

**Validierung des auf
Bodentemperatur und Bodenfeuchte
basierenden Drahtwurm-
Prognosemodells SIMAGRIO-W
im ost-österreichischen
Ackerbaugesamtgebiet**

bioforschung
austria



Projekt-Mitarbeiter und

Autoren des Endberichts:

Patrick Hann (Bio Forschung Austria)

Katharina Wechselberger (Bio Forschung Austria)

Rudi Schmid (Bioforschung Austria)

Claus Trska (Bio Forschung Austria)

Birgit Putz (Bio Forschung Austria)

Markus Diethart (Bio Forschung Austria)

Bernhard Kromp (Bio Forschung Austria)

Jeanette Jung (ZEPP - Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz)

Josef Eitzinger (BOKU-Meteorologie)

Diese Publikation sollte folgendermaßen zitiert werden:

Hann, P., Wechselberger, K., Trska, C., Schmid, R., Kromp, B., Jung, J., Eitzinger, J. (2014): Validierung des auf Bodentemperatur und Bodenfeuchte basierenden Drahtwurm-Prognosemodells SIMAGRIO-W im ost-österreichischen Ackerbaugebiet. Endbericht von StartClim2013.G in StartClim2013: Anpassung an den Klimawandel in Österreich – Themenfeld Wasser, Auftraggeber: BMLFUW, BMWFW, ÖBF, Land Oberösterreich

Wien, im Mai 2014

StartClim2013.G

Teilprojekt von StartClim2013

Projektleitung von StartClim2013:

Universität für Bodenkultur, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt

Institut für Meteorologie, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien

URL: <http://www.startclim.at/>

StartClim2013 wurde aus Mitteln des BMLFUW, des BMWFW, der ÖBf und des Landes Oberösterreich gefördert.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	5
Abstract	5
G-1 Einleitung	7
G-1.1 Drahtwürmer (Fam. Elateridae) und Schaden	7
G-1.2 SIMAGRIO-W	8
<i>G-1.2.1 Ziele des Projekts</i>	8
G-2 Material & Methodik	9
G-2.1 SIMAGRIO-W	9
G-2.2 Versuchsdesign	10
G-3 Ergebnisse und Diskussion	14
G-3.1 Bodenklima während der Versuchsdauer	14
G-3.2 Überblick über die Drahtwurmfänge	16
<i>G-3.2.1 Drahtwurmfänge und SIMAGRIO-W Validierung pro Standort</i>	17
<i>G-3.2.2 Validierung - Überblick und Diskussion</i>	24
G-3.3 Zusammenhang zwischen Drahtwurmfängen und Bodentemperatur	25
G-3.4 Ausblick: erste Annäherung	26
G-4 Schlussfolgerungen	29
Literaturverzeichnis	30
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	32

Kurzfassung

Drahtwürmer, die Larven von Schnellkäfern (Fam. Elateridae), können durch ihr Fressverhalten beträchtliche Schäden im Ackerbau verursachen. Aufgrund steigender Durchschnittstemperaturen infolge des Klimawandels sind sowohl ein höherer Schadendruck wärmeliebender einheimischer Drahtwurmartens als auch das Einwandern neuer Arten aus dem mediterranen Raum zu erwarten. Um auf steigenden Schadendruck reagieren zu können, benötigen die LandwirtInnen praxistaugliche Instrumente zur Risikoprognose im Feld. Der Aufenthaltsort der Larven in der Bodensäule wird durch Bodentemperatur und -feuchte maßgeblich beeinflusst. Bei geeigneten Bedingungen halten sie sich eher oberflächennah auf und gefährden die unterirdischen Pflanzenorgane. Ist es im oberen Bodenbereich zu heiß und trocken oder zu kühl und feucht, verkriechen sie sich in größere Tiefen. Ein in Deutschland entwickeltes Drahtwurm-Prognosemodell (SIMAGRIO-W) berechnet, basierend auf diesem Zusammenhang, den prozentuellen Anteil einer Drahtwurmpopulation in der obersten Bodenschicht (= Schadzone), und damit das Schadensrisiko. Wird eine hohe Drahtwurmaktivität in der Schadzone erwartet, so könnten der Anbau von Mais verschoben oder die Ernte von Kartoffeln vorgezogen werden. Auch für erfolgreiche Bekämpfungsmaßnahmen, wie intensiver Bodenbearbeitung, und für repräsentative Dichteerhebungen ist es wichtig, dass sich ein hoher Anteil der Drahtwurmpopulation oberflächennah aufhält. Eine erste Validierung des Modells in West-Deutschland ergab über 80% korrekte Prognosen. In dieser Studie, wurde SIMAGRIO-W auf seine Anwendbarkeit für das ost-österreichische Ackerbaugesbiet erprobt, indem die an vier Standorten erhobenen Drahtwurmdichten mit den entsprechenden prognostizierten Daten verglichen wurden. Insgesamt ergab die Validierung des Modells eine niedrige Trefferquote von 54%, wobei nur zwei erfolgreiche Vorhersagen von Drahtwurm-Aktivitätsspitzen zu verzeichnen waren. Die schwache Trefferquote wurde hauptsächlich dadurch verursacht, dass die Drahtwürmer an den Validierungsstandorten vor allem bei hohen Bodentemperaturen bis zu 26°C aktiv waren, während das Modell von einem Aktivitätsoptimum um die 11°C ausgeht. Die Diskrepanz dürfte in den Temperaturansprüchen der im pannonischen Ostösterreich dominanten Drahtwurmartens (zB. *Agriotes ustulatus* und *A. brevis*) begründet sein. Diese warm-trocken liebenden Arten haben höhere Temperaturoptima bzw. weitere Toleranzbereiche als die Arten, mit denen das Modell im westlichen Deutschland entwickelt und validiert wurde (zB. *A. obscurus*). Werden die Temperaturansprüche regional dominanter Drahtwurmartens berücksichtigt, kann SIMAGRIO-W voraussichtlich auch im ost-österreichischen Ackerbaugesbiet einen wertvollen Beitrag zur Vermeidung von Drahtwurmschäden leisten. Weitere Untersuchungen, mit dem Ziel artspezifische Temperatur- und Feuchteansprüche in das Modell zu integrieren und SIMAGRIO-W somit an regionale Bedingungen zu adaptieren, werden daher empfohlen.

