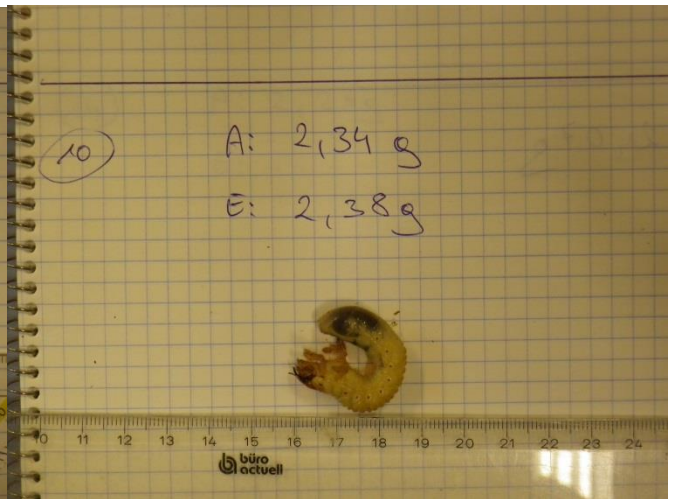


Abb. 10: Dokumentation zu Versuchsende

Die Pflanzen wurden jeden zweiten Tag mit Wasser gegossen, dabei wurde darauf geachtet, dass nur mäßig Wasser zugeführt wurde, um den *Melolontha*-Larven keinen Schaden zuzufügen.

Die Auswertung erfolgte am 23.12.2014. Es wurden die *Melolontha*-Larven einzeln aus den Blumentöpfen entnommen und gewogen. Das Gewicht wurde wieder notiert und mit der Messskala ein Foto zur Dokumentation angelegt. Wie in den Abbildung 9 und 10 zu sehen ist, hat beim Beispiel des Engerlings mit der Nummer 10 eine Gewichtszunahme von 0,04 g stattgefunden.

Die Engerlinge wurden danach in Erds substrat in einem Kühlschrank der Firma Liebherr bei circa 5 °C und bei Dunkelheit aufbewahrt, um Versuche eventuell Wiederholen zu können. Die *Melolontha*-Larven wurden drei Wochen nach Versuchsabschluss, ohne weitere Versuchswiederholung, in kochendem Wasser abgetötet. Danach wurden sie in 70 % Alkohol zur Konservierung eingelegt. Im Anschluss wurde ihre Kopfkapseln vermessen (Schieblehre ERBA), um ihr Larvenstadium bestimmen zu können.

2.3.7. Datenauswertung

Die rechnerische Auswertung der Daten und die in diesem Zusammenhang stehenden Darstellungen wurde mit dem Statistikprogramm „R“ und „Excel“ erstellt.

Unabhängige Stichproben wurden mittels „Zweistichproben t-Test“ miteinander verglichen.

Dies erfolgte bei der Auswertung der Ausfallssonnenblumen, beim Vergleich der Kopfkapselgröße und beim Gewichtsvergleich der Engerling bei unterschiedlichen Diäten des Topfpflanzenversuchs mit ganzen Pflanzen.

Beim Wahlversuch mit zerkleinerten Pflanzen wurden die Ergebnisse mittels eines „Gepaarten t-Tests“ ausgewertete.

3. ERGEBNISSE

Die Ausarbeitung der erhobenen Daten erfolgte vom April 2014 bis Mai 2015.

3.1. Ergebnisse im Freiland

Die von den Landwirten in Herrnbaumgarten zur Verfügung gestellte Versuchsfläche wurde im Jahr 2014 keiner landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt. Erst nach der letzten Grabung zur Datenerhebung und Probeentnahme im April 2015 wurde die landwirtschaftliche Bewirtschaftung der Versuchsfläche fortgesetzt. Alle Freilandarbeiten erfolgten unter Berücksichtigung der beobachteten und erhobenen Klimadaten und wurden darauf abgestimmt.

3.1.1. Beobachtung der Versuchsfläche und der Maikäfer

Es wurde ein Rundgang im Bereich der Versuchsfläche in Herrenbaumgarten am 24.04.2014 von 10:00 bis 12:30 Uhr bei Sonnenschein und 20 °C Außentemperatur durchgeführt.

Auf der Versuchsfläche waren zu diesem Zeitpunkt die unterschiedlichen Bearbeitungsformen der einzelnen Parzellen bereits sichtbar, das heißt, dass jene Parzellen (3+4) deren Boden bis zur Eiablage offen gehalten wurde, sich von den unbearbeiteten Parzellen (1+2), an denen sich bereits ein bis zu ca. fünf Zentimeter hoher Bewuchs zeigte, optisch unterschied. Die Begehung der Fläche erfolgte auf den zwei Meter breiten Zwischenstreifen, sodass die Parzellen nicht betreten werden mussten. Die 15 Meter breiten Parzellen waren von dieser Position gut einsehbar. Zahlreiche Mäuselöcher befanden sich auf allen vier Parzellen. Auch Mäuse wurden gesichtet. Eine nähere Bestimmung konnte auf Grund ihres flinken Verschwindens in Verstecke und Mäuselöcher nicht durchgeführt werden.

Es konnten keine Maikäfer auf den Parzellen wahrgenommen werden.

Am westlich anschließenden Grundstück zur Parzelle 1 finden sich verschiedene Obstbäume, an denen Maikäfer beim Fraß an den Blättern beobachtet wurden. Hier war zu sehen, dass die Käfer vermehrt an *Prunus domestica* (Zwetschken-), *Prunus armeniaca* (Marillen-) und *Prunus persica* (Pfirsichbäumen) fraßen (Abb. 11). *Malus domestica* (Apfel-) und *Pyrus communis* (Birnenbäume) wurden kaum von den Käfern besucht.

Die Bäume und Sträucher des hangaufwärts situierten Windschutzgürtels waren ebenfalls von der Fraßtätigkeit der Maikäfer betroffen. In diesem Bereich konnten die Maikäfer vor allem an *Acacieae* (Akazienbäumen) beobachtet werden. Auffällig war, dass kein einziger Käfer an *Sambucus* (Holundersträuchern) zu sehen war.

Die umliegenden Felder mit Weinkulturen wurden ebenfalls begangen und auch hier waren Maikäfer bei ihrer Fraßtätigkeit und auch bei der Kopulation zu beobachten. Auch an den nicht gemähten Ackergrenzen konnten Maikäfer an kniehohen Gräsern beobachtet werden.

Am Gegenhang, durch den Güterweg von der Versuchsfläche getrennt, steht eine kleine Baumgruppe, mit einem überwiegenden Bestand von *Acer* (Ahorn) und vereinzelt *Quercus* (Eichen). Die Maikäfer waren nicht nur an *Quercus* (Eichen) zu beobachten, sie waren auch in großer Zahl am *Acer* (Ahorn) zu finden. Auch hier konnten keine Maikäfer an *Sambucus* (Holundersträuchern) gesichtet werden.

Im Zuge dieses Rundganges wurden von unterschiedlichen Stellen Maikäfer für weitere Untersuchungen in Probebehältnisse verpackt. Insgesamt wurden 36 Maikäfer gesammelt.

Am 29.04.2014 wurde erneut ein Rundgang im Bereich der Versuchsflächen in Herrenbaugarten von 10:30 bis 12:45 Uhr bei 20 °C Außentemperatur und teilweise Sonnenschein durchgeführt.

Die Verhältnisse waren ähnlich wie in der Vorwoche, es konnten keine Käfer an der Versuchsfläche beobachtet werden. Die Käfer fraßen bevorzugt an den Pflanzen, welche bereits eine Woche zuvor beschrieben wurden. Es konnten auch keine weiblichen Käfer beobachtet werden, die sich zur Eiablage in den Boden eingruben.

Im Zuge dieses Rundganges wurden von den unterschiedlichen Stellen Maikäfer für weitere Untersuchungen in Probebehältnisse verpackt. Insgesamt wurden 118 Maikäfer gesammelt.



Abb. 11: Maikäfer beim Fraß und Kopulation an *Prunus domestica* (Zwetschkenbaum), Aufnahme vom 24.4.2014

3.1.2. Auswertung von Klima- und Niederschlagsdaten

Die durch die Wetterstation registrierten Klimadaten (Temperaturmaxima, Temperaturminima und Niederschlagsmenge), waren über das Internet (AccuWeather Company) jederzeit abrufbar. Die so erhaltenen Informationen gaben Rückschlüsse auf die Entwicklung der Maikäfer, wie zum Beispiel auf den Zeitpunkt des Auskriechens der Käfer aus der Erde. Daraus resultierende Arbeitsschritte wurden von den äußeren Verhältnissen und den Klimadaten in Abhängigkeit gebracht.

Die klimatischen Verhältnisse waren im Frühjahr 2014 relativ warm, sodass mit Ende März bzw. Anfang April die ersten adulten Maikäfer beim Flug von den Landwirten in Herrnbaumgarten gesichtet wurden. Diesen Beobachtungen zufolge wurde auch die erste Grabung (Basisgrabung), am 8. April 2014, durchgeführt, um fertig entwickelte Käfer im Bodensubstrat zu finden. Auch alle weiteren Grabungstermine wurden von den klimatischen Gegebenheiten in Abhängigkeit gebracht und diesbezüglich koordiniert (Anhang-Tabelle 1).

In den Monaten April, Mai und Juni wurden nur sehr geringe Niederschlagsmengen gemessen. In den folgenden Monaten fiel mehr Niederschlag, wodurch auch das Wachstum

des Weißen-Senfs gute Fortschritte machte. Der erste Frost konnte mit Ende Oktober beobachtet werden (Abb. 12). In diesem Zeitraum dürfte auch der Rückzug der Engerlinge in tiefere Bodenschichten stattgefunden haben.

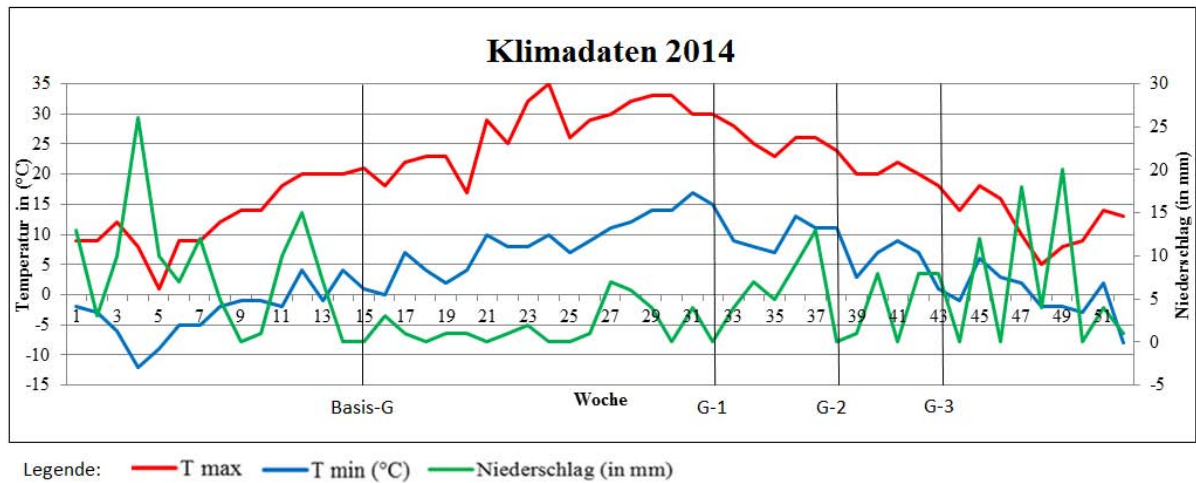


Abb. 12: Wöchentliches Temperaturmaxima und Temperaturminima (in °C), sowie der Menge der wöchentlichen Niederschlagssummen (Regen und Schnee in mm) in Herrnbaumgarten von Jänner 2014 bis Dezember 2014 (AccuWeather Company). Die vertikalen Linien, welche mit Basis-G bis G3 bezeichnet sind, markieren die zu diesem Zeitpunkt durchgeführten Grabungen.

Um auch beim letzten Grabungstermin Engerlinge im Bodensubstrat zu finden, wurden die Temperaturveränderungen im Frühjahr 2015 genau beobachtet. Nachdem ein Temperaturanstieg in der dritten Aprilwoche zu erkennen war, (die Tageshöchstwerte bewegten sich in der Woche vor der Grabung um die 20 °C und die Tagestiefstwerte um die 6 °C, es wurde nur noch einmalig am 19. April ein Tiefstwert mit -1 °C gemessen) wurde die vierte Grabung am 23. April durchgeführt (Abb. 13) (Anhang-Tabelle 2).

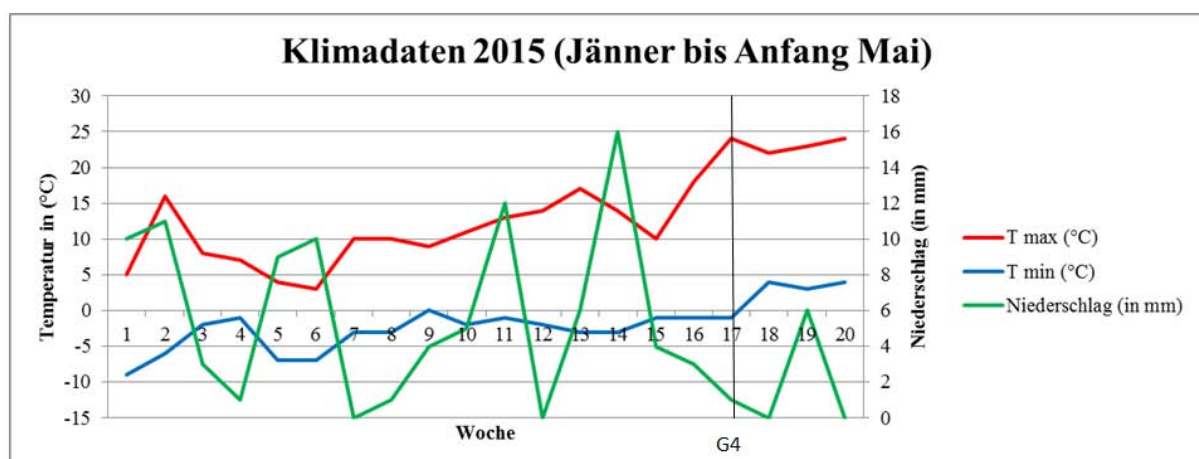


Abb. 13: Wöchentliches Temperaturmaxima und Temperaturminima (in °C), sowie die Menge der wöchentlichen Niederschlagssummen (Regen und Schnee in mm) in Herrnbaumgarten von Jänner 2015 bis Anfang Mai 2015 (AccuWeather Company). Die vertikale Linie, welche mit G4 bezeichnet ist, markiert die zu diesem Zeitpunkt durchgeführte vierte Grabung.

3.1.3. Beobachtung der Bodenvegetation

Auf der Kontrollparzelle 1 entwickelten sich die Ausfallssonnenblumen rascher, als auf der Parzelle 4, die als Schwarzbrache behandelt worden war. Außerdem betrug die Dichte der Ausfallssonnenblumen auf der Parzelle 4 nur knapp 22 % im Gegensatz zu den Ausfallssonnenblumen der Kontrollparzelle (Anhang-Tabelle 3), (Abb. 14).



Abb. 14: Ausfallssonnenblumen der Parzellen 1 und 4 im Vergleich, Angabe der Anzahl der Sonnenblumen pro 1m², n=8

Der Dichteunterschied der Sonnenblumenpflanzen auf der Parzelle 1 und der Parzelle 4 ist signifikant (Anhang-Tabelle 4).

An Unkräutern kamen auf den Parzellen 1 und 4 vereinzelt *Amaranthus* (Fuchsschwanzgewächse), *Convolvulus arvensis* (Acker-Winde) und *Cirsium arvense* (Acker-Kratzdistel) vor. Auf den Parzellen 2 und 3 konnten zwischen den Senfpflanzen kaum Unkräuter beobachtet werden. Vereinzelt kam *Convolvulus arvensis* (Acker-Winde) zum Vorschein.

Auf den zwei Meter breiten Streifen zwischen den Parzellen war eine größere Vielfalt an Pflanzen zu beobachten, allerdings kann auch auf diesen Stellen nicht von einem dichten, das

Erds substrat bedeckendem Bewuchs die Rede sein. Außer den zuvor genannten Unkräutern konnten auf den Zwischenstreifen noch Monokotyle-Pflanzen und *Anthemis arvensis* (Acker-Hundskamille) beobachtet werden.

3.1.4. Ergebnis gefundener Individuen

Die erhobenen Daten der Basisgrabung flossen nicht in die Gesamtbeurteilung mit ein. Die Basisgrabung gab lediglich Aufschluss über das Bodenleben der Versuchsfläche. Der Termin dieser Grabung war der 8. April 2014 und somit noch vor dem Beginn der Eiablage der Maikäfer. Dabei wurden überwiegend Regenwürmer und Schneckenhäuser gefunden. Die bei der Basisgrabung erwarteten Käferfunde, welche sich im Stadium des Auskriechens befinden hätten müssen, blieben aus. Es wurde allerdings ein Engerling gefunden, welcher von einer Eiablage von 2013 stammen müsste. Das heißt, es muss sich hierbei um eine Maikäferlinie handeln, welche sich außerhalb des Massenvorkommens befindet.

Jedes bei den Grabungen 1, 2, 3 und 4 gefundene Individuum wurde in die Ergebnisauswertung miteinbezogen (Anhang-Tabelle 5). Da die Basisgrabung zur Interpretation des Standortes zu verstehen ist, wurden die dabei ausgezählten Individuen zwar in der Anhang-Tabelle aufgelistet, jedoch nicht in der Auswertung miteinberechnet.

Insgesamt wurden bei den Grabungen eins, zwei, drei und vier 612 Individuen gefunden. Dabei wurde die reichste Artenvielfalt auf der Parzelle 1 (Kontrollparzelle) gefunden. Die Anzahl der gefundenen Individuen war auf der Parzelle 1 (Kontrollparzelle) mit 217 Individuen am höchsten und auf der Parzelle 4 (Schwarzbrache) mit 209 Individuen nur unwesentlich geringer. Auf der Parzelle 2 (Biofumigation) betrug die Anzahl der Individuen nur circa 45 % gegenüber der Parzelle 1 (Kontrollparzelle). Auf Parzelle 3 (Kombination Biofumigation-Schwarzbrache) konnten die wenigsten Individuen gefunden werden. Der Anteil der ausgesiebten Individuen betrug 41 % im Vergleich zur Kontrollparzelle (Abb. 15).

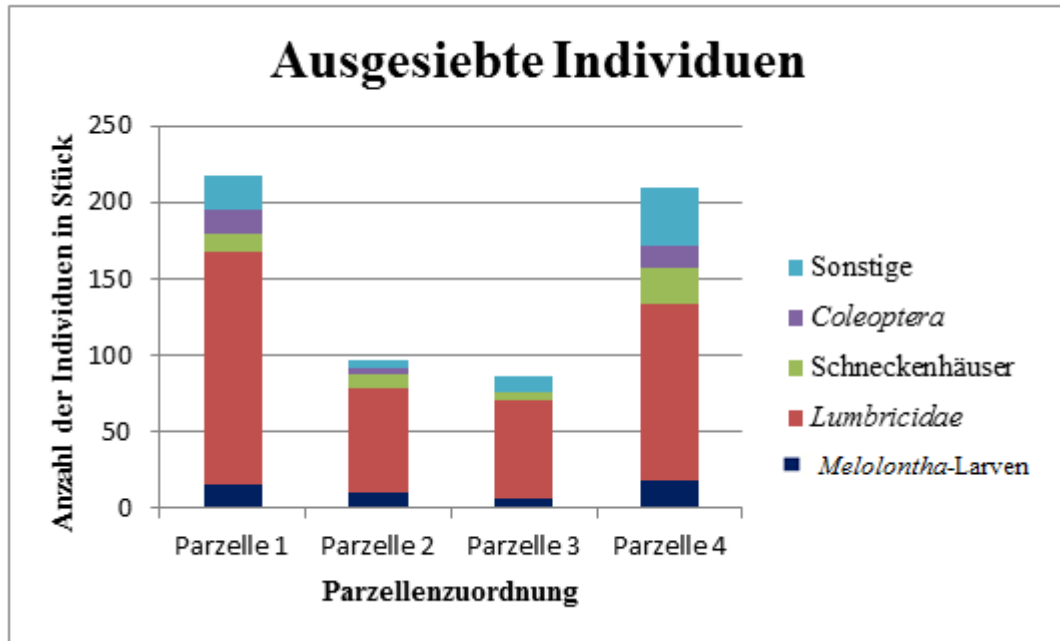


Abb. 15: Gefundene Individuen der Grabungen 1, 2, 3 und 4, den jeweiligen Parzellen zugeordnet.