Abstract

Wireworms, the larvae of click beetle species (Coleoptera, Fam. Elateridae) can cause serious damage to agriculture by feeding on crops. As climate change is expected to raise mean temperatures, indigenous thermophile wireworm species can enhance their pressure on crops while new species from the Mediterranean might immigrate. Dealing with an increasing wireworm pressure requires a practical tool for wireworm damage risk analysis. Both, soil temperature and soil moisture have decisive influence on the larval movement within the soil column. If the conditions are favourable, the wireworms are located near to the surface, where they can feed on the subterranean plant organs. If the topsoil is too hot and dry or too cold and moist, they migrate into deeper soil regions, where the conditions are more favourable. Upon this relationship, the wireworm prognosis model SIMAGRIO-W, which has been developed in Germany, calculates the percentage of a wireworm population that is located in the upper 15 cm of the soil column (= damaging zone), and thereby the damage risk. If a high wireworm activity in the damaging zone is expected, it might be advantageous to delay

the cultivation of maize or to bring forward the potato harvest. Furthermore, density measurements and control measures, like intensive soil cultivation, should be conducted, when the larvae are near to the surface. In western Germany the model showed more than 80 % correct predictions. In this study, SIMAGRIO-W was tested by comparing the model predictions for population proportions in the top soil layer to measured values on four experimental sites in Eastern Austria. A low hit rate of 54 % and only two veritable predictions regarding peaks of wireworm activity were the results of the comprehensive validation. The weak hit rate was caused primarily by the fact, that SIMAGRIO-W assumes an activity maximum at 11°C, while at the experimental sites high wireworm activity was measured mainly at temperatures up to 26°C. This discrepancy may be explained by differences in temperature optimum and tolerance between the *Agriotes* species dominating in Eastern Austria (e.g. *A. ustulatus* and *A. brevis*) and in western Germany (e.g. *A. obscurus*), where the model has been developed. If the thermal preferences of regional dominant wireworm species are considered, SIMAGRIO-W will presumably make a valuable contribution to the prevention of wireworm damages in Eastern Austrian agriculture. Consequently further investigations that aim at adapting the model to regional conditions are strongly recommended.

G-1 Einleitung

G-1.1 Drahtwürmer (Fam. Elateridae) und Schaden

Drahtwürmer sind die im Boden lebenden Larven der Schnellkäfer (Coleoptera, Fam. Elateridae, Abbildung G-1). Jene Arten, die sich im Larvenstadium von lebendem Pflanzenmaterial ernähren, verursachen immer wieder erhebliche Qualitätseinbußen und Ausfälle bei verschiedenen Kulturpflanzen, wie Mais, Kartoffeln und Gemüsekulturen. In Europa zählen vor allem die Schnellkäferlarven der Gattung *Agriotes* Eschscholtz zu den landwirtschaftlichen Schädlingen (Barsics et al. 2013). Der Lebenszyklus der Schnellkäfer dauert, abhängig von Art, Temperatur und Nahrungsangebot, zwei bis fünf Jahre (Evans & Gough 1942, Miles 1942, Furlan 1998, Furlan 2004). Die Bodentemperatur beeinflusst sowohl die Mobilität der Drahtwürmer im Boden (van Herk & Vernon 2012), als auch den Aufenthaltsort der Larven innerhalb der Bodensäule (Furlan 1998). Sie überdauern zu heiß-trockene oder kühl-feuchte Phasen in tieferen Bodenschichten mit einem für sie günstigeren Bodenklima. In Frühjahr und Herbst finden die Drahtwürmer gewöhnlich geeignete Bedingungen bezüglich Temperatur und Bodenfeuchte in den obersten Bodenschichten vor. Da sich in den obersten 15 cm der Bodensäule die gefährdeten Teile der Kulturpflanzen konzentrieren (= Schadzone), werden Drahtwürmer hauptsächlich in Phasen schädlich, in denen sich ein großer Teil der Population in dieser Schadzone befindet.



Abb. G- 1: Drahtwurm (weißer Kreis) an Maiswurzel

Steigende Durchschnittstemperaturen infolge des Klimawandels, können zu einem höheren Schaddruck wärmeliebender einheimischer Arten, aber auch zum Einwandern von Arten mit kurzem Entwicklungszyklus aus dem mediterranen Raum führen, wie in Deutschland bereits beobachtet (Burghause & Schmitt 2011). Zunehmende Drahtwurmschäden an verschiedenen Kulturpflanzen konnten mit klimatischen Faktoren wie Trockenheit und Temperatur in Verbindung gebracht werden (Grünbacher et al. 2006, Eit-

zinger et al. 2009). Um auf einen steigenden Schadddruck durch Drahtwürmer reagieren zu können, benötigen die LandwirtInnen praxistaugliche Instrumente zur Risikoprognose im Feld, um je nach Risikolage rechtzeitig Entscheidungen zu Anbau, Bewirtschaftung oder Bekämpfungsmaßnahmen treffen zu können (Parker and Howard 2001, Furlan 2005, Furlan 2014, Barsics et al. 2013).

G-1.2 SIMAGRIO-W

An der Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP; 55545 Bad Kreuznach, Deutschland) wurde das Modell SIMAGRIO-W (SIMulation of the larvae of AGRIOTes Wireworms) entwickelt, das den Prozentsatz einer Drahtwurmpopulation in den obersten 15 cm des Bodens (= Schadzone) prognostiziert (Jung et al. 2012). Mit diesem Modell, das auf, in der flächenhaften Anwendung simulierten, Tageswerten für Bodentemperatur und Bodenfeuchte basiert und nach Bodenart differenziert, können Aussagen über das potentielle Schadrisiko in einem Feld zu einem bestimmten Zeitpunkt getroffen werden. Die Modellvorhersagen können auch dazu dienen, den Einsatz von Drahtwurm-Köderfallen mit einer hohen prognostizierten Drahtwurm-Aktivität in den obersten 15 cm des Bodens, also im Fangbereich der Fallen, zeitlich abzustimmen. Dadurch wird ein möglichst großer Anteil der Drahtwurmpopulation einer Fläche befangen und somit die Drahtwurmdichte repräsentativ erhoben. Letztlich ist auch der Erfolg von Bekämpfungsmaßnahmen, z.B. einer intensiven Bodenbearbeitung, maßgeblich vom Aufenthalt der Larven in den obersten Bodenschichten abhängig.

In einer ersten Validierung im deutschen Bundesland Rheinland-Pfalz erreichte SIMAGRIO-W eine Trefferquote von über 80%. Das heißt, der Aufenthalt eines großen Teils (> 30%) der Drahtwurmpopulation in der Schadzone (= hohes Risiko), konnte an den Teststandorten sehr effizient vorhergesagt werden (Jung et al. 2012).

G-1.2.1 Ziele des Projekts

Das Drahtwurm-Prognosemodell SIMAGRIO-W wurde im vorliegenden Projekt erstmals unter den klimatischen Bedingungen und dem Drahtwurmartenspektrum im ost-österreichischen Ackerbaugebiet eingesetzt und validiert. Hierfür wurden an vier Versuchsstandorten in den Regionen Bruck a. d. Leitha, Traiskirchen und Essling (Wien), von Mitte Juli bis Ende Oktober 2013 die Drahtaktivitäten mittels Köderfallen (Parker & Howard 2001) in der obersten Bodenschicht (= Schadzone) erhoben. Über den gesamten Versuchszeitraum wurden an den Versuchsstandorten Bodentemperatur und Bodenfeuchte in 15 und 80 cm Bodentiefe gemessen. Diese Messwerte und die Bodenart der jeweiligen Standorte wurden herangezogen um mittels SIMAGRIO-W den prognostizierten Anteil der Drahtwurmpopulation in der Schadzone zu ermitteln. Die mittels Köderfallen ermittelte tatsächliche Drahtwurmaktivität wurde den prognostizierten Werten gegenübergestellt.