Die Art, welche durch ihre Anzahl am öftesten ausgezählt wurde, waren die Vertreter der *Lumbricidae* (Regenwürmer). Der gefundene Anteil ihrer Art betrug im Vergleich zu allen anderen vorgefundenen Individuen 65 %. Wobei auch ihr Vorkommen auf der Parzelle 2 (Biofumigation) um beinahe 48 % und auf der Parzelle 3 (Biofumigation und Schwarzbrache) um 41% geringer war, als auf der Kontrollparzelle. Auf Parzelle 4 (Schwarzbrache), welche bei den Funden sehr ähnliche Zahlen aufweist wie Parzelle 1 (Kontrollparzelle), konnten um ein Viertel weniger Regenwürmer gefunden werden, als auf Parzelle 1 (Kontrollparzelle).

Im Gegensatz zu den Regenwürmern betrug der Anteil gefundener *Melolontha*-Larven im Bezug zur Gesamtanzahl aller Individuen nur knapp über 8 %. Allerdings zeigte sich bei den gefundenen *Melolontha*-Larven eine ähnliche Verteilung wie bei der Gesamtanzahl aller Individuen. Auf Parzelle 4 (Schwarzbrache) wurden die meisten *Melolontha*-Larven mit 18 Stück gefunden. Annähernd gleichviele, und zwar 16 Stück, wurden auf der Parzelle 1 (Kontrollparzelle) gefunden. Auf der Parzelle 2 (Biofumigation) wurden 11 *Melolontha*-Larven ausgesiebt. Das entspricht knapp 69 % der Anzahl derer von Parzelle 1. Auf Parzelle 3 (Kombination von Schwarzbrache und Biofumigation) wurden die wenigsten *Melolontha*-Larven mit nur 7 Stück gefunden, dies sind knapp unter 50 % der Anzahl von der Kontrollparzelle (Abb. 16).

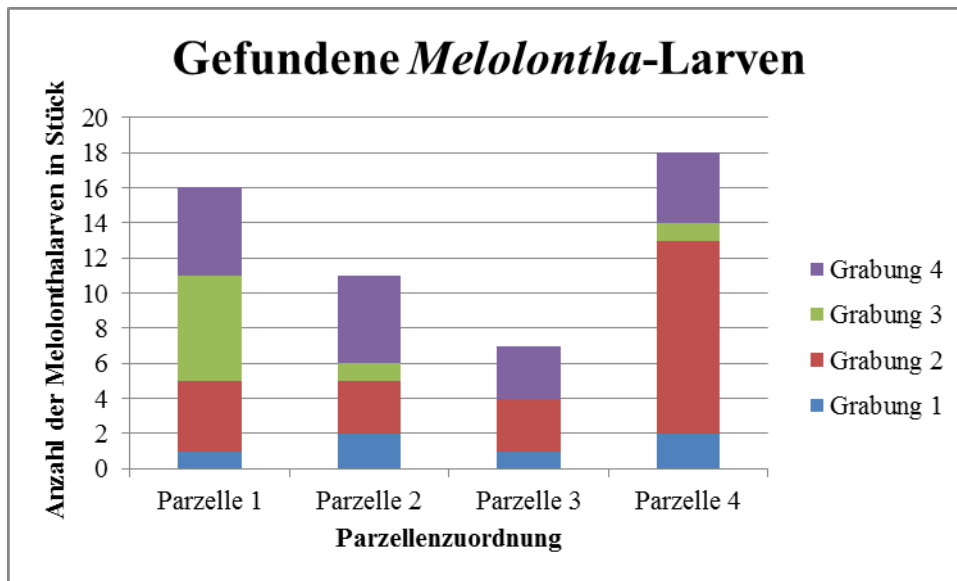


Abb. 16: Gefundene *Melolontha*-Larven der Grabungen 1, 2, 3 und 4, der jeweiligen Parzelle zugeordnet.

Bei der Grabung 1 am 21. Juli wurden insgesamt 6 *Melolontha*-Larven gefunden. Die zweite Grabung, welche Mitte September stattfand und circa eine Woche nach der Biofumigation erfolgte, war jene Grabung, bei der die meisten *Melolontha*-Larven, es waren 21 Stück, ausgesiebt wurden. Es konnte somit in jeder Parzelle ein Anstieg der Larvenfunde von der Grabung 1 zur Grabung 2 verzeichnet werden (Abb. 16).

Bei der vierten Grabung, der Abschlussgrabung vom 23. April 2015, wurden 17 Engerlinge ausgesiebt. Das entspricht einem Anteil von beinahe 33 % aller gefundenen *Melolontha*-Larven. Die Verteilung der bei dieser vierten Grabung gefundenen Engerlinge gestaltete sich (Parzelle 1 = 5 Stück, Parzelle 2 = 5 Stück, Parzelle 3 = 3 Stück und Parzelle 4 = 4 Stück), auch bezüglich der geringen Anzahl, relativ homogen. Die gefundenen Engerlinge der vierten Grabung konnten als Larven im L2-Stadium identifiziert werden (Anhang-Tabelle 6).

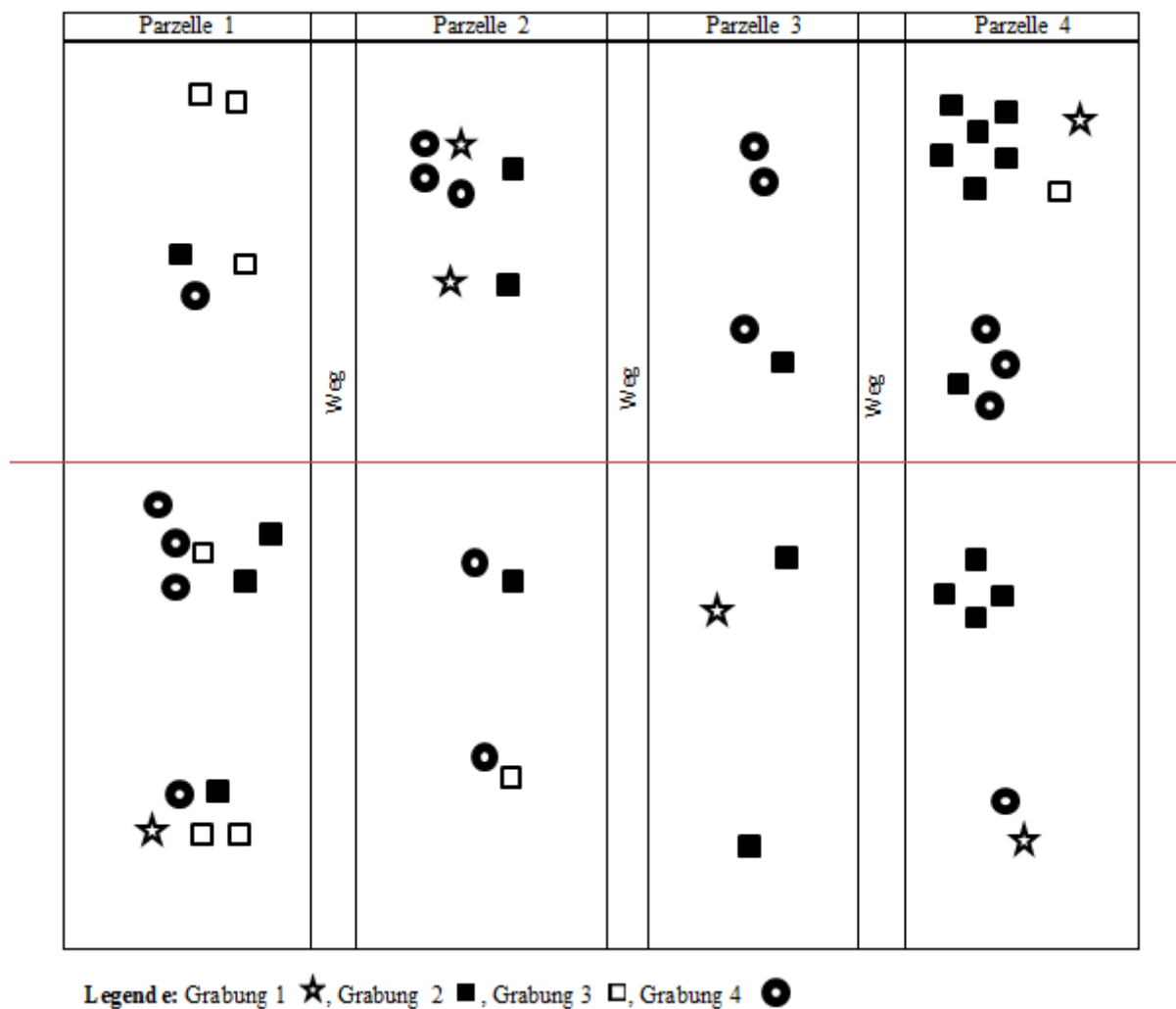


Abb. 17: Funde von *Melolontha*-Larven mit räumlicher und zeitlicher Zuordnung. Horizontal gezogene gedachte Linie, unterteilt die Versuchsfläche in Oberhang und Unterhang.

Wenn eine gedachte Linie quer über die Versuchsfläche gezogen wird und die Maikäferengerlingsfunde am Oberhang und am Unterhang ausgezählt werden, so ist festzustellen, dass 55 % der Engerlinge am Oberhang gefunden wurden, also näher zur nördlich gelegenen Baumreihe und 45 % der Engerlinge am Unterhang. Bei genauerer Betrachtung ist zu bemerken, dass in allen Parzellen, mit Ausnahme der Parzelle 1 (Kontrollparzelle), am Oberhang mehr Engerlinge gefunden wurden, als am Unterhang (Abb. 17).

3.2. Ergebnisse Laborversuche

Das Analysieren der Ergebnisse wurde am IFFF und in der Abteilung für Pflanzenschutz durchgeführt.

3.2.1. Ergebnis Trockentrichtertermethode nach dem Berlese-Tullgren-Prinzip

Die Auswertung der Proben dieses Versuches erfolgte am IFFF. Da die gewonnen Berlese-Proben in Alkohol konserviert wurden, musste die Auswertung dieser, nicht unmittelbar nach dem Abschluss der Probengewinnung erfolgen (Anhang-Tabelle 7).

Die Basisgrabung am 8. April diente zur Erhebung von Ausgangsdaten und im Zuge dieser wurden 19 Individuen ausgezählt. Die am häufigsten vertretene Art mit über 63 % gegenüber allen anderen Individuen waren bei der Basisgrabung die Spinnentiere.

In den Proben der Grabungen 1, 2, 3 und 4 konnten insgesamt 106 Individuen ausgezählt werden (Abb. 18).

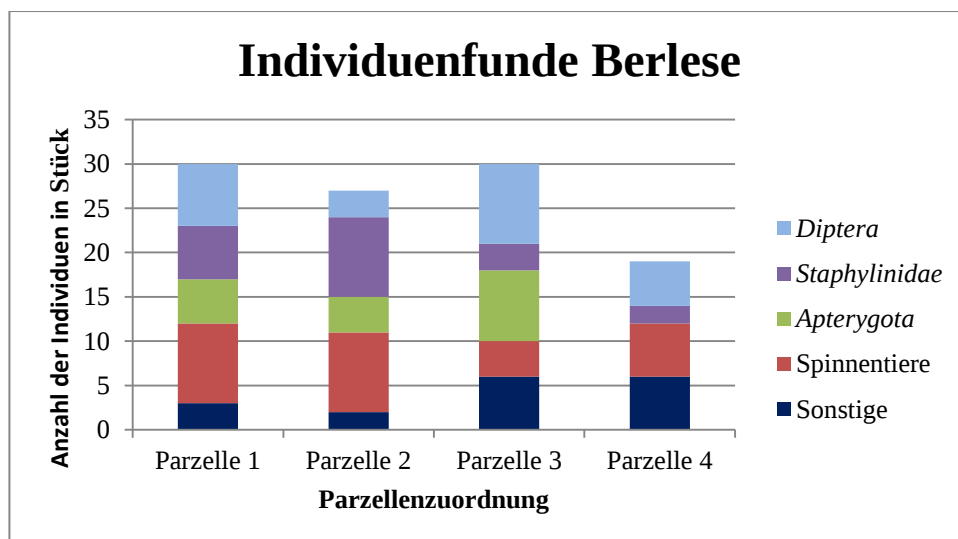


Abb. 18: Auswertung der Berlese-Proben der Grabungen 1, 2, 3 und 4. Die ausgezählten Individuen sind der jeweiligen Parzelle zugeordnet.

Es wurden in den Auswertungen der Berlese-Proben von Parzelle 1 (Kontrollparzelle), Parzelle 2 (Biofumigation) und Parzelle 3 (Biofumigation + Schwarzbrache) annähernd gleich viele Individuen gefunden. In den Proben von Parzelle 4 (Schwarzbrache) konnten die wenigsten Individuen mit knapp über 63 % im Gegensatz zu den andern Proben ausgezählt werden.

Am häufigsten wurden in den Proben Spinnentiere gefunden. Dabei handelte es sich überwiegend um *Acari* (Milben). Im Vergleich zu den Spinnentieren wurden 80 % *Diptera* (Zweiflügler) und annähernd 67 % *Staphylinidae* (Kurzflügler) gefunden.

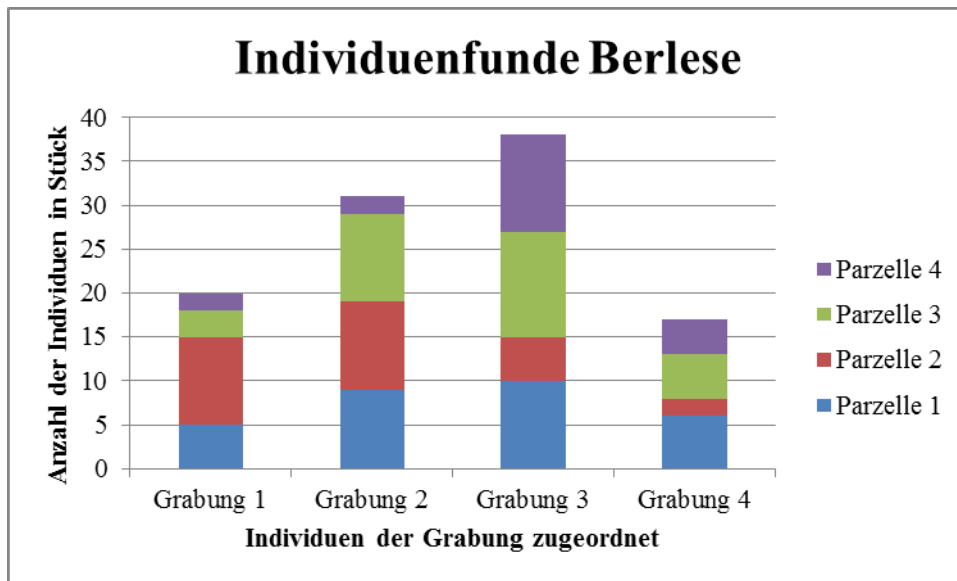


Abb. 19: Aufsummierte Individuen der Parzellen 1, 2, 3 und 4 der Grabungen 1, 2, 3 und 4 zugeordnet

Wenn nun die Individuen der jeweiligen Grabung aufsummiert werden, so wird ersichtlich, dass die Individuenanzahl im Verlauf des Jahres 2014 ansteigen. Vor allem der Anstieg der Individuen von Parzelle 4 ist markant. Ihr Anteil hat sich von der Grabung 2 zur Grabung 3 um mehr als das fünffache erhöht. Im Frühjahr 2015, bei der Grabung 4, ist wieder ein Rückgang der Individuenanzahl auf allen vier Parzellen zu erkennen (Abb. 19).

3.2.2. Ergebnis Bodenfeuchtebestimmung

Schon während des Grabens und dem anschließenden Aussieben auf den Versuchsflächen konnte durch die unterschiedliche Konsistenz der Bodenbeschaffenheit eine Grobeinschätzung der Bodenfeuchte vorgenommen werden. Die genaue Bestimmung des Wassergehaltes erfolgte im Labor am IFFF (Anhang-Tabelle 8-12).

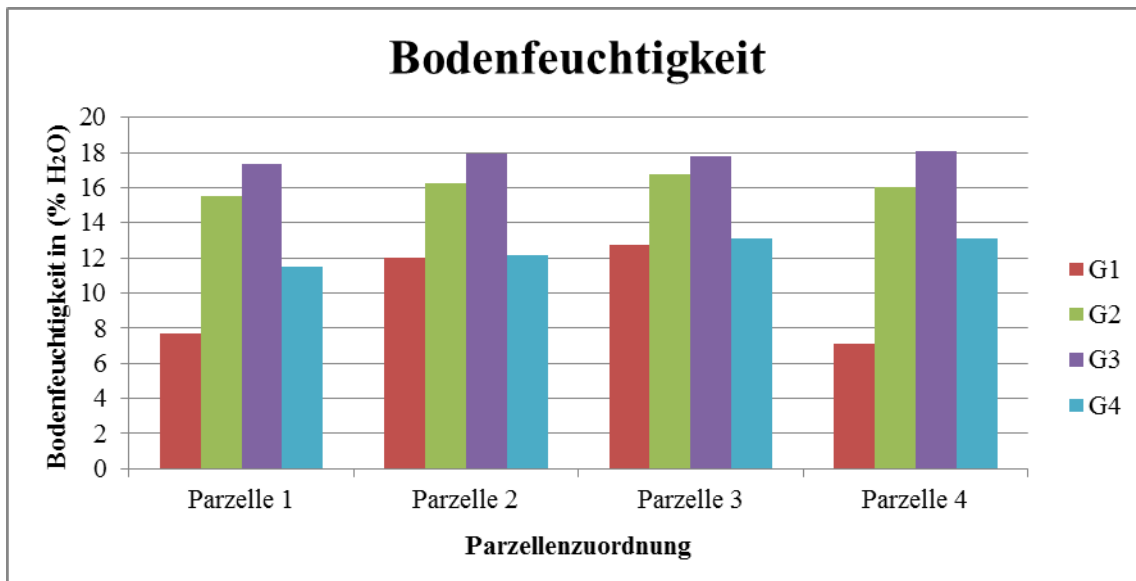


Abb. 20: Bodenfeuchtigkeit in % Wassergehalt der Grabungen 1, 2, 3 und 4 den jeweiligen Parzellen zugeordnet.

Bei den erhobenen Daten der Bodenfeuchte ist zu sehen, dass bei den jeweiligen Grabungen 2, 3 und 4 über die einzelnen Parzellen ein homogenes Resultat erkennbar ist. Eine Ausnahme ist nur bei dem Ergebnis der Grabung 1 zu erkennen (Abb. 20). Hier ist der Feuchtigkeitsgehalt des Bodensubstrates auf Parzelle 1 und Parzelle 4, mit knapp über 7 % um ein Drittel geringer als auf Parzelle 2 mit 12 %, beziehungsweise um beinahe die Hälfte geringer, als auf Parzelle 3 mit circa 13 %. Parzelle 1 und Parzelle 4 zeigte zum Zeitpunkt der Probeentnahme einen dichten Bewuchs mit Ausfallssonnenblumen vom Vorjahr. Auf Parzelle 2 und Parzelle 3 war der Weiße-Senf über das Keimblattstadium hinaus ausgetrieben. Der Reihenschluss war aber zu diesem Zeitpunkt noch nicht zu beobachten.

Der höchste Feuchtigkeitsgehalt im Bodensubstrat konnte bei der Grabung 3 mit bis zu 18 % und knapp dahinter liegend bei Grabung 2 mit über 16 % gemessen werden. Diese Werte korrelieren mit den in den Tagen vor den Grabungen gemessenen Niederschlagsmengen.

3.2.3. Ergebnis *Galleria*-Köder-Methode

Die Auswertung dieser Versuche erfolgte nach jeder Grabung mit den gezogenen Bodenproben aus Herrnbaumgarten am IFFF.

Bei jeder gefundenen toten *Galleria*-Larve wurden das Stadium der Entwicklung und der optische Eindruck des Individuums notiert (Anhang-Tabelle 13-17). Vor allem die Konsistenz des toten Insektenkörpers, seine Farbe und der Geruch konnten zum Zeitpunkt des Aussortierens aus der Bodenprobe, bereits ein Hinweis auf eine mögliche Todesursache sein. In der Regel bildeten sich in der feuchten Kammer der Petrischale, bei *Galleria*-Larven deren toter Körper von harter Konsistenz war, Pilze aus. Dabei wurde als häufigste Pilzart *Metarhizium*

anisopliae vorgefunden. Ein hoher Befall mit Milben, der sorgfältig ausgearbeiteten Proben in den Petrischalen, erschwerte die Beurteilung der Ergebnisse. In mehr als einem Drittel der in den feuchten Kammern kultivierten Proben wurden Milben gefunden. Bei sehr langem Aufbewahren und regelmäßigem Befeuchten des Inhalts der Petrischalen konnte beobachtet werden, dass es zur Ansiedelung von Pilzarten kam, welche mit großer Wahrscheinlichkeit keinen Einfluss auf die Todesursache der *Galleria*-Larven hatten. Diese Proben wurden mit „sekundäre Pilze“ ausgewertet. Tote *Galleria*-Larven, welche in den Petrischalen weder ein Wachstum von Pilzen noch einen Befall von Nematoden zeigten, wurden mit „ohne Befund“ vermerkt.