Die Ziele der Untersuchung waren: **(i)** Das in Deutschland entwickelte auf Bodentemperatur und -feuchte basierende Drahtwurm-Prognosemodell SIMAGRIO-W (Jung et al. 2012) im ost-österreichischen Ackerbaugebiet einzusetzen und zu validieren. **(ii)** Ansätze zur Weiterentwicklung des Prognosemodells zu formulieren und Einsatzmöglichkeiten in der Praxis zu erarbeiten.

G-2 Material & Methodik

G-2.1 SIMAGRIO-W

Das an der Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP; 55545 Bad Kreuznach, Deutschland) entwickelte Prognosesystem SIMAGRIO-W (SIMulation of the larvae of AGRIOTes Wireworms), berechnet den Prozentsatz einer Drahtwurmpopulation in den obersten 15 cm des Bodens im Verhältnis zu Bodenfeuchte, Temperatur und Bodentyp (Jung et al. 2012). Es trifft keine Aussagen über die Größe einer Drahtwurmpopulation. Abbildung G-2 zeigt den Aufbau von SIMAGRIO-W. Zunächst werden die Tagesmittelwerte für Bodentemperatur und Bodenfeuchte (Volumen %) herangezogen, um mit einer bivariaten Gaußschen Regressionsgleichung einen ersten Prozentsatz zu ermitteln. Liegt dieser unter 10% (grauer Fläche) wird die Simulation gestoppt und für den jeweiligen Tag eine niedrige Drahtwurmaktivität < 10% angenommen. Liegt der Prozentsatz in Teil 1 $\geq 10\%$ wird zu Teil 2 fortgeschritten. In diesem Teil wird nun der genaue Prozentsatz in Abhängigkeit von Bodenfeuchte und Bodenart anhand von Logistischen Regressionen bestimmt. Die Bodenfeuchte fließt hier als Prozentsatz der Feldkapazität ein. Die Logistischen Regressionsgleichungen liegen bereits für mehrere Bodenarten vor (mittel lehmiger Sand, stark sandiger Lehm, schluffiger Lehm, mittel schluffiger Ton). Für die erste Jahreshälfte wird in Teil 2 die Bodenfeuchte in 15 cm herangezogen, für die zweite Jahreshälfte die Feuchte in 80 cm.

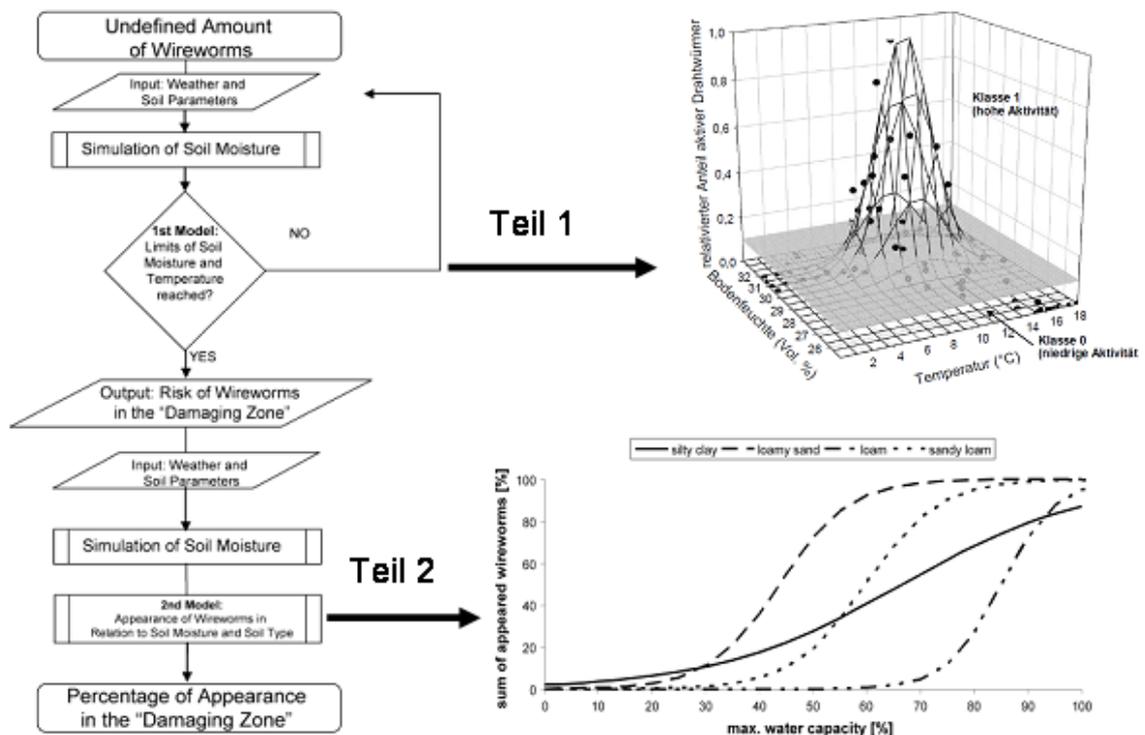


Abb. G- 2: SIMAGRIO-W, Ablaufschema und Modellteile aus Jung et al. (2012).

G-2.2 Versuchsdesign

Das Modell wurde auf seine Anwendbarkeit im ostösterreichischen Ackerbaugebiet an 4 Versuchsstandorten (siehe Tabelle G-1 und Abbildung G-3) unter praxisnahen Bedingungen getestet.

Tab. G- 1: Standorteigenschaften

Standort	GPS – Verortung	Bodenart	Feldkapazität	Hauptfrucht
1) Essling	48° 12' 40.6" N 16° 31' 46.3" E	sandig-lehmiger Schluff	32.75%	Dauerbegrünung
2) Traiskirchen	48° 1' 43.1" N 16° 18' 52.1" E	toniger Lehm/ schluffiger Ton	38.08%	Winterweizen
3) Perger (Bruck/Leitha)	48° 1' 50.8" N 16° 48' 34.2" E	schluffiger Lehm	36.0%	Mais
4) Rittler Kotzian (Bruck/Leitha)	48° 1' 8.5" N 16° 45' 1.8" E	schwach sandiger Lehm	33.5%	Soja

Ursprünglich wurden fünf Standorte beprobt. Der fünfte wurde allerdings regelmäßig von Wildschweinen geplündert und wurde nicht in die Auswertung aufgenommen.

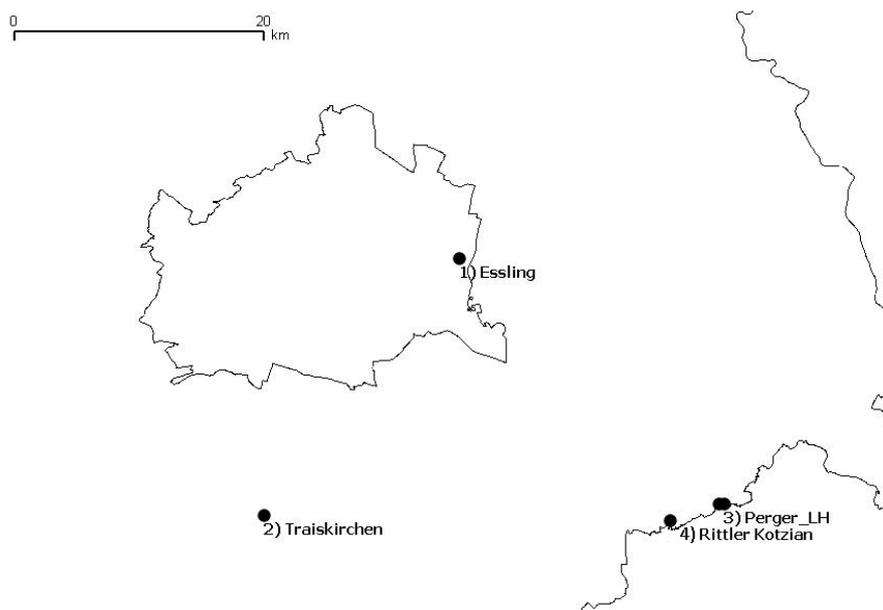


Abb. G- 3: Die Versuchsstandorte in Wien (1), Traiskirchen (2) und rund um Bruck/Leitha (3, 4). Um die tatsächliche Drahtwurmdichte in der Schadzone der Versuchsstandorte zu erheben, wurde pro Standort 1 Fallentransekt, bestehend aus 5 Köderfallen in den obersten

15 cm der Bodensäule eingerichtet (Abbildung G-4). Bei den Köderfallen (Parker and Howard 2001, Abbildung G-5) handelt es sich um Kunststoff- Blumentöpfe (500 ml) mit perforiertem Boden, die mit keimenden Weizen- und Maiskörnern befüllt wurden. Zu dem Gemisch aus jeweils 30 ml gequollenem Mais und 30 ml gequollenem Weizen (14 - 24 Stunden eingeweicht) wurden 100 ml Vermiculit beigemischt, welches die Feuchtigkeit in der Köderfalle speichert. Das keimende Saatgut lockt durch CO₂-Abgabe Drahtwürmer im Boden an. Die Fallen wurden mit dem Topfboden auf eine Tiefe von 15 cm gesetzt, mit der umliegenden Erde des Versuchsfeldes aufgefüllt, vergraben und anschließend mit einem Blumentopf-Untersetzer (18 cm Durchmesser) zugedeckt. Der Untersetzer wurde anschließend mit etwas Erde befestigt.