Bei der Auswertung der Proben nach der Basisgrabung überwog mit 50 % der Pilzbefall an den *Galleria*-Larven. Zu 15 % konnten Nematoden nachgewiesen werden. Der Milbenbefall war mit knapp über 13 % durchaus gering. Beim Versuchsansatz nach der Basisgrabung wurden die letzten vier toten *Galleria*-Larven am Tag 26 aus den Probeschalen aussortiert. Dabei kam es auch zur Entwicklung von fünf Raupen zur Puppe und davon konnten sich sogar zwei Individuen zu Schmetterlingen fertig entwickeln. Am Tag 13 wurde die größte Anzahl an toten *Galleria*-Larven mit 18 Stück vorgefunden, dies entspricht einem Gesamtanteil von 30 %.

Bei der Grabung 1 konnte mit einem relativ hohen Anteil von 52,5 % keine ersichtliche Todesursache festgestellt werden. Der Pilzbefall betrug 20 % und mit unter 4 % war der Anteil an gefundenen Nematoden verschwindend gering. Bei den Bodenproben der Grabungen 2 mit 66 % und bei der Grabung 3 mit 62,5 % überwog der Anteil der Proben mit Milben. Erst im Frühjahr, bei der Grabung vier, ging der Milbenanteil auf circa 6 % stark zurück (Abb. 21).

Auch bei der Grabung 4 konnte mit beinahe 49 % keine ersichtliche Todesursache an den *Galleria*-Larven festgestellt werden. Der Anteil an mit Pilz befallenen *Galleria*-Larven betrug 27,5 % und der Anteil an *Galleria*-Larven mit Nematodenbefall betrug noch 17,5 %.

Bezüglich der Nematoden ist festzustellen, dass der Anteil bei den Grabungen zwei, drei und vier von den Bodenproben der Parzelle 3 am höchsten war mit 30 – 40 %. Bei der Grabung eins konnte allerdings kein einziger Nematodenbefall der Bodenproben von Parzelle 3 nachgewiesen werden, hier wurde in Parzelle 2 ein Nematodenanteil von 10 % festgestellt. Eine genauere Bestimmung der Nematoden hat im Zuge dieser Arbeit nicht stattgefunden.

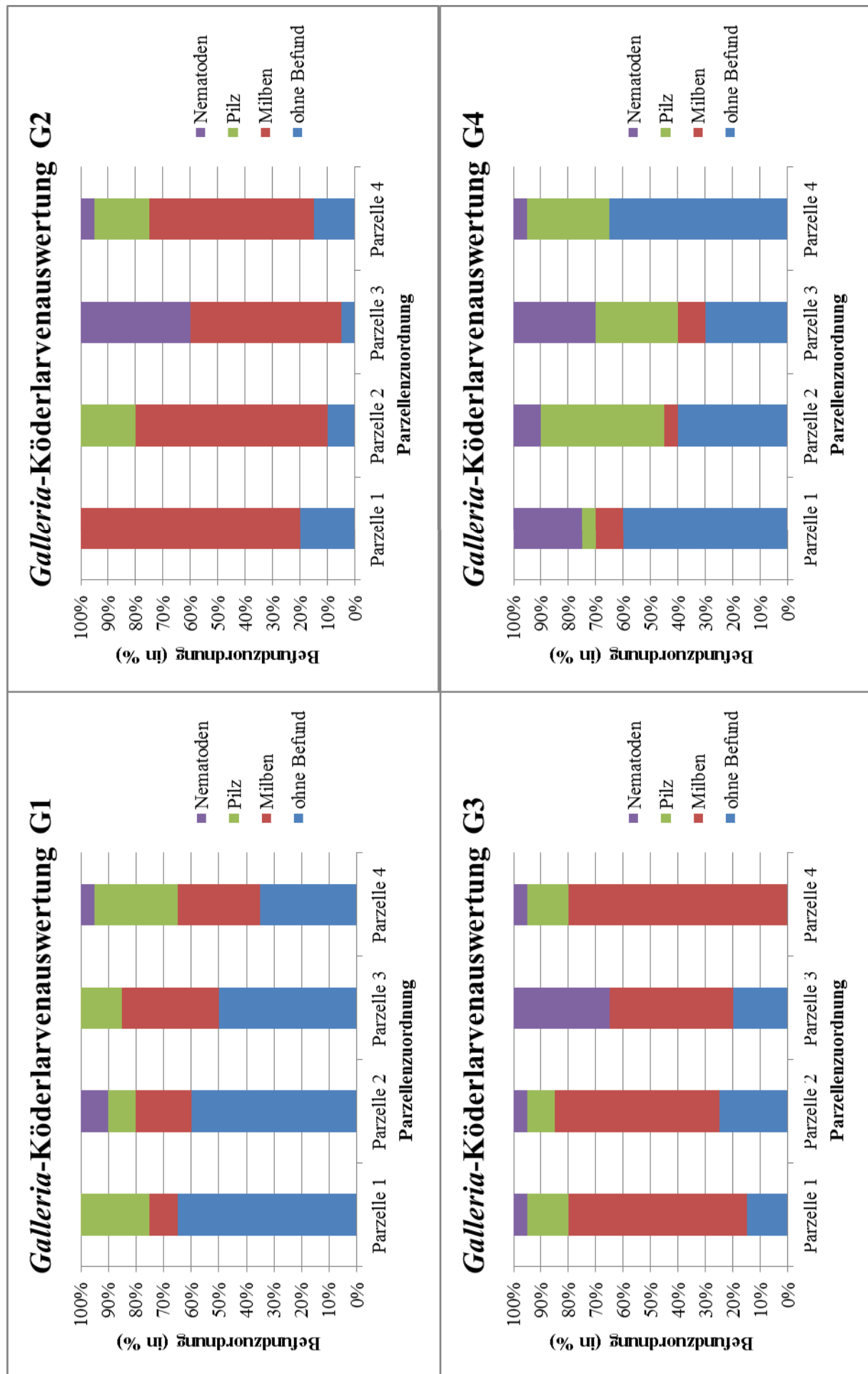


Abb. 1: *Galleria*-Köderlarvenauswertung der Bodenproben von den Grabungen 1, 2, 3 und 4. Pro Parzelle und Grabung durchliefen 20 *Galleria*-Larven die Bodenproben.

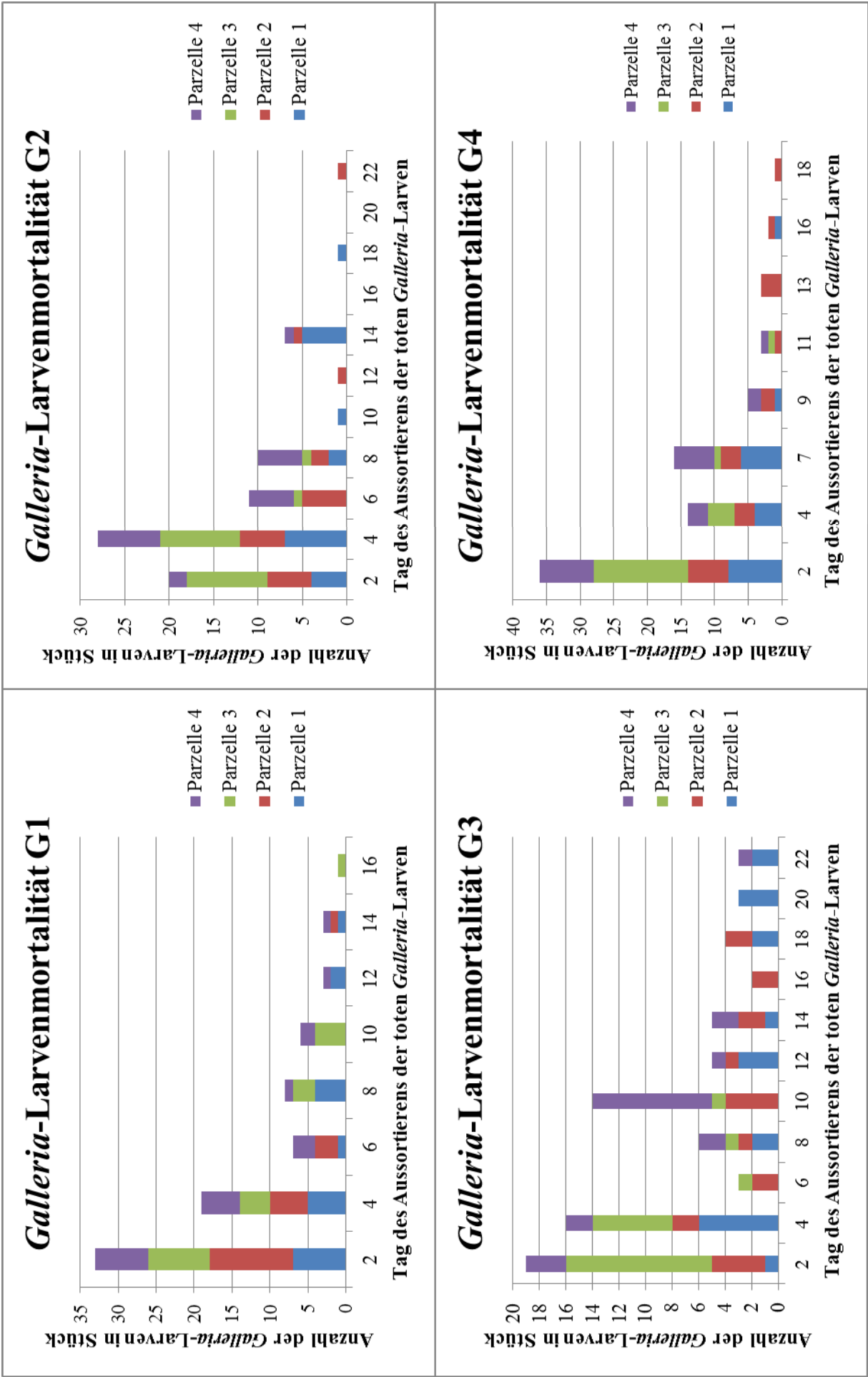


Abb. 21: Galleria-Larvenmortalität aus den Proben der Grabungen 1, 2, 3 und 4, beim vorfinden toter Galleria-Larven wurden diese aus den Bodenproben aussortiert.

Die *Galleria*-Larven in den Bodenproben der Grabung eins und der Grabung vier hatten die kürzeste Lebensdauer mit 16 beziehungsweise 18 Tagen. Bei der Grabung zwei und der Grabung drei gab es immerhin Individuen die erst am Tag 22 in totem Zustand aus den Bodenproben entnommen wurden. Die meisten toten *Galleria*-Larven wurden bei den Grabungen 1, 3 und 4 am zweiten Tag aussortiert. Bei der Grabung zwei konnte mit 35 % der größte Anteil an toten *Galleria*-Larven am vierten Tag aus den Bodenproben entfernt werden (Abb. 22). Ein Zusammenhang beziehungsweise ein Muster der Mortalität in Bezug einer Parzellenzuordnung ist nicht zu erkennen.

3.2.4. Ergebnis Zuchtversuch von Engerlingen

Nach dem Einsetzen der Käfer am 30. 4. 2014 in den vorbereiteten Käfig konnte beobachtet werden, dass die Tiere unruhig herumflogen und ständig in Bewegung waren. Nach ein paar Stunden Eingewöhnung konnte bereits das Fressen der Käfer an den Blättern der eingewässerten Zweige und nach ein paar weiteren Stunden die Kopulation beobachtet werden.

Die Käfer bevorzugten das Laub vom Feldahorn. Angebotene Eichenblätter wurden weniger gerne gefressen und es konnte beobachtet werden, dass die Ausscheidungen nach der Aufnahme von den Eichenblättern dünnflüssiger waren, als nach dem Fressen der Ahornblätter. Genauere Untersuchungen zur Abklärung der dünnflüssigeren Ausscheidungen wurden allerdings nicht durchgeführt.

Die weiblichen Käfer konnten beim Eingraben in das Bodensubstrat beobachtet werden. Da es sich um sehr locker eingebrachte Erde handelte, benötigte das Weibchen weniger als 30 Sekunden, um sich vollständig in der Erde zu vergraben und für den Beobachter nicht mehr sichtbar zu sein.

Das Alter der Käfer kann nicht bestimmt werden, da die zur Zucht verwendeten Käfer vom Absammeln bei den Begehungen aus Herrnbaumgarten stammen (23. und 29.4 2014) und der Zeitpunkt des Auskriechens aus dem Boden somit nicht bekannt ist. Es dürfte sich allerdings um frisch geschlüpfte Maikäfer gehandelt haben, welche zum Zeitpunkt des Fangens beim Reifungsfraß beobachtet werden konnten.

Sobald ein toter Käfer im Käfig beobachtet werden konnte, wurde dieser entfernt. Der letzte aus dem Käfig aussortierte tote Käfer stammt vom 8.6. 2014 (Anhang-Tabelle 18). Acht tote Käfer wurden bei der Einsicht in das Erds substrat zur Zählung der geschlüpften Larven gefunden.

Trotz der genannten unbestimmten Faktoren können die Käfer „im Labor“ bei genügend Nahrung bis zu 45 Tage überleben.

Bei der Inspektion des Behälters am 7.7.2014, ob es tatsächlich zur Eiablage und zur Entwicklung von Maikäferlarven gekommen war, konnten 32 Engerlinge gezählt werden.

Die Engerlinge wurden wieder zurück in den Zuchtbehälter gesetzt. Zur Fütterung wurden die Wurzeln von vorgezogenem Gras angeboten.

Es konnte allerdings in den nächsten Wochen beobachtet werden, dass das Nahrungsangebot nicht ausreichend war. Die Engerlinge fraßen die Wurzeln vom Gras derartig rasch, dass der nachgesäte Grassamen nicht schnell genug keimen und wachsen konnte, um die Larven ausreichend zu ernähren. Die Engerlinge kamen an die Erdoberfläche und fraßen die noch nicht ausgekeimten Grassamen (Abb. 23). In weitere Folge konnte auch Kannibalismus beobachtet werden.



Abb. 22: Engerling aus Eigenzucht beim Fressen von Grassamen an der Bodenoberfläche.

3.2.5. Ergebnis Wahlversuch mit zerkleinerten Pflanzen

Um die Reaktion der Engerlinge auf Weißen-Senf unter „Hungerbedingungen“ zu testen wurden die Engerlinge in Schalen eingebracht, wobei ihnen Erde ohne Pflanzenzusätze (Kontrolle) und Erde mit zerkleinerten Weißen-Senfpflanzen angeboten wurde. Für weitere Wahlver-

suche mit anderen Pflanzenmaterialien fehlten die nötigen „frischen“ Test-Engerlinge (Engerlinge, welche in keinerlei Versuche zuvor eingebunden waren). Die Auswertung erfolgte nach 72 Stunden in der Abteilung für Pflanzenschutz (Anhang-Tabelle 19), (Tabelle 3).

Dabei konnte festgestellt werden, dass sich mehr als 2/3 der *Melolontha*-Larven in der Erde-Senf-Mischung befanden. Der Unterschied im Ergebnis ist somit signifikant (Anhang-Tabelle 20).

Alle 30 Engerlinge wurden bei der Auswertung des Versuches lebend vorgefunden. Da das Fressen der Larven an den zerkleinerten Senf-Pflanzenstücken beim Ausgraben beobachtet werden konnte, wurde nach einer Woche eine Kontrolle der Vitalität der Engerlinge vorgenommen, um zu überprüfen, ob die Aufnahme der Senfpflanzen zu einer Beeinträchtigung oder zum Absterben der Engerlinge geführt hatte. Die Kontrolle ergab, dass alle Individuen auch noch nach einer Woche am Leben waren und keinerlei Anzeichen einer Einschränkung ihrer Vitalität zeigten. Ihr Muskeltonus, die Hautfarbe und das Bewegungsmuster waren unverändert im Bezug zum Testbeginn.

Tabelle 3: Ausgewerteter Wahlversuch nach 72 Stunden, je ein graues Kästchen stellt einen Engerling dar (n=6).

	Engerlingsverteilung									
	Kontrolle					mit Senf				
1. Schale										
2. Schale										
3. Schale										
4. Schale										
5. Schale										
6. Schale										

3.2.6. Ergebnis Topfversuch mit ganzen Pflanzen

Um festzustellen, ob es bei Engerlingen, welche zwei unterschiedliche Diäten angeboten bekommen, auch zu unterschiedliche Gewichtsveränderungen kommt, wurden die Engerlinge für ein Monat mit zwei verschiedenen Arten von Wurzelnahrung versorgt. Die *Melolontha*-Larven der ersten Gruppe bekamen Senfwurzeln und die *Melolontha*-Larven der anderen Gruppe bekamen Graswurzeln zu fressen.

Die Auswertung dieses Versuchs fand am 23.12.2014 in der Abteilung für Pflanzenschutz statt. Nach dem Abwiegen der Engerlinge am Versuchsende, wurde die berechnete Gewichts-
differenz beider Diät-Gruppen miteinander verglichen (Anhang-Tabelle 21).

Wie in der Abbildung 24 ersichtlich ist, sind die Gewichtsveränderungen beider Diäten annähernd gleich. Es gibt keinen signifikanten Unterschied der beiden angebotenen Nahrungsvarianten (Anhang-Tabelle 22).

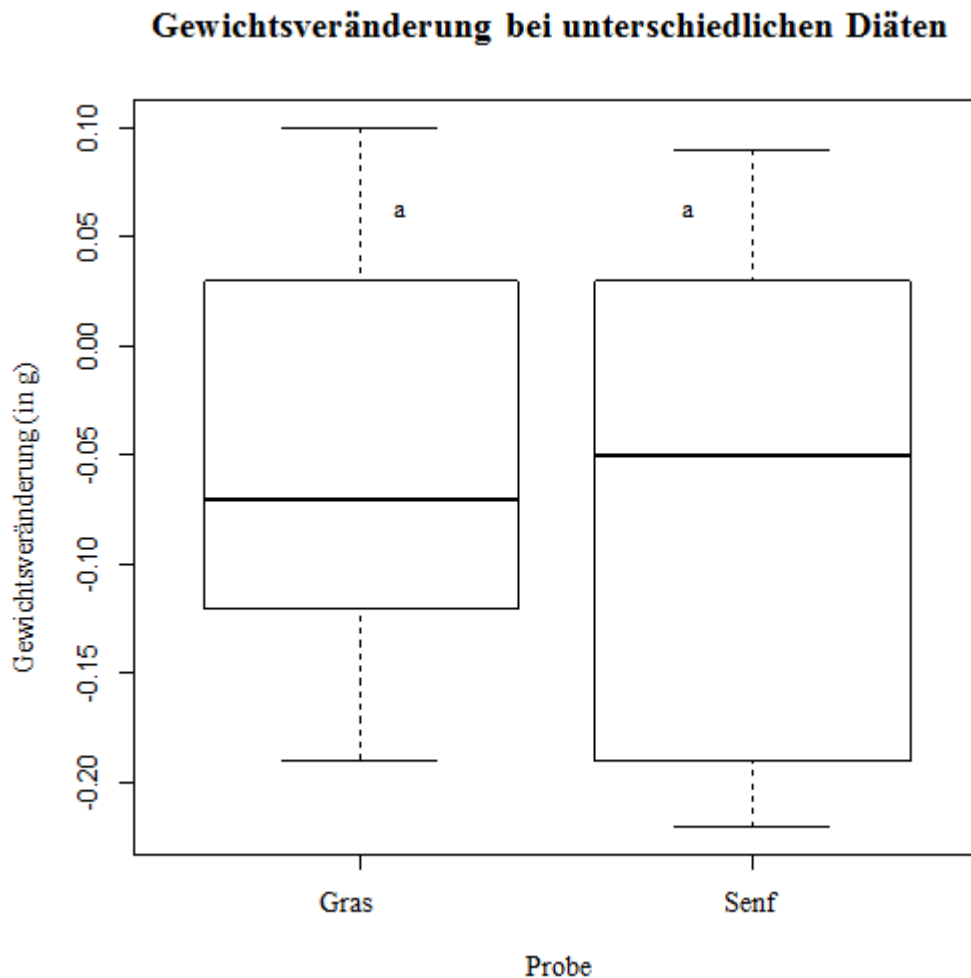


Abb. 23: Gewichtsveränderung bei angebotenem Gras beziehungsweise Senf (n=10).

Die im Abschluss der Versuche ausgewerteten Abmessungen der Kopfkapseln ergaben, dass sich die Engerlinge zum Tötungszeitpunkt bereits im dritten Larvenstadium befanden und sie somit in Gefangenschaft eine schnellere Entwicklung durchliefen (Anhang-Tabelle 23), (Abb. 25). Der Unterschied zu den gleichaltrigen Melolonthalarven von den Freilandfunden im Frühjahr 2015 ist signifikant (Anhang-Tabelle 24).

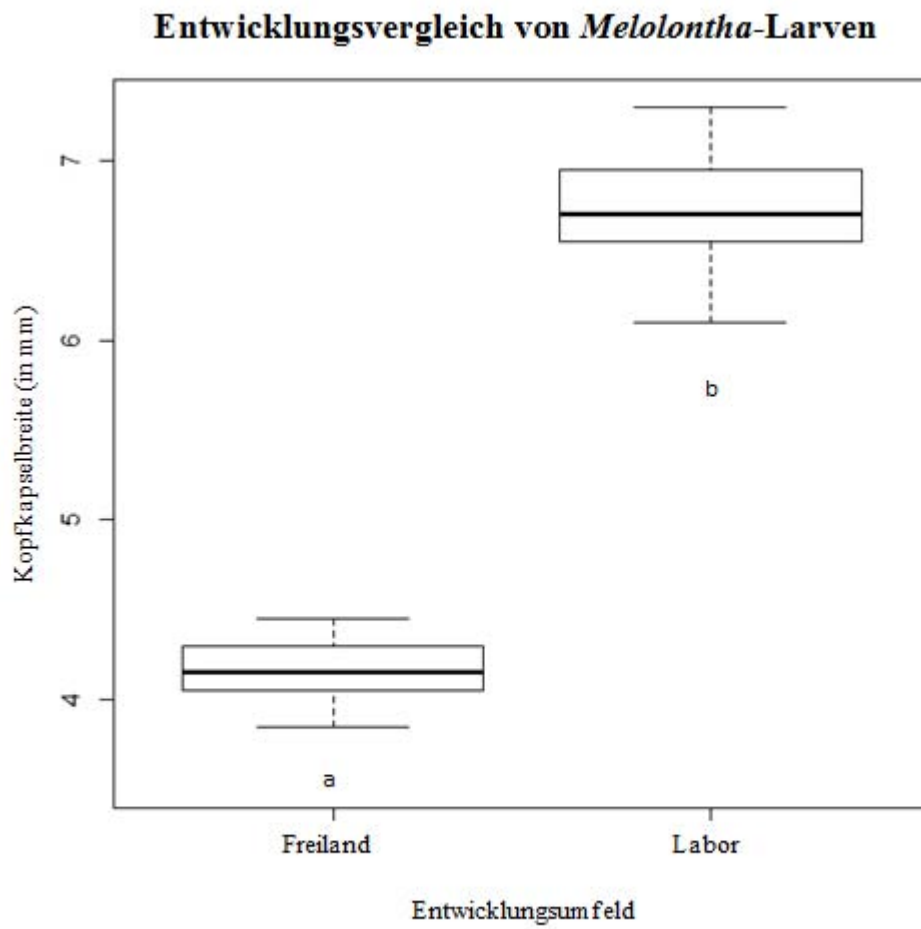


Abb. 24: Entwicklungsunterschiede von *Melolontha*-Larven bei unterschiedlichen äußerlichen Einflussfaktoren (Freiland n=17, Labor n=19)

4. DISKUSSION

Die größten Probleme bei einer ausgeprägten Maikäferpopulation sind nicht die adulten Maikäfer selbst, sondern ihre Larven, die Engerlinge (Schwerdtfeger 1981, 158). Die Bekämpfungsmaßnahmen sind stark von der jeweilig ausgebrachten Kultur abhängig, da nicht alle Strategien für alle Bewirtschaftungsformen und deren Standort-Faktoren passend sind (Zimmermann 2010, 162f).

In Herrnbaumgarten beklagen die Landwirte vor allem die Schäden an den Wurzeln der jungen Rebstöcke durch den Fraß der Maikäferengerlinge. Die Beobachtungen und die Aufzeichnungen zeigen, dass eine Zunahme der Maikäfer in dieser Region zu verzeichnen ist (Kahrer et al. 2011, 6f). Eine Annahme warum die Maikäferpopulation in diesem Gebiet im Steigen begriffen ist, könnten brachliegende landwirtschaftliche Flächen sein.

Eine durchaus vielversprechende Bekämpfungsstrategie mit Pilzgerste (Keller et al. 1997, 105ff) wird von den Landwirten aus Herrnbaumgarten als ineffiziente Maßnahme angesehen, da ihrer Meinung nach durch die klimatisch trockenen Verhältnisse im nordöstlichen Teil von Niederösterreich die Pilzgerste nicht ihre erhoffte Wirkung erzielt und eine zusätzliche künstliche Bewässerung nicht möglich ist. Laut Aussage ansässiger Weinbauern wurde die Pilzgerste bereits zu einem früheren Zeitpunkt in Herrnbaumgarten getestet, es konnte jedoch durch diese Maßnahme kein Rückgang der Schäden an den Rebstöcken beobachtet werden.

Die Landwirte in Herrnbaumgarten konnten allerdings beobachten, dass die Schäden an den jungen Rebstöcken geringer waren, wenn vor dem Auspflanzen der Stecklinge als Gründünger Weißer-Senf angebaut wurde.

Diese Ausgangssituation war ausschlaggebend für die 2013 beginnende Konzeptausarbeitung dieser Masterarbeit. Zwei Bekämpfungsstrategien wurden in der Versuchsplanung implementiert. Zum einen sollte untersucht werden, ob die Schwarzbrache die Maikäferweibchen abhält, sich in den offenen Boden einzugraben, um dort ihre Eier abzulegen und zum anderen, ob durch den Anbau, das Häckseln und das Einarbeiten des blühenden Weißen-Senfs der Sorte Luna, die Dichte der Engerlinge im Boden reduziert werden kann. Zur Komplementierung dieses Ansatzes wurden eine Kombination beider Bekämpfungsstrategien und eine Kontroll-Variante in den Versuchsaufbau integriert.

Zum bisherigen Forschungsstand bezüglich Biofumigation als Bekämpfungsstrategie gegen *Melolontha*-Larven ist zu sagen, dass es nur wenige Untersuchungen gibt und deshalb auch auf kein vergleichbares Datenmaterial zurückgegriffen werden kann. Bezüglich *Sinapis alba* der Sorte Luna ist zu betonen, dass Untersuchungen diese Senfsorte „als für die Biofumigationstechnik geeignet“ einstufen (Schlathölter und Petersen 2010, 23).

4.1. Basisgrabung

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde eine Versuchsfläche von den Landwirten in Herrnbaumgarten zur Verfügung gestellt. Diese, bis zu dem Zeitpunkt des Versuchsbeginns, landwirtschaftlich genutzte Fläche, wurde vom Jahresbeginn 2014 bis Ende April 2015 für die Überprüfung der Bekämpfungsstrategien der Maikäfer genutzt.

Die Wirksamkeit der beiden in der Versuchsplanung festgelegten Bekämpfungsstrategien wurde durch die Suche nach Engerlingen überprüft (Keller et al, 1996, 107).

Zur Begutachtung der Versuchsfläche und der Erhebung einer Ausgangssituation wurde am 8. April 2014 eine Basisgrabung durchgeführt. Bei dieser Basisgrabung wurde kein einziger sich im Auskriechen befindender adulter Maikäfer gefunden. Da das Jahr 2014 als starkes Maikäfer-Flugjahr prognostiziert worden war, hätten beim Aussieben von circa 0,6 m³ Erde adulte Maikäfer gefunden werden müssen. Als eine mögliche Erklärung, für das nicht Vorfinden der Käfer, könnte in Betracht gezogen werden, dass der Grabungstermin zu spät gewählt wurde und die Käfer bereits ausgeflogen waren. Zu diesem Zeitpunkt betrugen die Tageshöchsttemperaturen bereits bis 20 °C und die Temperaturen in der Nacht fielen nicht mehr in den Minusbereich (AccuWeather Company). Es konnten zu diesem Zeitpunkt bereits fliegende Maikäfer beobachtet werden, diese waren aber nur sehr vereinzelt zu sehen.

Eine weitere Ursache könnte die landwirtschaftliche Bewirtschaftung der Versuchsfläche gewesen sein, welche in den Jahren 2011, 2012 und 2013, laut Aussage der Landwirte von Herrnbaumgarten, durchgeführt worden war. In diesem genannten Zeitraum entwickelten sich die Maikäfer, welche im Frühjahr 2014 aus der Erde krochen.

Mechanische Bodenbearbeitung kann durchaus zu einer Dezimierung der Engerlingspopulation von 10 bis zu 95 % führen. Die Zahlen variieren deswegen sehr stark, da sie in Abhängigkeit mit dem Durchführungszeitpunkt stehen. Erfolgt zum Beispiel die Bodenbearbeitung zu einem Zeitpunkt bei dem sich ein Großteil der Engerlinge in den oberen Bodenschichten befindet, so kann dieser mechanische Eingriff eine sehr effektiv Bekämpfungsstrategie sein (Traugott 2003, 8).

Als geeigneter Zeitpunkt zur Verringerung der Maikäferpopulation wäre hier der Beginn des zweiten Larvenstadiums zu nennen, welches je nach Witterungsbedingungen Anfang bis Mitte September im Jahr der erfolgten Eiablage erreicht sein sollte. Starke Trockenheit bei der mechanischen Bodenbearbeitung könnte den Erfolg beeinträchtigen und ist somit zu vermeiden, da sich die Engerlinge bei längeren Trockenperioden in tiefere Bodenschichten zurückziehen (Niklas 1974, 103) und somit durch die landwirtschaftlichen Geräte keinen Schaden mehr nehmen können. Im Frühjahr des Folgejahres sollte wenn möglich, der Zeitpunkt der

mechanischen Bodenbearbeitung so gewählt werden, dass die Bodentemperaturen über 7 °C liegen. Liegen die Temperaturen noch darunter, ist nicht damit zu rechnen, dass die Engerlinge sich in Bodenschichten befinden, in denen sie durch die mechanischen Bearbeitungsmaßnahmen Schaden nehmen könnten (Schwerdtfeger 1981, 156).

4.2. Grabungen 1 bis 4

Die folgenden vier Grabungen sollten Aufschlüsse über die beiden festgelegten Bekämpfungsstrategien der „Schwarzbrache „ und der „Biofumigation“ geben. An dieser Stelle muss betont werden, dass eine äußerst geringe Anzahl von nur 52 Engerlingen bei allen vier Grabungen insgesamt gefunden wurden. Bei diesen Grabungen wurde circa 6,4 m³ Erdreich durchsiebt, was wiederum einem Aufkommen von in etwa acht Engerlingen pro m³ entspricht. Die Engerlinge sind zwar auf den Parzellen 2 (Biofumigation) und 3 (Kombination Biofumigation und Schwarzbrache) in einer geringeren Anzahl vorgefunden worden als auf den Parzellen 1 (Kontrollparzelle) und Parzelle 4 (Schwarzbrache), aber auf Grund der geringen Engerlingsdichte im Bodensubstrat, müssen die Ergebnisse von mehreren Blickwinkeln betrachtet werden und es sollte die Biofumigation nicht zu voreilig als erfolgsversprechende Maßnahme empfohlen werden.

4.2.1. Engerlingsfunde

Für die geringen Engerlingsfunde auf der gesamten Versuchsfläche könnten verschiedene Faktoren ausschlaggebend sein. Ein Grund könnten die geringen Niederschlagsmengen nach der Eiablage der Maikäfer gewesen sein. So fielen nach der Basisgrabung in den Monaten April, Mai und Juni 2014 nur insgesamt circa 10 mm Regen auf eben diesen genannten Zeitraum verteilt (AccuWeather Company). Feuchtigkeit ist sowohl für die vollständige Eireifung (Schuch 1938, 221) als auch für eine Weiterentwicklung der *Melolontha*-Larven im L1 Stadium von großer Bedeutung (Niklas 1974, 103). Der Zeitraum von April bis Juni 2014 würde somit genau in dieses Entwicklungsstadium des Maikäfers passen. Ein weiterer Grund für die geringe Engerlingsdichte könnte die vermehrte Mäusepopulation auf der Versuchsfläche gewesen sein (Niklas 1974, 107). Zwar dürften die Säugetiere durch die Samen der Ausfalls-sonnenblumen ein ausreichendes Nahrungsangebot vorgefunden haben, aber hier könnte durchaus die Platzressource und somit der Störfaktor gerade im empfindlichen Ei- und L1-Stadium eine Rolle auf die Entwicklung und das Überleben der Maikäfer am Beginn ihres Entwicklungszyklus gespielt haben.

Auch die Tatsache, dass keine Maikäfer beim Eingraben in die Erde zur Eiablage gesichtet werden konnten, könnte den Schluss zulassen, dass die Versuchsfläche als Platz zur Eiablage

für die Käfer nicht ausreichend attraktiv war. Es wäre möglich, dass der geringe Pflanzenbewuchs auf der Versuchsfläche ein Grund war, diesen zur Eiablage zu meiden. Es muss an dieser Stelle betont werden, dass die Eiablage der Maikäferweibchen vorwiegend in den Abendstunden erfolgt (Niklas 1974, 100). Die Versuchsflächen wurden zum Zeitpunkt der Eiablage der Maikäfer allerdings nur unter Tags beobachtet. Beim Zuchtversuch der Engerlinge im Labor wiederum konnte mehrmals das Eingraben in die Erde der Maikäferweibchen am Tag beobachtet werden.

Einen Beitrag zur Störung bei der Entwicklung der Maikäfer könnten auch insektenpathogene Pilze und Nematoden gespielt haben. Wie durch die Bodenproben der *Galleria*-Köder-Methode belegt werden konnte, wurden sowohl Pilze, wie zum Beispiel *Metarhizium anisopliae*, als auch insektenpathogene Nematoden (diese wurden allerdings nicht näher bestimmt) vorgefunden. Da vor allem unterschiedliche Nematodenlinien eine unterschiedliche Effektivität bei der Bekämpfung von *Melolontha*-Larven zeigen (Lakatos und Toth 2006, 76), kann ohne genauere Untersuchungen nicht gesagt werden, ob diese insektenpathogenen Nematodenarten tatsächlich Einfluss auf die Eigelege beziehungsweise auf die weiteren Stadien der Entwicklung der Engerlinge Einfluss nahmen. Dies hätte durch Folgeuntersuchungen differenziert werden müssen. Solche Untersuchungen wurden aber im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt.

Bei Betrachtung der Anzahl der Engerlingsfunde bezüglich der einzelnen Grabungstermine, ist auffällig, dass bei den Grabungen 1 (6 Engerlinge) und 3 (8 Engerlinge) um mehr als die Hälfte weniger Engerlinge gefunden wurden, als bei den Grabungen 2 (21 Engerlinge) und 4 (17 Engerlinge). Mit großer Wahrscheinlichkeit ist der Grund dafür, an den äußeren Witterungsverhältnissen der Grabungstermine zu suchen.

Zum ersten Grabungstermin konnten sehr trockene Bodenverhältnisse beobachtet werden, welche sich in späterer Folge bei den Laboruntersuchungen der Feuchtigkeitsbestimmungen des Bodensubstrats bestätigten. Zu trockene Bodenbedingungen veranlassen die Engerlinge in tiefere Bodenschichten abzuwandern (Schwerdtfeger 1981, 156).

Die Ursache bei der dritten Grabung, welche am 21. Oktober 2014 stattfand, könnte ein Kälteeinbruch eine Woche vor der Grabung gewesen sein. Die Tageshöchstwerte bewegten sich in diesem Zeitraum zwischen 15 und 20 °C, allerdings fielen die Tagestiefstwerte bis zur Nullgradgrenze ab (AccuWeather Company). Im Herbst bei einer Bodentemperatur von circa 10 °C wandern die Engerlinge in tiefere Bodenschichten ab (Schwerdtfeger 1981, 156).

4.2.2. Engerlingsverteilung

Die Verteilung der gefundenen Engerlinge, auf den vier unterschiedlich bewirtschafteten Parzellen, dürfte mit großer Wahrscheinlichkeit nicht nur von der Bewirtschaftungsform selbst, sondern auch von anderen Faktoren beeinflusst worden sein.

Einer dieser Faktoren könnte der zur Begehung und zur Befahrung unbearbeitete Weg zwischen den Parzellen gewesen sein. Auf diesen zwei Meter breiten Zwischenstreifen fand keine Bodenbearbeitung statt und es entwickelte sich eine größere Vielfalt an Pflanzen, als auf den Parzellen 1-4. Diese Zwischenstreifen könnten durchaus zur Eiablage der Maikäferweibchen genutzt worden sein. Danach könnte das Einwandern der Engerlinge auf eine der Parzellen zu einem späteren Zeitpunkt stattgefunden haben. Die Engerlinge bewegen sich zwar in der Regel nicht mehr als 4,5 m in horizontaler Richtung (Schwerdtfeger 1981, 156f), diese Distanz hätte aber durchaus ausgereicht, um die Fundzahlen bei den Grabungen zu beeinflussen. Diese Theorie könnte durch den Aspekt der zeitlichen Zuordnung der Engerlingsfunde unterstrichen werden. Beim ersten Grabungstermin wurden nur insgesamt sechs Engerling gefunden, was bedeuten könnte, dass von der Eiablage und der Eientwicklung im Mai bis zur ersten Grabung am 21. Juli die Zeitspanne zur Einwanderung und der Umverteilung der Engerlinge von den angrenzenden Wiesenflächen auf die Versuchsfläche nicht ausreichend lang war. Es könnte aber auch sein, dass in diesem Zeitraum des frühen Larvenstadiums das Nahrungsangebot für die Engerlinge noch ausreichend war und erst durch den steigenden Bedarf an Nahrung, der das Heranwachsen der Larven mit sich bringt, ein Abwandern der Engerlinge in die Versuchsfläche erfolgte. Beim Zuchtversuch der Engerlinge im Labor war dieses Abwandern der Engerlinge durch den Zuchtbehälter nicht möglich und in Folge zu geringen Nahrungsangebotes konnte Kannibalismus beobachtet werden.

Ein weiterer auf die Engerlingsverteilung wirkender Faktor könnten auch die im Umfeld wachsenden Bäume gewesen sein (Niklas 1974, 101). Westlich an die Kontrollparzelle angrenzende Obstbäume, könnten darauf Einfluss genommen haben, dass auf dieser Parzelle mehr Engerlinge am Unterhang gefunden wurden, als am Oberhang. Auf allen anderen Parzellen verhielt sich die Verteilung umgekehrt. Als Ursache könnte hier vermutet werden, dass die im Norden an die Versuchsfläche angrenzende Baumreihe von den Maikäfern zum Reifungsfraß genutzt wurden und die Eiablage der weiblichen Tiere im Anschluss ihrer Fraßtätigkeit in unmittelbarer Nähe der Bäume stattgefunden hat.

Diese Gründe der Engerlingsverteilung könnten durchaus auch Einfluss auf die Ergebnisse der Engerlingsfunde auf der Parzelle 4 (Schwarzbrache) sein. Hier wurden annähernd gleich viele Engerlinge wie auf der Parzelle 1 (Kontrollparzelle) gefunden. Vor Beginn der Auswer-

tungen wurde angenommen, dass die Schwarzbrache die Maikäferweibchen abhält ihre Eier in das offene Bodensubstrat abzulegen. Die gefundene Anzahl der Maikäferengerlinge würde diese Theorie allerdings widerlegen. Gerade auf dieser Parzelle könnte ein mögliches Einwandern der Engerlinge von der nördlich an die Versuchsfläche angrenzenden Wiese, mit der darauf wachsenden Baumreihe, einen Einfluss auf das Ergebnis ausgeübt haben. Auf Parzelle 4 wurde immerhin der doppelte Anteil an Engerlingen am Oberhang ausgezählt, als um Unterhang. Wenn die Population der Engerlinge entlang der nördlich gelegenen Baumreihe nach der Eiablage der Maikäferweibchen zu dicht gewesen wäre, dann hätte durchaus der Fall eintreten können, dass von den Engerlingen die unmittelbare Umgebung als Nahrungsquelle erschlossen worden war und sie somit in den benachbarten Parzellen beim Aussieben gefunden wurden.