Die reguläre Fangperiode mittels Köderfallen betrug 14 Tage und erfolgte vom 15. Juli bis zum 23. Oktober 2013. Bei jedem Fallenwechsel wurden die neuen Fallen 0,5 m in der Transektlinie vorgeschoben, um die Fangzahlen nicht durch die dauernde Entnahme von Drahtwürmern zu verfälschen (Abbildung G-4). An den Standorten 1 und 2 wurden vom 12. Aug. bis 23. September parallel zum regulären Fangtransekt, in 1 m Entfernung, jeweils zusätzlich 5 Fallen eingesetzt und alle 7 Tage geleert. Dies hatte zum Ziel, den Einfluss der Fangperiodendauer auf die Drahtwurmfänge zu testen, da bei der Entwicklung und Kalibrierung des Modells deutlich kürzere Fangperioden gewählt worden waren. Die Fangzahlen von zwei 1-wöchigen Fangperioden wurden addiert und die Summe mit der Fangzahl der entsprechenden 2-wöchigen Periode verglichen.

An den Standorten 2, 3 und 5 wurde in der letzten Fangperiode jeweils ein Kontrolltransekt in 10 m Entfernung zum regulären Transekt eingerichtet. Dieses sollte zeigen, ob der ständige Fang am regulären Transekt die Drahtwurmpopulation künstlich ausgedünnt und somit die Fänge verfälscht hatte. Die Köderfallen wurden nach ihrer Entnahme von Hand nach Drahtwürmern durchsucht. Es folgte die Vermessung der Larven und ihre Einteilung in die Größenklassen klein (< 9 mm), mittel (9 - 15mm), groß (15,1 – 20 mm) und sehr groß (> 20 mm). Die Drahtwürmer der Gattung *Agriotes* wurden anhand ihrer morphologischen Merkmale von jenen anderer Gattungen getrennt und hinsichtlich Artzugehörigkeit nach Klausnitzer (1994) bestimmt. Die Artzugehörigkeit morphologisch nicht zuordenbarer Individuen wurde an der Universität Innsbruck (Karin Staudacher und Michael Traugott, Institut für Ökologie) mittels PCR Analyse festgestellt (Staudacher et al. 2010).

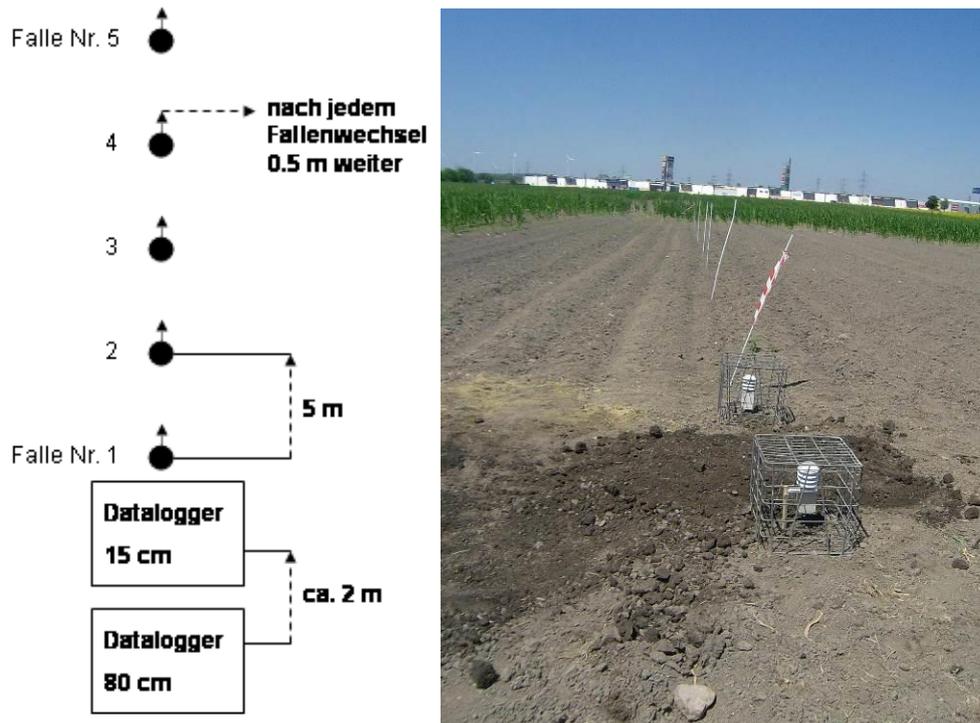


Abb. G- 4: links: Transektschema; rechts: Fallentransekt mit den zwei Dataloggern im Vordergrund am Standort 3 Perger Bruck/Leitha.

Der maisfreie Flecken im linken Foto wurde durch Drahtwurmfraß verursacht.



Abb. G- 5: Drahtwurm-Fallen beim Einsetzen (links) und bei der Entnahme (rechts) zwei Wochen später.

Die Fallen wurden mit Weizen, Mais und Vermiculit befüllt.

An jedem Standort wurden über die gesamte Versuchsdauer alle 30 Minuten Bodentemperatur und Bodenfeuchte in 15 und 80 cm Tiefe gemessen. Hierfür wurde zu Beginn des Versuchs an jedem Standort eine Profilgrube angelegt, in der die Temperatur- und Feuchtesensoren angebracht wurden (Abbildung G-6). Für die Messungen wurden Datalogger des Typs „HOBO U12 Temperature/Relative Humidity/2 External Channel Data Logger - U12-013“ (Firma Onset) verwendet, die jeweils mit einem Bodenfeuchtesensor ECH20 EC-5 Moisture Sensor der Firma Decagon Devices ausgestattet wurden. Die Profilgruben wurden nach dem Einsetzen der Bodenfühler wieder mit Erde befüllt. Bei der Entnahme der Bodenfühler am Ende des Beprobungszeitraumes wurde an 3 Messpunkten jeweils in Höhe der Bodenfühler mittels Time-domain reflectometer-Sonde

(TDR-Sonde) die absolute Bodenfeuchte gemessen. Der Mittelwert dieser Messungen wurde zur Eichung der Bodenfeuchtesensoren herangezogen. Die Messungen der Bodenfeuchte in 15 cm an den Standorten 1 und 2 stellten sich als fehlerhaft heraus und wurden durch mit dem Bodenfeuchte-Modell CLIMSOIL (Murer et al. 2011) simulierte Werte ersetzt. Die Bodenfeuchtwerte in 80 cm Tiefe wurden für den Standort 2 ebenfalls zur Gänze, die Werte für den Standort 4 ab 13.9. mit CLIMSOIL simuliert. An jedem Versuchsstandort wurden Bodenproben gezogen die zur Bestimmung der Bodenart mittels Korngrößenanalyse an das Institute for Land & Water Management Research (3252 Petzenkirchen, Österreich) gesendet wurden. Die Feldkapazitäten wurden auf Basis der Korngrößenanalysen und Dataloggermessungen geschätzt. Der Bedeckungsgrad des Bodens durch die Vegetation wurde mittels Fotodokumentation und regelmäßiger Messung der Bestandshöhe bei jedem Fallenwechsel dokumentiert. Die Bewirtschaftungsmaßnahmen wurden protokolliert.

Die erhobenen Daten zu Bodentemperatur, Bodenfeuchte und Bodenart wurden herangezogen, um mit SIMAGRIO-W für jeden Standort und für jede Fangperiode den prozentuellen Anteil der Drahtwurmpopulation in der obersten Bodenschicht zu berechnen. Die Berechnung der Modellprognosen erfolgte täglich. Die einzelnen Tageswerte wurden über die jeweilige Fangperiode gemittelt. Die mit den Köderfallen erhobenen Drahtwurmaktivitäten wurden anschließend den Modellprognosen gegenübergestellt, wobei die höchste gefangene Drahtwurmzahl als 100% der Gesamtpopulation angenommen wurde (Jung et al. 2012).

Als Validierungsgrenze wurde, wie in Jung et al. (2012), 30% Drahtwurmaktivität in der Schadzone gewählt. D.h. lagen sowohl Modell als auch Messwert unter 30% oder über 30% wurde die jeweilige Fangperiode als Treffer für das Modell gewertet. Nur in Fangperioden, für die der 1. Teil von SIMAGRIO-W an zumindest einem Tag eine Drahtwurmaktivität > 10% prognostizierte, wurden die Werte des 2. Teils für die Validierung berücksichtigt, ansonsten wurde eine Aktivität $\leq 10\%$ angenommen.



Abb. G- 6: Profilgrube am Standort 4 Rittler Kotzian (Bruck/Leitha) mit den eingesetzten Datalogger-Messfühlern für Temperatur und Feuchte.