4.3. Laborversuche

Wenn nun die Laborversuche in die Engerlingsfunde auf der Versuchsfläche miteinbezogen werden, so muss festgestellt werden, dass der Weiße-Senf der Sorte Luna nicht die vermutete Repellent-Wirkung erzielt hatte und der Grund der geringeren Engerlingsfunde auf den Parzellen 2 und 3 nicht bei den Senfpflanzen zu suchen sein dürfte.

Der Wahlversuch mit zerkleinerten Senfpflanzen zeigte, dass zwei Drittel der Engerlinge unter Hungerbedingungen die Senfpflanzen als Nahrungsquelle aufsuchten und sich nicht von den ausdampfenden Gasen abschrecken ließen. Da sie beim Fressen der Pflanzenstücke beobachtet wurden und die Engerlinge durch die Aufnahme der Senfpflanzen in weiterer Folge keine sichtbaren äußeren Veränderungen zeigten, kann behauptet werden, dass diese Senfpflanzen in dieser Dosierung für die Engerlinge in diesem Larvenstadium keine ersichtlichen negativen Auswirkungen hatten. Da die Inhaltsstoffe der Senfpflanzen sehr unterschiedlich sind (Kirgegaard und Sarwar 1998, 71), besteht durchaus die Möglichkeit, dass andere Senfe wie zum Beispiel *Brassica nigra* zur Bekämpfung von Engerlingen geeignet gewesen wären. Bei Versuchen durch Biofumigation Drahtwürmer zu bekämpfen, wurden bereits unterschiedliche Pflanzen der Familie der *Brassicaceae* untersucht. Von den getesteten Sorten erwies sich allerdings keine als geeignet (Laznik et al. 2014, 606ff).

Dass die Dosierung von Senfpräparaten eine erhebliche Rolle auf die Mortalität der Engerlinge ausübt, konnte bei Versuchen in Polen mit getrockneten Senf-Pellets beobachtet werden. Durch eine Dosissteigerung der Senfpräparate stellte sich ein Erfolg in der Bekämpfung der *Melolontha*-Larven ein (Sukovata et al. 2014, 67ff). Bekannt ist, dass unterschiedliche Insekten Strategien entwickelt haben durch die Inhaltsstoffe von Kreuzblütlern keinen Schaden zu

erleiden beziehungsweise diese Inhaltsstoffe sogar zu ihrem Vorteil zu nutzen (Wittstock et al. 2004, 1ff).

Ob die polyphagen Engerlinge die aufgenommenen Inhaltsstoffe der Senfpflanzen auch in weiterer Folge ohne Schaden überstanden hätten, kann nicht gesagt werden. Es kann keineswegs gesagt werden, ob und wie auf längeren Zeitraum die Weiterentwicklung der Engerlinge stattgefunden hätte und ob die Metamorphose zu einem fertigen Käfer möglich gewesen wäre, welcher dazu auch noch in der Lage gewesen wäre, sich in späterer Folge fortzupflanzen.

Auch der darauf folgende Topfversuch mit ganzen Pflanzen, welcher sich über einen Zeitraum von einem Monat erstreckte, zeigte, dass durch die Nahrungsaufnahme von Senfwurzeln der Sorte Luna keinerlei Veränderungen an den Engerlingen zu beobachten war. Auch im Gewichtsvergleich zu jenen Engerlingen, die im gleichen Zeitraum als Nahrungsangebot Graswurzeln zum Fressen bekamen, war kein statistischer Unterschied ersichtlich. Bei einigen Engerlingen, die einen Monat Senfwurzeldiät fraßen, konnte sogar eine Gewichtszunahme beobachtet werden.

4.4. Ganzheitliche Betrachtung

Um nun wieder die eingangs beschriebenen Freilandversuchen in Bezug zu bringen, stellt sich die Frage, warum die Anzahl der gefundenen Engerlingslarven auf den Parzellen 2 (Biofumigation) und Parzelle 3 (Kombination Biofumigation und Schwarzbrache) geringer waren, als die Engerlingsfunde auf Parzelle 1 (Kontrolle) und Parzelle 4 (Schwarzbrache)? Anscheinend dürfte der Senf als solcher, nicht die abschreckende beziehungsweise in dieser Dosierung abtötende Wirkung auf die Engerlinge ausüben, wie ja die Laborversuche gezeigt hatten.

Ein Grund für die verringerten Engerlingsfunde auf den Parzellen mit Senfanbau könnte die mechanische Bodenbearbeitung gewesen sein (Traugott 2003, 8). Bereits durch den Anbau des Weiße-Senfs nach der Eiablage der Maikäferweibchen kann eine Störung in dieser sensiblen Phase der Maikäferentwicklung stattgefunden haben. Nicht zu vergessen sind die massiven Einwirkungen, welche mit dem Umbruch des Senfs in der Vollblüte erfolgte. Dabei wurden die Senfpflanzen gehäckselt, danach in eine tiefere Bodenschicht auf 20 cm eingearbeitet und zum Schluss wurde der Boden mit einer Fräse geebnet. Die Biofumigation in Herrnbäumgarten wurde im September 2014 durchgeführt. Was wiederum für einen günstigen Zeitpunkt sprechen dürfte, da die Engerlinge mit großer Wahrscheinlichkeit sich beim Fressen in oberen Bodenschichten befunden haben sollten (Niklas 1974, 102). Ein weiterer Punkt der für diese Annahme spricht ist, dass auch anderen Individuen, vor allem die Vertreter der Re-

genwürmer, auf diesen beiden Parzellen 2 und 3 in geringerer Anzahl vorgefunden wurden. Von den Vertretern der Drahtwürmer wurden nur sechs Stück über den gesamten Versuchszeitraum auf den Parzellen gefunden. Bei einer dichteren Population dieser Individuen hätte ein Vergleich, trotz unterschiedlicher Lebensweise, zu den *Melolontha*-Larven interessante Rückschlüsse bringen können, da auch schon in einer vorgegangenen Forschungsarbeit über Drahtwürmer auf den Aspekt der Einflüsse von mechanischer Bodenbearbeitung als Bekämpfungsstrategie hingewiesen wurde (Schepl et al. 2010, 42).

Ein anderer Grund für die unterschiedlichen Engerlingsfunde auf den jeweiligen Parzellen könnte sein, dass durch die Senfeinbringung in das Bodensubstrat ganz allgemein eine Störung des Gleichgewichts des Bodenlebens stattgefunden hat.

Wie in den Auswertungen der *Galleria*-Köder-Methoden zu sehen ist, stieg der Nematodenanteil in den Proben der Parzelle 3 (Kombination Biofumigation und Schwarzbrache) nach dem Einbringen des Weißen-Senfs in das Erdreich an. Wenn zum Beispiel durch die Biofumigation der Anteil an pflanzenparasitären Nematodenarten reduziert wurde (Hallmann et al. 2009, 366ff), könnte dadurch eine bessere Entwicklung der Pflanzen und ihrer Wurzeln stattfinden. Dies könnte bedeuten, dass dadurch mehr Nahrung für wurzelfressende Insekten zur Verfügung stand, was wiederum mehr Nahrung für insektenpathogene Nematoden bedeuten könnte. Durch die bessere Nahrungsversorgung könnte somit ihre Anzahl im Bodensubstrat ansteigen. Es könnte aber auch der Anteil der insektenpathogenen Nematoden deshalb ansteigen, weil durch die Biofumigation, andere im Boden lebende Individuen geschwächt wurden und die insektenpathogenen Nematoden dadurch mehr effektive Nahrung zur Verfügung hatten und sich somit auch besser vermehren konnten. Was allerdings gegen diese Annahme spricht ist die Tatsache, dass in den Proben der *Galleria*-Köder-Methode der Parzelle 2 (Biofumigation) dieser Anstieg der Nematoden nicht zu beobachten war. Hier ist vor allem auffällig, dass der Anteil an Proben mit Milben sehr hoch war. Dieser Milbenbefall lässt sich mitunter dadurch erklären, dass bereits in den gezogenen Bodenproben an sich, ein hoher Anteil an Milben vorzufinden war, wie die Auswertungen der Trockentrichter-methode nach Berlese belegen. Der dort vorgefundene Anteil an Milben war im Vergleich zu den anderen gezählten Individuen am höchsten.

Anzumerken ist, dass die Modelle der Laborversuche und ihre Ergebnisse nur als eine ergänzende Interpretation zu dem Freilandversuch zu verstehen ist. Die Komplexität des Freilandes mit ihren einflussnehmenden Faktoren können unter Laborbedingungen nur in Annäherung gebracht werden. Dies ist unter anderem sehr gut durch den Vergleich an der Entwicklung von *Melolontha*-Larven gleichen Alters von Freilandfunden zu *Melolontha*-Larven aus der

Laborzucht über denselben Zeitraum zu beobachten. Innerhalb von einem Jahr hatten sich die Engerlinge aus dem Labor bis zum L3-Stadium entwickelt im Gegensatz dazu konnten die Engerlinge von den Freilandfunden im Frühjahr 2015 eindeutig dem L2-Stadium zugeordnet werden. Diese Unterschiede verdeutlichen wie stark äußere Einflüsse, wie zum Beispiel Temperatur, Feuchtigkeit oder Nahrung in Entwicklungsprozesse eingreifen.

Die im Labor getesteten Engerlinge im L3-Stadium waren mit großer Wahrscheinlichkeit durch ihre fortgeschrittenen Entwicklung robuster, als Engerlinge, welche sich in früheren Entwicklungsstadien befinden.

Ob nun Engerlinge am Beginn ihres Lebenszyklus tatsächlich empfindlicher gegen die Inhaltsstoffe des Senfs sind, müsste dahingehend getestet werden, dass der Prozess der Biofumigation im Frühjahr nach der Eiablage durchgeführt wird. Diesbezüglich besteht allerdings das Problem des richtigen Blühzeitpunktes der Pflanzen. Eine Möglichkeit dahingehend wären winterharte Kreuzblütler auf ihre Wirksamkeit zur Biofumigation zu testen (Schlathölter und Petersen 2010, 22ff). Denn gerade am Beginn des L1-Stadiums konnte durch Forschungsarbeit belegt werden, dass die Nahrung der Engerlinge Auswirkungen auf ihre Überlebensrate hat (Hauss und Schütte 1978, 170ff).

5. RESÜMEE UND AUSBLICK

Die erhoffte Wirkung des Weißen-Senfs der Sorte Luna gegen Maikäferengerlinge konnte anhand der durchgeführten Versuche nicht bestätigt werden. Auch die Ergebnisse der Bekämpfungsstrategie „Schwarzbrache“ ließen keine signifikante Verringerung der Maikäferengerlinge erkennen. Den durch die Landwirte in Herrnbaumgarten beobachteten Rückgang der Schäden an den Rebkulturen, dürfte durch die im Zuge der Biofumigation durchgeführten mechanischen Bodenbearbeitungen und die dadurch erfolgte Einflussnahme auf das Bodenleben zurückzuführen sein.

Als Schlussfolgerung dieser Ergebnisse kann gesagt werden, dass Flächen die keiner landwirtschaftlichen Nutzung und somit keiner Bodenbearbeitung zugeführt werden, einen geeigneter Lebensraum für Maikäfer bieten dürften. Bei Brachflächen beziehungsweise Flächen mit nur geringer mechanischer Einflussnahme kann sich der Maikäfer in seinem dreijährigen Lebenszyklus weitgehend ungestört entwickeln.

Ein Rückgang der durch die Fraßtätigkeit der Engerlinge verursachten Schäden kann aus derzeitiger Sicht durch den Wirkstoff vom Weißen-Senf der Sorte Luna, somit nicht erwartet werden.

Wenn die Möglichkeit in Betracht gezogen werden soll, Senfpflanzen in der Zukunft dennoch erfolgreich gegen Maikäferlarven einzusetzen, müssten andere Senfsorten auf ihre Wirksamkeit gegen Engerlinge getestet werden.

Um eine Biofumigation im Frühjahr durchzuführen, damit das empfindliche Stadium nach der Eiablage der Maikäfer gestört wird, müssten anstatt der Senfpflanzen andere winterharte Kreuzblütler eingesetzt werden. Diesbezüglich gibt es aber zurzeit nur wenige Forschungsberichte.

Durch die Forschungsarbeit der letzten eineinhalb Jahre konnten einige Fragen im Zusammenhang mit der Bekämpfung des Maikäfers beantwortet werden. Gleichzeitig wurde ersichtlich, dass durch die Komplexität dieses Themas noch viele Fragen offen sind, welche es für die Zukunft zu beantworten gilt.

Literaturverzeichnis

- AccuWeather.** Verfügbar in: http://www.accuweather.com/de/at/herrnbaumgarten/2171/january-weather/294530_pc?monyr=1/1/2014&view=table. [Abfrage am 16. Februar 2015].
- Agerbirk, N.; Warwick, S.; Hansen, P. und Olsen, C., 2008.** *Sinapis* phylogeny and evolution of glucosinolates and specific nitrile degrading enzymes. *Phytochemistry* 69, 2937-2949.
- Aichele, D. und Schwegler, H.-W., 2000.** Die Blütenpflanzen Mitteleuropas. 2. überarbeitete Auflage. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlag.
- Bäumler, S., 2007.** Heilpflanzen Praxis Heute. München: Urban & Fischer Verlag.
- Bedding, R. A. und Akhurst, R. J., 1975.** A simple technique for detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica* 21, 109-110.
- Berner, M. und Schnetter, W., 2001.** Wirksamkeit entomopathogener Nematoden gegen Engerlinge der Maikäfer (*Melolontha melolontha* and *M. hippocastani*). *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.*, 13, 1-4.
- Berner, M. und Schnetter, W., 2006.** Synergetische Wirkung von Rickettsien und entomopathogenen Nematoden bei Larven des Waldmaikäfers (*Melolontha hippocastani*). *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.*, 15, 183-188.
- Blunck, H., 1938.** Über die Möglichkeit zur Bekämpfung der Maikäferengerlinge mittels landwirtschaftlicher Kulturmaßnahmen. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten Pflanzenschutz*, 48, 253-272.
- Blunck, H. und Neu, W., 1942.** Fortschritte der Maikäferbekämpfung. *Anzeiger für Schädlingskunde*, Heft 4, 37-40.
- Eder, R., 2013.** Biofumigation wirkt im Labor gegen Fadenwürmer, nicht aber in der Praxis. Medienmitteilung, Eidgenössisches Department für Wirtschaft, Bildung und Forschung, 1-3.
- Eilers, E., 2012.** Chemosensation and belowground host plant finding in *Melolontha melolontha* L. larvae. Uelversbüll: Der Andere Verlag.
- Erbas, Z.; Gökce, C.; Hazir, S.; Demirbag, Z. und Demir, I., 2014.** Isolation and identification of entomopathogenic nematodes (Nematoda: *Rhabditida*) from Eastern Black Sea region and their biocontrol potential against *Melolontha melolontha* (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38, 187-197.
- Fifth International Symposium of Biofumigation at Harper Adams University.** Verfügbar in: <http://www.aab.org.uk/contentok.php?id=160&basket=wwsshowconfdets>. [Abfrage am 16. März 2015].
- Haller, D.; Grune, T. und Rimbach, G., 2013.** Biofunktionalität der Lebensmittelinhaltsstoffe. Berlin; Heidelberg: Springer Verlag.
- Hallmann, J.; Buck, H.; Rau, F.; Daub, M.; Schütze, W.; Grosch, R. und Schlathölter, M., 2009.** Chancen und Grenzen der Biofumigation für die Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden. *Pflanzengesundheit: Pflanzengesundheit und Fruchtfolge*, 366-369.
- Harthun, M., 2006.** Wald-Maikäferbekämpfung Hessen. NABU Landesverband Hessen, 1-9.
- Hauss, R. und Schütte, F., 1976.** Zur Polyphagie der Engerlinge von *Melolontha melolontha* L. an Pflanzen aus Wiese und Ödland. *Anzeiger für Schädlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz*, Heft 9, 129-132.
- Hauss, R. und Schütte, F., 1978.** Über die Eiablage des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.) in Abhängigkeit von den Wirtspflanzen des Engerlings. Hamburg; Berlin: Verlag Paul Parey.
- Heyland, K.-U.; Hanus, H. und Keller, R., 2006.** Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Janetschek, H., 1982.** Ökologische Feldmethoden. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Kahrer, A.; Perny, B.; Steyrer, G. und Hausdorf, H., 2011.** Maikäfer nun auch in Ostösterreich auf dem Vormarsch. *Forstschutz Aktuell*, Nr. 53, 5-10.
- Keller, S.; Schweizer, C.; Keller, E. und Brenner, H., 1997.** Control of White Grubs (*Melolontha melolontha* L.) by Treating Adults with the Fungus *Beauveria brongniartii*. *Biocontrol Science and Technology*, 7, 105-116.

- Kirkegaard, J. A. und Sarwar, M., 1998.** Biofumigation potential of brassicas. I. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown brassicas. Plant and Soil, 201, 71-89.
- Krell, F.-T., 2004.** Bestimmung von Larven und Imagines der mitteleuropäischen *Melolontha*-Arten (Coleoptera: Scarabaeoidea). Laimburg Journal, Volume 1 (2), 211-219.
- Lakatos, T. und Toth, T., 2006.** Biological control of European cockchafer larvae (*Melolontha melolontha* L.) – Preliminary results. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, Vol. 14, 73-78.
- Laznik, Z.; Trdan, S.; Vucajnk, F.; Bohinc, T. und Vidrih, M., 2014.** Cruciferous plants' use as biofumigants in potato against wireworms. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science 64.7, 606-614.
- Lortkipanidze, M.; Gorgadze, O.; Kohia, M.; Melashvili, N. und Kuchava, M., 2011.** Effectiveness of Entomopathogenic Nematodes (*Steinernema carpocapsae*) against the *Melolontha hippocastani* (Coleoptera: Scarabaeidae). Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol. 5, no. 1, 155-157.
- Lüder, R., 2011.** Grundkurs Pflanzenbestimmung. 5. aktualisierte Aufl. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag.
- Michael, V.; 2008.** Biofumigation – Prinzip und Anwendung. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1-6.
- Müller, H. J., 1986.** Bestimmung wirbelloser Tiere im Gelände. 2. Aufl. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Niklas, O.-F., 1960.** Standorteinflüsse und natürliche Feinde als Begrenzungsfaktoren von *Melolontha*-Larvenpopulationen eines Waldgebietes (Forstamt Lorsch, Hessen). Hamburg; Berlin: Verlag Paul Parey.
- Niklas, O.-F., 1974.** Fam.-Reihe: *Lamellicornia*, *Scarabaeidae*, Blatthornkäfer, *Melolontha*, *Fabricius*, Maikäfer. In: Schwenke, W., Hrsg. Die Forstschädlinge Europas. Bd. 2, Käfer. Hamburg; Berlin: Paul Parey, 96-115.
- NÖ-Atlas a, Land Niederösterreich. Verfügbar in:**
http://atlas.noel.gv.at/webgisatlas/%28S%283qg402f4q0ygkaotlnnlejt%29%29/init.aspx?karte=atlas_gst.
 [Abfrage am 9.März 2015].
- NÖ-Atlas b, Land Niederösterreich. Verfügbar in:**
http://atlas.noel.gv.at/webgisatlas/%28S%28hpqyciocdki3t3nkso52ucnt%29%29/init.aspx?karte=atlas_gelaen%28dehoehe&ks=hoeheangaben&sichtbar=Hangneigung&t=635615026466954218. [Abfrage am 9.März 2015].
- Perny, B. und Steyrer, G., 2013.** Erneut starker Flug von Waldmaikäfern in Niederösterreich. Forstschutz Aktuell, Nr. 57/58, 13-17.
- Poinar, Jr. G. O. und Thomas, G. M., 1978.** Laboratory Guide to Insect Pathogens and Parasites. New York, London: Plenum press.
- Reichholf, J., 1993.** Verschwinden des Maikäfers (*Melolontha melolontha*) und Rückgang der Wurzelfresser-Eule (*Parastichtis monoglypha*) in einem Lichtfallen-Fanggebiet im niederbayerischen Inntal. Mitt. Zool. Ges. Braunau, Bd. 5 Nr. 17/19, 395-398.
- Samson, R. A.; Evans, H. C. und Latge, J.-P., 1988.** Atlas of Entomopathogenic Fungi. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokio: Springer Verlag.
- Sarwar, M.; Kirkegaard, J. A.; Wong, P. T. W. und Desmarchelier, J. M., 1998.** Biofumigation potential of brassicas, Plant and Soil 201, 103-112.
- Schepl, U.; Paffrath, A. und Kempkens, K., 2010.** Regulierungskonzepte zur Reduktion von Drahtwurmschäden. Verfügbar in: http://orgprints.org/17537/1/17537-06OE272-lwk_nrw-paffrath-2010-reduktion_drahtwurmschaeden.pdf. [Abfrage am 3. Juni 2015].
- Schlathölter, M. und Petersen, P.-H., 2010.** Züchtung von Pflanzen für die Biofumigation. Berichte aus dem Julius Kühne Institut, Heft 155, 22-25.
- Schneider, F., 1967.** Schwärmebahnen der Maikäfer. Die Wissenschaft, Volume 125, 256-278.
- Schuch, K., 1938.** Über den Einfluß der Feuchtigkeit auf das Eistadium des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.). Arb. Phys. Angew. Ent. Berlin-Dahlem, Band 5, Nr.3, 220-225.
- Schütze, W., 2012.** Die Glucosinolate der *Brassicaceen* – ein Potential für den biologischen Pflanzenschutz. Fachgespräch „Biologische Vielfalt in der Agrarlandschaft“ – Berlin-Dahlem, 145-152.
- Schwerdtfeger, F., 1938.** Laboratoriumsuntersuchungen über die Lebensdauer der Maikäfer. Anzeiger für Schädlingskunde, Heft 1, 1-5.

- Schwerdtfeger, F., 1981.** Die Waldkrankheiten. Vierte, neubearbeitete Aufl. Hamburg; Berlin: Verlag Paul Parey.
- Stephan, D.; Jung, K. und Kleespies, R., 2011.** Das Maikäfer-Phänomen. Forschungsreport 1, 23-26.
- Sukovata, L.; Jaworski, T.; Lazzeri, L. und Kolk, A., 2014.** Mustard seed meal against *Melolontha* grubs – the first trials. Aspects of Applied Biology, 126, 67-75.
- Thalenhorst, W., 1937.** Senföl (Allylisothiocyanat) als Kampfmittel gegen den Maikäferengerling. Anzeiger für Schädlingskunde, Heft 2, 15-17.
- Traugott, M., 2003.** Bodenschädlinge und Bodennützlinge: Wer oder was kontrolliert Engerling und Drahtwurm? Entomologica Austriaca, 8/2003, 7-9.
- Warwick, S. I. und Hall, J. C., 2009.** Phylogeny of *Brassica* and Wild Relatives. In: Gupta, S. K., Hrsg. Biology and Breeding of Crucifers. Boca Raton, London, New York: Taylor & Francis Group, 19-36.
- Wittstock, U.; Falk, K.; Burow, M.; Reichelt, M. und Gershenson, J., 2004.** Die Biochemie der Glucosinolat-Hydrolyse: Wie entschärfen Insekten pflanzliche Senföl-Bomben? Forschungsbericht 2004-Max-Planck-Institut für chemische Ökologie, 503-512.
- Zimmermann, G., 1986.** The Galleria bait method for detection of entomopathogenic fungi in soil. Journal of Applied Entomology, 102, 213-215.
- Zimmermann, G., 2010.** Maikäfer in Deutschland: Geliebt und gehasst. Ein Beitrag zur Kulturgeschichte und Geschichte zur Bekämpfung. Journal für Kulturpflanzen, 62, 157-172.
- Zweigelt, F., 1928.** Der Maikäfer. Berlin: Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.

Tabellenverzeichnis - Text

Tabelle 1: Larvenstadien von <i>M. melolontha</i> anhand des durchschnittlichen Gewichts und der durchschnittlichen Kopfkapselbreite in Anlehnung an Niklas (1974, 102) und Krell (2004, 216).....	5
Tabelle 2: Bearbeitungsformen der Versuchsplanung, den jeweiligen Parzellen zugeordnet.....	21
Tabelle 3: Ausgewerteter Wahlversuch nach 72 Stunden, je ein graues Kästchen stellt einen Engerling dar.....	52

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Veränderung von Glukosinolat durch das Enzym Myrosinase (schematische Darstellung) in Anlehnung an Schütze (2012, 147).....	12
Abb. 2: Luftbild der Versuchsfläche in Herrnbaumgarten (Nö-Atlas, a), die mit blauen Punkten markierten Parzellen gehören zum Versuchsareal	18
Abb. 3: Hangneigung der Versuchsfläche in Herrnbaumgarten (Nö-Atlas, b), die mit roten Punkten markierten Parzellen gehören zum Versuchsareal	18
Abb. 4: Ausgemessene Parzellen und angrenzendes Umfeld auf der Versuchsfläche in Herrnbaumgarten (schematische Darstellung)	20
Abb. 5: Gegenhangaufnahme vom 8.8.2014 des Versuchsgeländes, links - auf der Kontrollparzelle 1 sind die bereits im Abblühen befindlichen Ausfallssonnenblumen zu erkennen. Auf der rechten Seite, der Parzelle 4, befinden sich die Ausfallssonnenblumen noch in voller Blüte. Auf den Parzellen 2 und 3 in der Mitte, ist der Weiße-Senf zu sehen.	23
Abb. 6: Inspektion und Überprüfung des Zuchtbehälters, Aufnahme vom 7.7.2014	28
Abb. 7: Aufbau des Wahlversuches, provisorische Fixierung der Trennwände mit Hilfe von Kartorklemmen.	30
Abb. 8: Eingebraachte <i>Melolontha</i> -Larven in der Mitte der Versuchsschale, in der oberen Bildhälfte (Nr.1) ist der zerkleinerte eingearbeitete Senf zu erkennen.	31
Abb. 9: Dokumentation zu Versuchsbeginn	
Abb. 10: Dokumentation zu Versuchsende	33
Abb. 11: Maikäfer beim Fraß und Kopulation an <i>Prunus domestica</i> (Zwetschkenbaum), Aufnahme vom 24.4.2014	37
Abb. 12: Wöchentliches Temperaturmaxima und Temperaturminima (in °C), sowie der Menge der wöchentlichen Niederschlagssummen (Regen und Schnee in mm) in Herrnbaumgarten von Jänner 2014 bis Dezember 2014 (AccuWeather Company). Die vertikalen Linien, welche mit Basis-G bis G3 bezeichnet sind, markieren die zu diesem Zeitpunkt durchgeführten Grabungen.	38
Abb. 13: Wöchentliches Temperaturmaxima und Temperaturminima (in °C), sowie die Menge der wöchentlichen Niederschlagssummen (Regen und Schnee in mm) in Herrnbaumgarten von Jänner 2015 bis Anfang Mai 2015 (AccuWeather Company). Die vertikale Linie, welche mit G4 bezeichnet ist, markiert die zu diesem Zeitpunkt durchgeführte vierte Grabung.....	38
Abb. 14: Ausfallssonnenblumen der Parzellen 1 und 4 im Vergleich, Angabe der Anzahl der Sonnenblumen pro 1m ² , n=8	39
Abb. 15: Gefundene Individuen der Grabungen 1, 2, 3 und 4, den jeweiligen Parzellen zugeordnet.	41
Abb. 16: Gefundene <i>Melolontha</i> -Larven der Grabungen 1, 2, 3 und 4, der jeweiligen Parzelle zugeordnet.	42

Abb. 17: Funde von <i>Melolontha</i> -Larven mit räumlicher und zeitlicher Zuordnung. Horizontal gezogene gedachte Linie, unterteilt die Versuchsfläche in Oberhang und Unterhang.	43
Abb. 18: Auswertung der Berlese-Proben der Grabungen 1, 2, 3 und 4. Die ausgezählten Individuen sind der jeweiligen Parzelle zugeordnet.....	44
Abb. 19: Aufsummierte Individuen der Parzellen 1, 2, 3 und 4 der Grabungen 1, 2, 3 und 4 zugeordnet	45
Abb. 20: Bodenfeuchtigkeit in % Wassergehalt der Grabungen 1, 2, 3 und 4 den jeweiligen Parzellen zugeordnet.	46
Abb. 21: <i>Galleria</i> -Larvenmortalität aus den Proben der Grabungen 1, 2, 3 und 4, beim vorfinden toter <i>Galleria</i> -Larven wurden diese aus den Bodenproben aussortiert.	49
Abb. 22: Engerling aus Eigenzucht beim Fressen von Grassamen an der Bodenoberfläche...	51
Abb. 23: Gewichtsveränderung bei angebotenen Gras beziehungsweise Senf (n=10).....	53
Abb. 24: Entwicklungsunterschiede von <i>Melolontha</i> -Larven bei unterschiedlichen äußerlichen Einflussfaktoren (Freiland n=17, Labor n=19)	54

Anhang

Tabellenverzeichnis - Anhang

Anhang-Tabelle 1: Klimadaten von 2014, Temperaturmaxima (in °C) und Temperaturminima (in °C) der jeweiligen Woche zugeordnet, Niederschlag (in mm, Regen und Schnee) der Woche aufsummiert (AccuWeather Company).	72
Anhang-Tabelle 2: Klimadaten von Jänner bis Anfang Mai 2015, Temperaturmaxima (in °C) und Temperaturminima (in °C) der jeweiligen Woche zugeordnet, Niederschlag (in mm, Regen und Schnee) der Woche aufsummiert (AccuWeather Company).	72
Anhang-Tabelle 3: Auszählung der Ausfallssonnenblumen in Stück pro m ²	73
Anhang-Tabelle 4: Statistische Auswertung der Dichte des Ausfallssonnenblumenbewuchses auf den Parzellen 1 und 4.	73
Anhang-Tabelle 5: Alle beim Aussieben gefundenen Individuen, den jeweiligen Parzellen und der jeweiligen Grabung zugeordnet, auf Parzelle 1 hat die Basisgrabung nicht stattgefunden (grau hinterlegte Kästchen).	74
Anhang-Tabelle 6: Auflistung der gemessenen Kopfkapselbreiten (in mm) der bei der vierten Grabung im April 2015 gefundenen Engerlinge. Die Abmessung der Kopfkapselbreite erfolgte nach dem Abtöten der <i>Melolontha</i> -Larven durch kochendes Wasser.	74
Anhang-Tabelle 7: Alle in den Berlese-Proben gefundenen Individuen, den jeweiligen Parzellen und der jeweiligen Grabung zugeordnet, auf Parzelle 1 hat die Basisgrabung nicht stattgefunden (grau hinterlegte Kästchen).	75
Anhang-Tabelle 8: Ausgearbeitete Daten der Basisgrabung zur Bodenfeuchtebestimmung in % Wassergehalt. Bei der Basisgrabung wurden von Parzelle 1 keine Bodenproben entnommen. Die Probennummer ist der jeweiligen Parzellen zugeordnet, alle Gewichtsangaben sind in g dargestellt. Die Berechnung des Wassergehalts erfolgte: 1-(trocken-Tara)/(nass-Tara)	75
Anhang-Tabelle 9: Ausgearbeitete Daten der ersten Grabung zur Bodenfeuchtebestimmung in % Wassergehalt. Die Probennummer ist der jeweiligen Parzellen zugeordnet, alle Gewichtsangaben sind in g dargestellt. Die Berechnung des Wassergehalts erfolgte: 1-(trocken-Tara)/(nass-Tara)	76
Anhang-Tabelle 10: Ausgearbeitete Daten der zweiten Grabung zur Bodenfeuchtebestimmung in % Wassergehalt. Die Probennummer ist der jeweiligen Parzellen zugeordnet, alle Gewichtsangaben sind in g dargestellt. Die Berechnung des Wassergehalts erfolgte: 1-(trocken-Tara)/(nass-Tara)	76
Anhang-Tabelle 11: Ausgearbeitete Daten der dritten Grabung zur Bodenfeuchtebestimmung in % Wassergehalt. Die Probennummer ist der jeweiligen Parzellen zugeordnet, alle Gewichtsangaben sind in g dargestellt. Die Berechnung des Wassergehalts erfolgte: 1-(trocken-Tara)/(nass-Tara)	77
Anhang-Tabelle 12: Ausgearbeitete Daten der vierten Grabung zur Bodenfeuchtebestimmung in % Wassergehalt. Die Probennummer ist der jeweiligen Parzellen zugeordnet, alle Gewichtsangaben sind in g dargestellt. Die Berechnung des Wassergehalts erfolgte: 1-(trocken-Tara)/(nass-Tara)	77
Anhang-Tabelle 13: Ergebnisse der Bodenproben der <i>Galleria</i> -Köder-Methode der Basisgrabung. Es wurden bei der Basisgrabung keine Proben aus Parzelle 1 angesetzt, die Farbe der toten <i>Galleria</i> -Larven wurde bei diesem Versuch nicht dokumentiert.	78
Anhang-Tabelle 14: Ergebnisse der Bodenproben für die <i>Galleria</i> -Köder-Methode der ersten Grabung.	80
Anhang-Tabelle 15: Ergebnisse der Bodenproben für die <i>Galleria</i> -Köder-Methode der zweiten Grabung.	82

Anhang-Tabelle 16: Ergebnisse der Bodenproben für die <i>Galleria</i> -Köder-Methode der dritten Grabung.	84
Anhang-Tabelle 17: Ergebnisse der Bodenproben für die <i>Galleria</i> -Köder-Methode der vierten Grabung.	86
Anhang-Tabelle 18: Zeitpunkt der Entnahme der toten Käfer aus dem Käfig. Acht tote Maikäfer wurden im Bodensubstrat bei der Eigelegekontrolle am 7.7.2014 gefunden.	88
Anhang-Tabelle 19: Verteilung der Engerlinge in den Versuchsschalen nach 72 Stunden.	88
Anhang-Tabelle 20: Statistische Auswertung des Wahlversuchs mit zerkleinerten Pflanzen.	88
Anhang-Tabelle 21: Erhobenen Daten vom Versuchsbeginn und vom Versuchsende der jeweiligen ID-Nummer zugeordnet. Alle Gewichtsangaben in g.	89
Anhang-Tabelle 22: Statistische Auswertung des Topfversuchs mit ganzen Pflanzen.	89
Anhang-Tabelle 23: Kopfkapselbreite (in mm) der Engerlinge nach Abschluss der Laborversuche. Die Abmessung der Kopfkapselbreite erfolgte nach dem Abtöten der <i>Melolontha</i> -Larven durch kochendes Wasser.	90
Anhang-Tabelle 24: Statistische Auswertung der Kopfkapselbreite von gleichalten <i>Melolontha</i> -Larven aus der Laborzucht und aus Freilandfunden.	90

Klimadaten

Anhang-Tabelle 1: Klimadaten von 2014, Temperaturmaxima (in °C) und Temperaturminima (in °C) der jeweiligen Woche zugeordnet, Niederschlag (in mm, Regen und Schnee) der Woche aufsummiert (AccuWeather Company).

Woche	T max (°C)	T min (°C)	Niederschlag (in mm)	Woche	T max (°C)	T min (°C)	Niederschlag (in mm)
1	9	-2	13	27	30	11	7
2	9	-3	3	28	32	12	6
3	12	-6	10	29	33	14	4
4	8	-12	26	30	33	14	0
5	1	-9	10	31	30	17	4
6	9	-5	7	32	30	15	0
7	9	-5	12	33	28	9	4
8	12	-2	5	34	25	8	7
9	14	-1	0	35	23	7	5
10	14	-1	1	36	26	13	9
11	18	-2	10	37	26	11	13
12	20	4	15	38	24	11	0
13	20	-1	7	39	20	3	1
14	20	4	0	40	20	7	8
15	21	1	0	41	22	9	0
16	18	0	3	42	20	7	8
17	22	7	1	43	18	1	8
18	23	4	0	44	14	-1	0
19	23	2	1	45	18	6	12
20	17	4	1	46	16	3	0
21	29	10	0	47	10	2	18
22	25	8	1	48	5	-2	4
23	32	8	2	49	8	-2	20
24	35	10	0	50	9	-3	0
25	26	7	0	51	14	2	4
26	29	9	1	52	13	-8	1

Anhang-Tabelle 2: Klimadaten von Jänner bis Anfang Mai 2015, Temperaturmaxima (in °C) und Temperaturminima (in °C) der jeweiligen Woche zugeordnet, Niederschlag (in mm, Regen und Schnee) der Woche aufsummiert (AccuWeather Company).

Woche	T max (°C)	T min (°C)	Niederschlag (in mm)	Woche	T max (°C)	T min (°C)	Niederschlag (in mm)
1	5	-9	10	11	13	-1	12
2	16	-6	11	12	14	-2	0
3	8	-2	3	13	17	-3	6
4	7	-1	1	14	14	-3	16
5	4	-7	9	15	10	-1	4
6	3	-7	10	16	18	-1	3
7	10	-3	0	17	24	-1	1
8	10	-3	1	18	22	4	0
9	9	0	4	19	23	3	6
10	11	-2	5	20	24	4	0

Bodenvegetation

Anhang-Tabelle 3: Auszählung der Ausfallssonnenblumen in Stück pro m²

Anzahl der Ausfallssonnenblumen pro m ²	
Parzelle 1	Parzelle 4
18	4
24	7
20	5
23	3
23	6
33	6
29	7
32	6

Anhang-Tabelle 4: Statistische Auswertung der Dichte des Ausfallssonnenblumenbewuchses auf den Parzellen 1 und 4.

Dichte der Ausfallssonnenblumen			
	Parzelle 1	Parzelle 4	Ergebnis
Varianz	30,21	2,00	
Standardabweichung	5,50	1,41	
Stichprobenumfang	n=8	n=8	
Arithmetischer Mittelwert	25,25	5,5	
Median	23,5	6	
t-Test (zwei Stichproben)			1,13729E-07

Ausgesiebte Individuen

Anhang-Tabelle 5: Alle beim Aussieben gefundenen Individuen, den jeweiligen Parzellen und der jeweiligen Grabung zugeordnet, auf Parzelle 1 hat die Basisgrabung nicht stattgefunden (grau hinterlegte Kästchen).

	Parzelle 1						Parzelle 2						Parzelle 3						Parzelle 4						Σ Individuen
	Basis-G.	1. Grabung	2. Grabung	3. Grabung	4. Grabung	Σ Parzelle 1	Basis-G.	1. Grabung	2. Grabung	3. Grabung	4. Grabung	Σ Parzelle 2	Basis-G.	1. Grabung	2. Grabung	3. Grabung	4. Grabung	Σ Parzelle 3	Basis-G.	1. Grabung	2. Grabung	3. Grabung	4. Grabung	Σ Parzelle 4	
<i>Melolontha</i> -Larven		1	4	6	5	16		2	3	1	5	11	1	1	3		3	8		2	11	1	4	18	53
<i>Melolontha</i>						0	1					1		1				1						0	2
<i>Lumbricidae</i>		3	48	59	42	152	8	10	23	16	19	76		2	18	18	25	63	8	3	37	57	18	123	414
Schneckenhäuser		3	5	2	2	12	3	1	3	2	3	12	3	2	3		1	9	4	3	11	5	5	28	61
<i>Diptera</i> -Larven			2			2						0						0						0	2
<i>Bibionidae</i> -Larven						0				3		3				10		10				31		31	44
<i>Lepidoptera</i> -Larven				2	1	3						0						0			1	1		2	5
<i>Elateridae</i> -Larven				1	1	2	1					1	1		1			2				1		1	6
Larve o. Zuordnung			1	5	3	9					1	1						0				1		1	11
Puppe o. Zuordnung			1	1	2	4						0						0						0	4
<i>Curculionidae</i>			2			2						0						0			1			1	3
<i>Coleoptera</i>		6	1	4	2	13	2	2			2	6	1					1	2			9	5	16	36
<i>Chilopoda</i>					1	1					1	1				1		1						0	3
<i>Dermaptera</i>		1				1						0						0		2				2	3
Σ Individuen	0	14	64	80	59	217	15	15	29	22	31	112	6	6	25	28	30	95	14	10	61	106	32	223	647

Kopfkapselbreite

Anhang-Tabelle 6: Auflistung der gemessenen Kopfkapselbreiten (in mm) der bei der vierten Grabung im April 2015 gefundenen Engerlinge. Die Abmessung der Kopfkapselbreite erfolgte nach dem Abtöten der *Melolontha*-Larven durch kochendes Wasser.

Individuum	Kopfkapselbreite (in mm)
1	3,55
2	4,25
3	4,4
4	4,3
5	4,1
6	4,3
7	4,1
8	4,05
9	4,45
10	4,15
11	4,3
12	3,6
13	4,15
14	4,4
15	3,85
16	4,3
17	3,85

Berlese-Tullgren-Prinzip

Anhang-Tabelle 7: Alle in den Berlese-Proben gefundenen Individuen, den jeweiligen Parzellen und der jeweiligen Grabung zugeordnet, auf Parzelle 1 hat die Basisgrabung nicht stattgefunden (grau hinterlegte Kästchen).

Berlese-Tullgren-Prinzip																										
	Parzelle 1						Parzelle 2						Parzelle 3						Parzelle 4						Σ Individuen	
	Basis-G.	1. Grabung	2. Grabung	3. Grabung	4. Grabung	Σ Parzelle 1	Basis-G.	1. Grabung	2. Grabung	3. Grabung	4. Grabung	Σ Parzelle 2	Basis-G.	1. Grabung	2. Grabung	3. Grabung	4. Grabung	Σ Parzelle 3	Basis-G.	1. Grabung	2. Grabung	3. Grabung	4. Grabung	Σ Parzelle 4		
Diptera -Larven						0						0	2				4	1	7					0	7	
Diptera (adult)		3	3		1	7		2		1		3	1	1	3				5				2	3	5	20
Lumbricidae						0		2				2							0	1			1	1	3	5
Acari		2		4	2	8	3	4	3		1	11	4			3	1	8	3	2	1	3			9	36
Nematoden						0						0			1	2		3				1			1	4
Apterygota			1	3	1	5			1	2	1	4		1	1	3	3	8							0	17
Staphylinidae			3	2	1	6		2	6	1		9		1	2			3	1			2			3	21
Arachnida				1		1				1		1	1					1	1						1	4
Elateridae -Larven			2			2						0	2		3			5			1	2			3	10
Formicidae					1	1						0						0							0	1
Σ Individuen	0	5	9	10	6	30	3	10	10	5	2	30	10	3	10	12	5	40	6	2	2	11	4	25	125	

Bodenfeuchtigkeit

Anhang-Tabelle 8: Ausgearbeitete Daten der Basisgrabung zur Bodenfeuchtebestimmung in % Wassergehalt. Bei der Basisgrabung wurden von Parzelle 1 keine Bodenproben entnommen. Die Probennummer ist der jeweiligen Parzellen zugeordnet, alle Gewichtsangaben sind in g dargestellt. Die Berechnung des Wassergehalts erfolgte: $1 - (\text{trocken-Tara}) / (\text{nass-Tara})$

Probennummer	Tara (in g)	nass (in g)	trocken (in g)	nass - Tara	trocken - Tara	Wassergehalt (in %)
2,1	105,75	302,45	276,85	196,7	171,1	13,01%
2,2	104,69	347,78	314,66	243,09	209,97	13,62%
3,1	99,88	346,21	312,13	246,33	212,25	13,84%
3,2	100,35	343,41	311,81	243,06	211,46	13,00%
4,1	105,73	310,03	282,88	204,3	177,15	13,29%
4,2	101,59	338,8	308,22	237,21	206,63	12,89%

Anhang-Tabelle 9: Ausgearbeitete Daten der ersten Grabung zur Bodenfeuchtebestimmung in % Wassergehalt. Die Probennummer ist der jeweiligen Parzellen zugeordnet, alle Gewichtsangaben sind in g dargestellt. Die Berechnung des Wassergehalts erfolgte: $1 - (\text{trocken-Tara}) / (\text{nass-Tara})$

Probennummer	Tara (in g)	nass (in g)	trocken (in g)	nass - Tara	trocken - Tara	Wassergehalt (in %)
1,1	96,24	277,8	263,89	181,56	167,65	7,66%
1,2	104,12	269,14	255,93	165,02	151,81	8,01%
1,3	102,43	237,25	227,26	134,82	124,83	7,41%
1,4	107,07	273,94	260,86	166,87	153,79	7,84%
2,1	104,9	275,4	255,2	170,5	150,3	11,85%
2,2	105,09	271,92	252,25	166,83	147,16	11,79%
2,3	101,9	273,26	252,17	171,36	150,27	12,31%
2,4	158,79	315,35	296,43	156,56	137,64	12,08%
3,1	115,89	240,42	224,3	124,53	108,41	12,94%
3,2	128,32	252,51	236,54	124,19	108,22	12,86%
3,3	105,36	230,32	214,52	124,96	109,16	12,64%
3,4	105,97	228,81	213,29	122,84	107,32	12,63%
4,1	124	281,81	270,62	157,81	146,62	7,09%
4,2	109,31	268,16	256,36	158,85	147,05	7,43%
4,3	104,11	241,16	231,61	137,05	127,5	6,97%
4,4	103,23	269,56	258,06	166,33	154,83	6,91%

Anhang-Tabelle 10: Ausgearbeitete Daten der zweiten Grabung zur Bodenfeuchtebestimmung in % Wassergehalt. Die Probennummer ist der jeweiligen Parzellen zugeordnet, alle Gewichtsangaben sind in g dargestellt. Die Berechnung des Wassergehalts erfolgte: $1 - (\text{trocken-Tara}) / (\text{nass-Tara})$

Probennummer	Tara (in g)	nass (in g)	trocken (in g)	nass - Tara	trocken - Tara	Wassergehalt (in %)
1,1	107,57	328,92	294,76	221,35	187,19	15,43%
1,2	99,9	354,38	314,98	254,48	215,08	15,48%
1,3	112,12	331,42	297,31	219,3	185,19	15,55%
1,4	101,65	303,41	271,95	201,76	170,3	15,59%
2,1	103,15	312,65	278,9	209,5	175,75	16,11%
2,2	110,12	317,75	283,97	207,63	173,85	16,27%
2,3	99,16	280,28	250,76	181,12	151,6	16,30%
2,4	105,51	350,76	310,5	245,25	204,99	16,42%
3,1	104,05	299,75	267,16	195,7	163,11	16,65%
3,2	100,79	297,9	264,7	197,11	163,91	16,84%
3,3	105,73	329,88	292,18	224,15	186,45	16,82%
3,4	106,36	313,92	278,93	207,56	172,57	16,86%
4,1	104,25	275,3	247,85	171,05	143,6	16,05%
4,2	101,6	282,12	253	180,52	151,4	16,13%
4,3	104	274,22	246,9	170,22	142,9	16,05%
4,4	104,67	287,19	258,09	182,52	153,42	15,94%

Anhang-Tabelle 11: Ausgearbeitete Daten der dritten Grabung zur Bodenfeuchtebestimmung in % Wassergehalt. Die Probennummer ist der jeweiligen Parzellen zugeordnet, alle Gewichtsangaben sind in g dargestellt. Die Berechnung des Wassergehalts erfolgte: $1 - (\text{trocken-Tara}) / (\text{nass-Tara})$

Probennummer	Tara (in g)	nass (in g)	trocken (in g)	nass - Tara	trocken - Tara	Wassergehalt (in %)
1,1	104,73	326,22	289,94	221,49	185,21	16,38%
1,2	99,9	338,83	296,24	238,93	196,34	17,83%
1,3	112,12	318,33	281,38	206,21	169,26	17,92%
1,4	101,65	374,85	327,4	273,2	225,75	17,37%
2,1	103,15	380,73	332,23	277,58	229,08	17,47%
2,2	110,12	402,55	347,4	292,43	237,28	18,86%
2,3	99,16	376,33	328,91	277,17	229,75	17,11%
2,4	105,51	370,16	321,52	264,65	216,01	18,38%
3,1	104,05	364,64	319,06	260,59	215,01	17,49%
3,2	100,79	326,6	286,78	225,81	185,99	17,63%
3,3	105,73	352,39	306,98	246,66	201,25	18,41%
3,4	106,36	338,51	297,38	232,15	191,02	17,72%
4,1	104,25	392,15	340,12	287,9	235,87	18,07%
4,2	101,6	365,67	316,65	264,07	215,05	18,56%
4,3	104	356,51	313,18	252,51	209,18	17,16%
4,4	107,55	368,19	320,01	260,64	212,46	18,49%

Anhang-Tabelle 12: Ausgearbeitete Daten der vierten Grabung zur Bodenfeuchtebestimmung in % Wassergehalt. Die Probennummer ist der jeweiligen Parzellen zugeordnet, alle Gewichtsangaben sind in g dargestellt. Die Berechnung des Wassergehalts erfolgte: $1 - (\text{trocken-Tara}) / (\text{nass-Tara})$

Probennummer	Tara (in g)	nass (in g)	trocken (in g)	nass - Tara	trocken - Tara	Wassergehalt (in %)
1,1	101,65	285,32	264,29	183,67	162,64	11,45%
1,2	101,9	316,4	292,36	214,5	190,46	11,21%
1,3	109,31	297,98	275,8	188,67	166,49	11,76%
1,4	105,25	305,62	282,49	200,37	177,24	11,54%
2,1	103,13	302,99	279,03	199,86	175,9	11,99%
2,2	110,12	280,27	259,37	170,15	149,25	12,28%
2,3	106,76	307,12	282,47	200,36	175,71	12,30%
2,4	97,93	283,53	260,95	185,6	163,02	12,17%
3,1	104,05	279,5	256,73	175,45	152,68	12,98%
3,2	100,79	239,35	220,99	138,56	120,2	13,25%
3,3	105,74	274,09	252,14	168,35	146,4	13,04%
3,4	106,36	293,7	269	187,34	162,64	13,18%
4,1	104,25	257,55	237,04	153,3	132,79	13,38%
4,2	102,31	259,06	238,76	156,75	136,45	12,95%
4,3	104	245,95	227,44	141,95	123,44	13,04%
4,4	71,25	229,15	208,72	157,9	137,47	12,94%

Galleria-Köder-Methode

Anhang-Tabelle 13: Ergebnisse der Bodenproben der *Galleria*-Köder-Methode der Basisgrabung. Es wurden bei der Basisgrabung keine Proben aus Parzelle 1 angesetzt, die Farbe der toten *Galleria*-Larven wurde bei diesem Versuch nicht dokumentiert.

Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
2.1	14.Apr		weich	Larve	Nematoden
2.2	14.Apr		weich	Larve	ohne Befund
2.3	14.Apr		weich	Larve	ohne Befund
2.4	14.Apr		weich	Larve	Milben
2.5	18.Apr		weich	Larve	Nematoden
2.6	23.Apr		weich	Larve	Nematoden
2.7	23.Apr		weich	Larve	Nematoden
2.8	23.Apr		weich	Larve	Nematoden
2.9	23.Apr		weich	Larve	ohne Befund
2.10	23.Apr		weich	Larve	ohne Befund
2.11	23.Apr		weich	Larve	Milben
2.12	23.Apr		weich	Larve	Nematoden
2.13	23.Apr		fest	Larve	sekundärer Pilz
2.14	23.Apr		fest	Larve	<i>Metarhizium</i>
2.15	23.Apr		fest	Puppe	Milben
2.16	23.Apr		fest	Larve	<i>Metarhizium</i>
2.17	28.Apr		fest	Larve	<i>Aspergillus</i>
2.18	28.Apr		fest	Larve	<i>Aspergillus</i>
2.19	28.Apr		fest	Larve	sekundärer Pilz
2.20	03.Mai		fest	Larve	sekundärer Pilz

Fortsetzung Anhang-Tabelle 13:

Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
3.1	14.Apr		weich	Larve	Nematoden
3.2	14.Apr		weich	Larve	ohne Befund
3.3	18.Apr		fest	Larve	sekundärer Pilz
3.4	18.Apr		weich	Larve	Nematoden
3.5	18.Apr		weich	Larve	ohne Befund
3.6	23.Apr		weich	Larve	Milben
3.7	23.Apr		weich	Larve	Milben
3.8	23.Apr		fest	Larve	sekundärer Pilz
3.9	23.Apr		fest	Larve	Milben
3.10	25.Apr		fest	Larve	sekundärer Pilz
3.11	25.Apr		fest	Puppe	Milben
3.12	28.Apr		fest	Larve	<i>Aspergillus</i>
3.13	28.Apr		fest	Larve	Nematoden
3.14	28.Apr		fest	Larve	Pilz + Milben
3.15	01.Mai		fest	Larve	<i>Aspergillus</i>
3.16	03.Mai		fest	Puppe	ohne Befund
3.17	03.Mai		fest	Falter	ohne Befund
3.18	03.Mai		fest	Larve	<i>Metarhizium</i>
3.19	06.Mai		fest	Larve	<i>Aspergillus</i>
3.20	06.Mai		fest	Larve	<i>Metarhizium</i>
Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
4.1	14.Apr		weich	Larve	ohne Befund
4.2	14.Apr		weich	Larve	ohne Befund
4.3	18.Apr		fest	Larve	sekundärer Pilz
4.4	18.Apr		fest	Larve	sekundärer Pilz
4.5	18.Apr		fest	Larve	sekundärer Pilz
4.6	18.Apr		fest	Larve	sekundärer Pilz
4.7	18.Apr		weich	Larve	ohne Befund
4.8	18.Apr		fest	Larve	sekundärer Pilz
4.9	23.Apr		fest	Larve	<i>Metarhizium</i>
4.10	23.Apr		fest	Larve	<i>Aspergillus</i>
4.11	23.Apr		fest	Larve	sekundärer Pilz
4.12	28.Apr		fest	Larve	sekundärer Pilz
4.13	28.Apr		fest	Falter	ohne Befund
4.14	01.Mai		fest	Larve	sekundärer Pilz
4.15	01.Mai		fest	Larve	sekundärer Pilz
4.16	01.Mai		weich	Larve	Milben
4.17	01.Mai		fest	Larve	<i>Metarhizium</i>
4.18	03.Mai		fest	Larve	<i>Metarhizium</i>
4.19	06.Mai		fest	Larve	<i>Aspergillus</i>
4.20	06.Mai		weich	Larve	ohne Befund

Anhang-Tabelle 14: Ergebnisse der Bodenproben für die *Galleria*-Köder-Methode der ersten Grabung.

Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
1.1	09.Aug	schwarz-braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
1.2	09.Aug	schwarz-braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
1.3	09.Aug	schwarz-braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
1.4	09.Aug	dunkelbraun	sehr weich	Larve	ohne Befund
1.5	09.Aug	mittelbraun	sehr weich	Larve	ohne Befund
1.6	09.Aug	dunkelbraun	mitte-fest	Larve	ohne Befund
1.7	09.Aug	dunkelbraun	mitte-fest	Larve	ohne Befund
1.8	11.Aug	creme	weich	Larve	ohne Befund
1.9	11.Aug	schwarz-braun	mittel	Larve	Milben
1.10	11.Aug	schwarz-braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
1.11	11.Aug	creme	weich-mittel	Larve	ohne Befund
1.12	11.Aug	creme, braun	mittel	Larve	<i>Metarhizium</i>
1.13	13.Aug.	creme, braun	mittel	Larve	<i>Metarhizium</i>
1.14	15.Aug.	creme, braun	mittel-fest	Puppe	Milben
1.15	15.Aug	braun	fest	Puppe	ohne Befund
1.16	15.Aug	creme	fest	Larve	<i>Metarhizium</i>
1.17	15.Aug	braun, grau	fest	Larve	<i>Metarhizium</i>
1.18	19.Aug	braun	fest	Larve	ohne Befund
1.19	19.Aug	hellbraun	fest	Puppe	<i>Metarhizium</i> +sec. Pilz
1.20	21.Aug	Flügel deformiert		Falter	ohne Befund
Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
2.1	09.Aug	rötlich-braun	weich, stinkend	Larve	ohne Befund
2.2	09.Aug	dunkelbraun	sehr weich, stink	Larve	Milben
2.3	09.Aug	schwarz-braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
2.4	09.Aug	creme	mittel	Larve	Nematoden
2.5	09.Aug	dunkelbraun	sehr weich	Larve	ohne Befund
2.6	09.Aug	creme	mittel	Larve	ohne Befund
2.7	09.Aug	creme	mittel	Larve	ohne Befund
2.8	09.Aug	creme	weich	Larve	Nematoden
2.9	09.Aug	dunkelbraun	sehr weich	Larve	ohne Befund
2.10	09.Aug	rötlich-braun	weich	Larve	ohne Befund
2.11	09.Aug	schwarz-braun	weich-mittel	Larve	ohne Befund
2.12	11.Aug	creme, braun	mittel	Larve	ohne Befund
2.13	11.Aug	schwarz-braun	sehr weich	Larve	Milben
2.14	11.Aug	mittelbraun	mittel-fest	Larve	ohne Befund
2.15	11.Aug	creme, braun	weich	Larve	ohne Befund
2.16	11.Aug	schwarz-braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
2.17	13.Aug	rötlich-braun	fest	Puppe	Milben
2.18	13.Aug	grau	mittel-fest	Larve	<i>Metarhizium</i>
2.19	13.Aug	grau	mittel	Larve	sec. Pilz, Sporen rund
2.20	21.Aug	creme-grau	mittel	Larve	Milben

Fortsetzung Anhang-Tabelle 14:

Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
3.1	09.Aug	schwarz-braun	weich-mittel	Larve	ohne Befund
3.2	09.Aug	schwarz-braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
3.3	09.Aug	schwarz-braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
3.4	09.Aug	creme	mittel	Larve	ohne Befund
3.5	09.Aug	dunkelbraun	mittel-fest	Larve	sec. Pilz, Hyphen unseptiert
3.6	09.Aug	schwarz-braun	weich	Larve	ohne Befund
3.7	09.Aug	schwarz-braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
3.8	09.Aug	mittelbraun	sehr weich	Larve	ohne Befund
3.9	11.Aug	schwarz-braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
3.10	11.Aug	schwarz-braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
3.11	11.Aug	creme	mittel	Larve	Milben
3.12	11.Aug	schwarz-braun	mittel	Larve	sec. Pilz
3.13	15.Aug	schwarz	weich-mittel	Larve	ohne Befund
3.14	15.Aug	schwarz	mittel-fest	Puppe	Milben
3.15	15.Aug	creme, braun	mittel-fest	Larve	sec. Pilz
3.16	17.Aug	creme, grau	mittel	Larve	Milben
3.17	17.Aug	creme, grau	mittel	Larve	Milben
3.18	17.Aug	schwarz-braun	weich	Larve	Milben
3.19	17.Aug	dunkelbraun	weich	Larve	Milben
3.20	23.Aug	dunkelbraun	mittel	Puppe zum Falter	Milben
Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
4.1	09.Aug	schwarz-braun	weich	Larve	ohne Befund
4.2	09.Aug	dunkelbraun	mittel	Larve	Milben
4.3	09.Aug	schwarz-braun	weich	Larve	Nematoden
4.4	09.Aug	dunkelbraun	mittel	Larve	ohne Befund
4.5	09.Aug	schwarz-braun	weich	Larve	ohne Befund
4.6	09.Aug	schwarz-braun	weich	Larve	ohne Befund
4.7	09.Aug	schwarz-braun	weich	Larve	Milben
4.8	11.Aug	creme	mittel-fest	Larve	ohne Befund
4.9	11.Aug	creme	mittel-fest	Larve	Milben
4.10	11.Aug	creme	mittel-fest	Larve	ohne Befund
4.11	11.Aug	schwarz-braun	weich	Larve	Milben
4.12	11.Aug	schwarz-braun	weich	Larve	ohne Befund
4.13	13.Aug	creme-braun	mittel-fest	Larve	sec. Pilz, unseptierte Hyphen
4.14	13.Aug	rötlich-braun	fest	Puppe	sec. Pilz
4.15	13.Aug	creme-grau	mittel	Larve	<i>Metarhizium</i>
4.16	15.Aug	grau	fest	Larve	<i>Metarhizium</i>
4.17	17.Aug	rötlich-braun	fest	Larve	sec. Pilz
4.18	17.Aug	creme-braun	mittel-fest	Puppe	Milben
4.19	19.Aug	grau-braun	fest	Larve	<i>Metarhizium</i>
4.20	21.Aug	creme-grau	mittel	Larve	Milben

Anhang-Tabelle 15: Ergebnisse der Bodenproben für die *Galleria*-Köder-Methode der zweiten Grabung.

Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
1.1	11.Okt	braun-schwarz	weich	Larve	ohne Befund
1.2	11.Okt	creme-grau	weich	Larve	Milbe
1.3	11.Okt	rötlich	mittel	Larve	Milbe
1.4	11.Okt	creme	mittel-weich	Larve	Milbe
1.5	13.Okt	grau	weich	Larve	Milbe
1.6	13.Okt	creme	mittel	Larve	Milbe
1.7	13.Okt	creme-grau	mittel-fest	Larve	Milbe
1.8	13.Okt	creme	mittel-fest	Larve	Milbe
1.9	13.Okt	creme-grau	weich	Larve	Milbe
1.10	13.Okt	creme-grau	weich	Larve	ohne Befund
1.11	13.Okt	schwarz	mittel	Larve	Milbe
1.12	17.Okt	schwarz	mittel	Larve	Milbe
1.13	17.Okt	braun	sehr weich	Larve	Milbe
1.14	19.Okt	braun	sehr weich	Larve	Milbe
1.15	23.Okt	braun	sehr weich	Larve	Milbe
1.16	23.Okt	grau	weich	Larve	Milbe
1.17	23.Okt	schwarz	sehr weich	Larve	Milbe
1.18	23.Okt	braun	mittel	Puppe	Milbe
1.19	23.Okt	braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
1.20	27.Okt	schwarz	weich	Larve	ohne Befund
Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
2.1	11.Okt	grau	sehr weich	Larve	Milbe
2.2	11.Okt	creme-rötlich	weich	Larve	Milbe
2.3	11.Okt	creme	weich	Larve	Milbe
2.4	11.Okt	creme-grau	sehr weich	Larve	Milbe
2.5	11.Okt	schwarz	fest	Larve	Pilz+Milbe
2.6	13.Okt	rot-braun	fest	Larve	Pilz+Milbe
2.7	13.Okt	schwarz	mittel-weich	Larve	Milbe
2.8	13.Okt	grau	sehr weich	Larve	ohne Befund
2.9	13.Okt	grau	weich	Larve	Milbe
2.10	13.Okt	creme	weich	Larve	Pilz (Hyphen septiert)
2.11	15.Okt	creme	mittel-weich	Larve	Milbe
2.12	15.Okt	creme-grau	mittel	Larve	Milbe
2.13	15.Okt	creme-grau	mittel	Larve	Milbe
2.14	15.Okt	grau	weich	Larve	ohne Befund
2.15	15.Okt	grau	mittel-weich	Larve	Milbe
2.16	17.Okt	braun	hart	Larve	Pilz (Hyphen septiert)
2.17	17.Okt	braun	mittel-weich	Larve	Milbe
2.18	21.Okt	braun	weich	Puppe	Milbe
2.19	23.Okt	braun	weich	Puppe	Milbe
2.20	31.Okt	schwarz	weich	Larve	Milbe

Fortsetzung Anhang-Tabelle 15:

Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
3.1	11.Okt	creme-rötlich	mittel-weich	Larve	Nematoden
3.2	11.Okt	creme	mittel	Larve	Nematoden
3.3	11.Okt	creme-grau	mittel	Larve	Milbe
3.4	11.Okt	creme	mittel	Larve	Milbe
3.5	11.Okt	creme-grau	mittel	Larve	Milbe
3.6	11.Okt	creme-rötlich	mittel-weich	Larve	Milbe
3.7	11.Okt	creme	mittel-weich	Larve	Nematoden
3.8	11.Okt	grau-schwarz	weich	Larve	Milbe
3.9	11.Okt	grau-schwarz	fest	Larve	Milbe
3.10	13.Okt	creme	mittel	Larve	Milbe
3.11	13.Okt	creme	mittel	Larve	ohne Befund
3.12	13.Okt	creme-grau	mittel-fest	Larve	Milbe
3.13	13.Okt	creme-rötlich	mittel	Larve	Nematoden
3.14	13.Okt	creme-rötlich	mittel	Larve	Nematoden
3.15	13.Okt	grau	mittel	Larve	Nematoden
3.16	13.Okt	creme-grau	mittel-weich	Larve	Nematoden
3.17	13.Okt	grau-schwarz	mittel-weich	Larve	Milbe
3.18	13.Okt	grau	weich	Larve	Milbe
3.19	15.Okt	creme	mittel-weich	Larve	Nematoden
3.20	17.Okt.	creme-rötlich	hart	Larve	Milbe
Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
4.1	11.Okt.	creme	mittel-fest	Larve	Milbe
4.2	11.Okt	creme	mittel-fest	Larve	Milbe
4.3	13.Okt	creme	mittel	Larve	Milbe
4.4	13.Okt	creme-braun	mittel	Larve	Nematoden
4.5	13.Okt	braun	mittel	Larve	Pilz (sekundär)
4.6	13.Okt	braun-grau	mittel	Larve	ohne Befund
4.7	13.Okt	creme-grau	mittel	Larve	ohne Befund
4.8	13.Okt	creme	mittel	Larve	ohne Befund
4.9	13.Okt	creme-grau	mittel-fest	Larve	Milbe
4.10	15.Okt	braun	weich	Larve	Milbe
4.11	15.Okt	schwarz-braun	weich	Larve	Milbe
4.12	15.Okt	schwarz-braun	weich	Larve	Milbe
4.13	15.Okt	schwarz-braun	mittel	Larve	Milbe
4.14	15.Okt	creme	mittel-weich	Larve	Milbe
4.15	17.Okt	creme-grau	mittel	Larve	Milbe
4.16	17.Okt	creme	mittel	Larve	Milbe
4.17	17.Okt	creme	hart	Larve	<i>Metarhizium</i>
4.18	17.Okt	rötlich	hart	Larve	<i>Metarhizium</i>
4.19	17.Okt	creme-grau	weich	Larve	Milbe
4.20	23.Okt	schwarz	weich	Larve	Pilz (sekundär)

Anhang-Tabelle 16: Ergebnisse der Bodenproben für die *Galleria*-Köder-Methode der dritten Grabung.

Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
1.1	25.Okt	grau	grau	Larve	Nematoden + Milbe
1.2	27.Okt	creme-grau	weich	Larve	ohne Befund
1.3	27.Okt	creme	sehr weich	Larve	Milbe
1.4	27.Okt	brau	sehr weich	Larve	Milbe
1.5	27.Okt	creme-grau	weich	Larve	ohne Befund
1.6	27.Okt	creme	weich	Larve	Milbe
1.7	27.Okt	grau	weich	Larve	Milbe
1.8	31.Okt	creme	weich	Larve	Milbe
1.9	31.Okt	braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
1.10	04.Nov	schwarz-braun	mittel	Puppe	Milbe
1.11	04.Nov	braun	mittel	Larve	Milbe
1.12	04.Nov	creme	mittel	Larve	Pilz + Milbe
1.13	06.Nov	schwarz	sehr weich	Larve	Milbe
1.14	10.Nov	schwarz	sehr weich	Puppe	Milbe
1.15	10.Nov	creme	mittel	Larve	Milbe
1.16	12.Nov	creme-marmoriert	mittel	Larve	<i>Metarhizium</i>
1.17	12.Nov	schwarz	sehr weich	Larve	Milbe
1.18	12.Nov	schwarz	weich	Larve	sec. Pilz
1.19	14.Nov	creme-marmoriert	mittel	Larve	Milbe
1.20	14.Nov	schwarz	sehr weich	Larve	Milbe
Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
2.1	25.Okt	creme-grau	weich	Larve	Nematoden
2.2	25.Okt	schwarz-grau	mittel	Larve	Milbe
2.3	25.Okt	grau-rötlich	weich	Larve	ohne Befund
2.4	25.Okt	creme-grau	weich	Larve	Milbe
2.5	27.Okt	creme-grau	weich	Larve	Milbe
2.6	27.Okt	creme-grau	mittel	Larve	Milbe
2.7	29.Okt	creme-grau	sehr weich	Larve	ohne Befund
2.8	29.Okt	grau	sehr weich	Larve	Milbe
2.9	31.Okt	schwarz	sehr weich	Larve	Milbe
2.10	02.Nov	schwarz	weich	Larve	ohne Befund
2.11	02.Nov	schwarz	sehr weich	Larve	Milbe
2.12	02.Nov	creme-rötlich	sehr weich	Larve	Milbe
2.13	02.Nov	schwarz	hart	Puppe	ohne Befund
2.14	04.Nov	grau	weich	Larve	Milbe
2.15	06.Nov	grau	hart	Larve	<i>Beauveria sp.</i>
2.16	06.Nov	schwarz	weich	Larve	Milbe
2.17	08.Nov	rosa!	weich	Larve	ohne Befund
2.18	08.Nov	schwarz	mittel	Larve	Milbe
2.19	10.Nov	grau	hart	Larve	<i>Metarhizium</i>
2.20	10.Nov	grau	mittel	Larve	Milbe

Fortsetzung Anhang-Tabelle 16:

Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
3.1	25.Okt	creme-grau	weich	Larve	Milbe
3.2	25.Okt	creme	weich	Larve	Milbe
3.3	25.Okt	creme-grau	weich	Larve	Nematoden
3.4	25.Okt	creme-grau	weich	Larve	Nematoden
3.5	25.Okt	grau	weich	Larve	Nematoden
3.6	25.Okt	grau	weich	Larve	ohne Befund
3.7	25.Okt	creme-grau	weich	Larve	ohne Befund
3.8	25.Okt	creme-grau	weich	Larve	ohne Befund
3.9	25.Okt	creme-grau	weich	Larve	Milbe
3.10	25.Okt	creme-grau	weich	Larve	Milbe
3.11	25.Okt	creme	weich	Larve	Milbe
3.12	27.Okt	creme-grau	weich	Larve	Nematoden
3.13	27.Okt	grau	weich	Larve	Milbe
3.14	27.Okt	creme	sehr weich	Larve	Nematoden
3.15	27.Okt	creme	sehr weich	Larve	Nematoden + Milbe
3.16	27.Okt	creme	sehr weich	Larve	Nematoden
3.17	27.Okt	schwarz	sehr weich	Larve	ohne Befund
3.18	29.Okt	schwarz	sehr weich	Larve	Milbe
3.19	31.Okt	braun	mittel	Larve	Milbe
3.20	02.Nov	schwarz	sehr weich	Larve	Milbe
Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
4.1	25.Okt	creme	weich	Larve	Milbe
4.2	25.Okt	creme	weich	Larve	Milbe
4.3	25.Okt	grau	mittel	Larve	Nematoden
4.4	27.Okt	grau	mittel	Larve	Milbe
4.5	27.Okt	creme	weich	Larve	Milbe
4.6	31.Okt	schwarz	hart	Larve	<i>Beauveria sp.</i>
4.7	31.Okt	grau	mittel-hart	Larve	Milbe
4.8	02.Nov	grau	mittel-hart	Larve	Milbe
4.9	02.Nov	grau	hart	Larve	<i>Metarhizium</i>
4.10	02.Nov	grau	hart	Larve	Milbe
4.11	02.Nov	creme	mittel	Larve	Milbe
4.12	02.Nov	schwarz	weich	Larve	Milbe
4.13	02.Nov	braun-schwarz	hart	Larve	Milbe
4.14	02.Nov	braun	hart	Larve	Milbe
4.15	02.Nov	rötlich	mittel	Larve	Milbe
4.16	02.Nov	grau	mittel	Larve	Milbe
4.17	04.Nov	grau	mittel-hart	Larve	Milbe
4.18	06.Nov	grau	hart	Larve	<i>Metarhizium</i>
4.19	06.Nov	grau	hart	Puppe	Milbe
4.20	14.Nov	braun	mittel	Puppe	Milbe

Anhang-Tabelle 17: Ergebnisse der Bodenproben für die *Galleria*-Köder-Methode der vierten Grabung.

Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
1.1	02.Mai	schwarz	weich	Larve	ohne Befund
1.2	02.Mai	creme	mittel	Larve	ohne Befund
1.3	02.Mai	creme	mittel	Larve	Nematoden
1.4	02.Mai	schwarz	mittel-weich	Larve	Milben
1.5	02.Mai	creme	weich	Larve	Nematoden
1.6	02.Mai	grau	mittel-hart	Larve	ohne Befund
1.7	02.Mai	grau	weich	Larve	Nematoden
1.8	02.Mai	grau	weich	Larve	ohne Befund
1.9	04.Mai	schwarz	weich-mittel	Larve	ohne Befund
1.10	04.Mai	grau	mittel	Larve	Nematoden
1.11	04.Mai	braun	mittel	Larve	Nematoden
1.12	04.Mai	schwarz	hart	Larve	ohne Befund
1.13	07.Mai	creme	mittel	Larve	ohne Befund
1.14	07.Mai	schwarz	mittel	Larve	ohne Befund
1.15	07.Mai	braun	weich	Larve	ohne Befund
1.16	07.Mai	braun	mittel	Larve	ohne Befund
1.17	07.Mai	braun	mittel	Larve	ohne Befund
1.18	07.Mai	braun	mittel	Puppe	Milben
1.19	09.Mai	braun	mittel	Puppe	ohne Befund
1.20	16.Mai	braun	hart	Larve	<i>Metarhizium</i>
Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
2.1	02.Mai	creme	mittel	Larve	sekundärer Pilz
2.2	02.Mai	grau	weich	Larve	ohne Befund
2.3	02.Mai	grau	sehr weich	Larve	ohne Befund
2.4	02.Mai	grau	mittel-weich	Larve	Nematoden
2.5	02.Mai	schwarz	sehr weich	Larve	ohne Befund
2.6	02.Mai	schwarz	mittel-hart	Larve	Milben
2.7	04.Mai	braun	weich	Larve	ohne Befund
2.8	04.Mai	schwarz	sehr weich	Larve	ohne Befund
2.9	04.Mai	grau	weich	Larve	ohne Befund
2.10	07.Mai	rötlich braun	mittel	Larve	<i>Metarhizium</i>
2.11	07.Mai	grau	mittel-weich	Larve	Nematoden
2.12	07.Mai	braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
2.13	09.Mai	braun	hart	Larve	ohne Befund
2.14	09.Mai	schwarz	weich	Larve	sekundärer Pilz
2.15	11.Mai	grau	hart	Larve	<i>Metarhizium</i>
2.16	13.Mai	braun	hart	Larve	<i>Metarhizium</i>
2.17	13.Mai	grau	hart	Larve	<i>Metarhizium</i>
2.18	13.Mai	grau	weich	Puppe	sekundärer Pilz
2.19	16.Mai	schwarz	weich	Larve	sekundärer Pilz
2.20	18.Mai	braun	hart	Larve	<i>Metarhizium</i>

Fortsetzung Anhang-Tabelle 17:

Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
3.1	02.Mai	schwarz	mittel	Larve	sekundärer Pilz
3.2	02.Mai	schwarz	mittel-hart	Larve	Milben
3.3	02.Mai	grau	mittel-weich	Larve	Milben
3.4	02.Mai	grau	mittel-weich	Larve	ohne Befund
3.5	02.Mai	creme	weich	Larve	Nematoden
3.6	02.Mai	grau	weich	Larve	sekundärer Pilz
3.7	02.Mai	creme	weich	Larve	ohne Befund
3.8	02.Mai	creme	weich	Larve	Nematoden
3.9	02.Mai	creme	mittel	Larve	sekundärer Pilz
3.10	02.Mai	creme	mittel	Larve	Nematoden
3.11	02.Mai	schwarz	mittel-hart	Larve	ohne Befund
3.12	02.Mai	grau	weich	Larve	ohne Befund
3.13	02.Mai	creme	weich	Larve	Nematoden
3.14	02.Mai	braun	sehr weich	Larve	sekundärer Pilz
3.15	04.Mai	schwarz	weich	Larve	Nematoden
3.16	04.Mai	schwarz	weich	Larve	ohne Befund
3.17	04.Mai	schwarz	mittel-hart	Larve	sekundärer Pilz
3.18	04.Mai	braun	mittel	Larve	Nematoden
3.19	07.Mai	creme	mittel	Larve	ohne Befund
3.20	11.Mai	grau	mittel	Larve	sekundärer Pilz
Probennummer	Entnahme	Farbe	Konsistenz	Entwicklung	Beurteilung
4.1	02.Mai	braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
4.2	02.Mai	braun	mittel-hart	Larve	sekundärer Pilz
4.3	02.Mai	creme	mittel-weich	Larve	ohne Befund
4.4	02.Mai	creme	mittel-weich	Larve	ohne Befund
4.5	02.Mai	creme, braun	weich	Larve	Nematoden
4.6	02.Mai	creme	weich	Larve	ohne Befund
4.7	02.Mai	schwarz	sehr weich	Larve	ohne Befund
4.8	02.Mai	creme, braun	mittel-weich	Larve	ohne Befund
4.9	04.Mai	creme	weich	Larve	ohne Befund
4.10	04.Mai	grau	mittel	Larve	sekundärer Pilz
4.11	04.Mai	schwarz	weich	Larve	ohne Befund
4.12	07.Mai	braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
4.13	07.Mai	braun	sehr weich	Larve	ohne Befund
4.14	07.Mai	braun	mittel	Larve	ohne Befund
4.15	07.Mai	schwarz	mittel	Larve	sekundärer Pilz
4.16	07.Mai	braun	mittel	Larve	ohne Befund
4.17	07.Mai	schwarz	mittel	Larve	ohne Befund
4.18	09.Mai	grau	hart	Larve	<i>Metarhizium</i>
4.19	09.Mai	schwarz	hart	Larve	<i>Metarhizium</i>
4.20	11.Mai	schwarz	hart	Larve	<i>Metarhizium</i>

Käfermortalität beim Zuchtversuch von Engerlingen

Anhang-Tabelle 18: Zeitpunkt der Entnahme der toten Käfer aus dem Käfig. Acht tote Maikäfer wurden im Bodensubstrat bei der Eigelegekontrolle am 7.7.2014 gefunden.

Anzahl der Käfer	Datum der Entnahme der toten Käfer
3	06.05.2014
1	09.05.2014
2	16.05.2014
2	17.05.2014
1	19.05.2014
2	26.05.2014
1	28.05.2014
2	05.06.2014
1	08.06.2014

Wahlversuch mit zerkleinerten Pflanzen

Anhang-Tabelle 19: Verteilung der Engerlinge in den Versuchsschalen nach 72 Stunden

Schalen	Larvenverteilung	
	Kontrolle	Senf
Schale 1	2	3
Schale 2	1	4
Schale 3	0	5
Schale 4	0	5
Schale 5	3	2
Schale 6	1	4

Anhang-Tabelle 20: Statistische Auswertung des Wahlversuchs mit zerkleinerten Pflanzen

Wahlversuch mit zerkleinerten Pflanzen			
95 % Konfidenzintervall	-5,1203	-0,213	df=5
	Kontrolle	Senf	Ergebnis
Standardabweichung	1,1690	1,1690	
Stichprobenumfang	n=6	n=6	
Arithmetischer Mittelwert	1,1667	3,8333	
Median	0,95	3,93	
t-Test (gepaart)			0,0383

Topfversuch mit ganzen Pflanzen

Anhang-Tabelle 21: Erhobenen Daten vom Versuchsbeginn und vom Versuchsende der jeweiligen ID-Nummer zugeordnet. Alle Gewichtsangaben in g.

Engerling in Senf				Engerling in Gras			
ID-Nr.:	Gewicht (in g) Beginn	Gewicht (in g) Ende	Gewichtsdifferenz (in g)	ID-Nr.:	Gewicht (in g) Beginn	Gewicht (in g) Ende	Gewichtsdifferenz (in g)
1	2,16	2,26	0,1	11	1,58	1,67	0,09
2	2,11	1,99	-0,12	12	2,07	2,09	0,02
3	1,96	1,77	-0,19	13	1,8	1,77	-0,03
4	1,85	1,91	0,06	14	2,25	2,04	-0,21
5	2,46	2,29	-0,17	15	2,38	2,16	-0,22
6	1,86	1,75	-0,11	16	2,12	1,93	-0,19
7	1,82	1,85	0,03	17	2,13	2,16	0,03
8	1,7	1,66	-0,04	18	2,86	2,95	0,09
9	1,89	1,8	-0,09	19	2,33	2,2	-0,13
10	2,43	2,38	-0,05	20	2,15	2,08	-0,07

Anhang-Tabelle 22: Statistische Auswertung des Topfversuchs mit ganzen Pflanzen

Topfversuch mit ganzen Pflanzen			
	Gras	Senf	Ergebnis
Varianz	0,0094	0,0145	
Standardabweichung	0,0969	0,1204	
Stichprobenumfang	n=10	n=10	
Arithmetischer Mittelwert	-0,058	-0,062	
Median	-0,07	-0,05	
t-Test (zwei Stichproben)			0,9357

Kopfkapselgröße

Anhang-Tabelle 23: Kopfkapselbreite (in mm) der Engerlinge nach Abschluss der Laborversuche. Die Abmessung der Kopfkapselbreite erfolgte nach dem Abtöten der *Melolontha*-Larven durch kochendes Wasser.

Individuum	Kopfkapselbreite (in mm)
1	7,3
2	6,5
3	6,5
4	6,6
5	7
6	7,1
7	6,8
8	6,9
9	6,4
10	6,7
11	6,9
12	6,7
13	6,1
14	6,8
15	6,7
16	6,7
17	7,2
18	7,1
19	6,4
20	zerstört!

Anhang-Tabelle 24: Statistische Auswertung der Kopfkapselbreite von gleichalten *Melolontha*-Larven aus der Laborzucht und aus Freilandfunden.

Kopfkapselbreitenvergleich			
	Larven vom Labor	Larven vom Freiland	Ergebnis
Varianz	0,0937	0,0725	
Standardabweichung	0,2693	0,3061	
Stichprobenumfang	n=17	n=19	
Arithmetischer Mittelwert	4,1235	6,7579	
Median	4,15	6,7	
t-Test (zwei Stichproben)			1,0818E-24