G-3 Ergebnisse und Diskussion

G-3.1 Bodenklima während der Versuchsdauer

Die Verläufe der in 15 cm gemessenen Bodentemperaturen pro Standort sind in Abbildung G-7 dargestellt. Ab Messbeginn Mitte Juli stiegen die Temperaturen von ca. 23°C auf ca. 26 °C Mitte August an. Am 8. August wurden in Bad Deutsch-Altenburg 40,5°C Lufttemperatur gemessen (ZAMG). Ab ca. 14.8. begannen die Temperaturen zu fallen. Bis Ende August lagen sie deutlich über dem Drahtwurmaktivitätsbereich von SIMAGRIO-W. D.h. es war laut Modell in den oberen Bodenschichten viel zu heiß für die Larven. Erst ab Anfang September erreichten die Temperaturen den Aktivitätsbereich des Modells und pendelten sich ab Anfang Oktober rund um das Aktivitäts-Optimum ein.

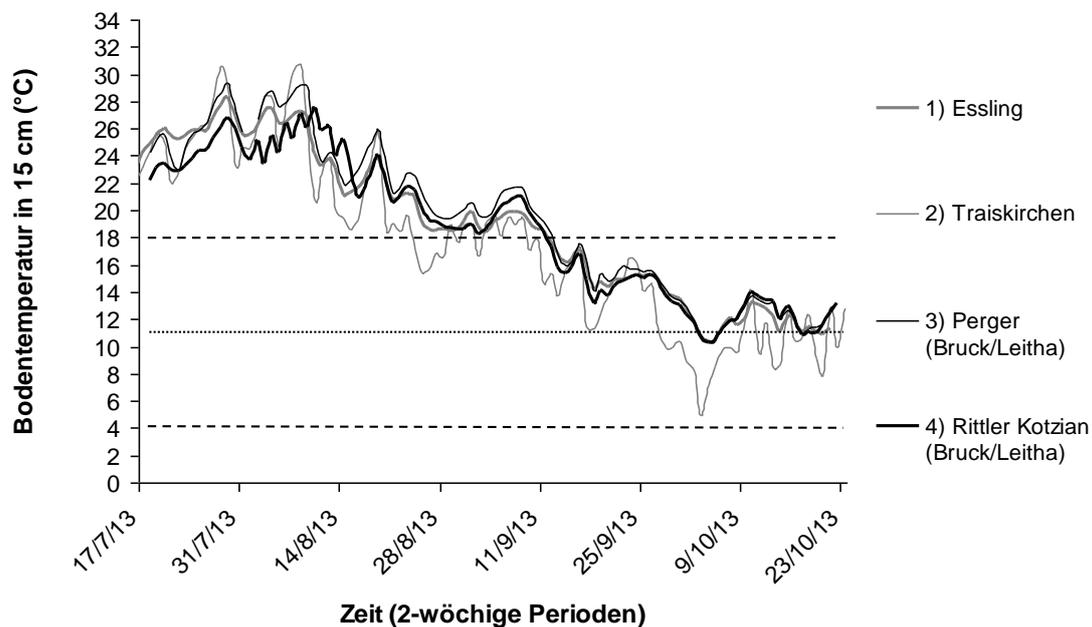


Abb. G- 7: Bodentemperatur (Tagesmittel) an den 4 Versuchsstandorten, gemessen in 15 cm Tiefe.

Die gestrichelten Linien markieren den Temperaturbereich inkl. Optimum, in dem die Drahtwürmer laut SIMAGRIO-W bei optimaler Bodenfeuchte in 15 cm aktiv sind.

Die Verläufe der Bodenfeuchten in 15 cm zeigten große Unterschiede zwischen den Standorten (Abbildung G-8). Die Böden an den Standorten 1, 2 und 4 waren zu Messbeginn trocken. Die Bodenfeuchten lagen deutlich unter dem Drahtwurm-Aktivitätsbereich von SIMAGRIO-W und begannen dann mit den ersten größeren Niederschlägen ab Mitte August zu steigen. Der Boden an Standort 3 war auch in den oberen Schichten stark durch Grundwasser beeinflusst. So lässt sich die hohe Bodenfeuchte an diesem Standort von Messbeginn an erklären, die lange Zeit sogar über dem Aktivitätsbereich lag.

In Abbildung G-9 sind die Verläufe der Bodenfeuchten an den Messstandorten in 80 cm Tiefe aufgetragen. An den Standorten 1, 2, und 4 lagen die Messwerte durchgehend unter dem Drahtwurmaktivitätsbereich von SIMARIO-W. Am stark grundwasserbeeinflussten Standort 3, lag die Bodenfeuchte von Messbeginn bis Anfang September über dem Aktivitätsbereich. Da die Messwerte in 80 cm fast nie im Aktivitätsbereich des Modells lagen, wurden die prognostizierten Drahtwurmaktivitäten für die weitere Validierung mit den Bodenfeuchten in 15 cm berechnet. Die Annahme des Modells, dass für die

zweite Jahreshälfte die Feuchte in größeren Bodentiefen bedeutsamer sei als im oberflächennahen Bereich, scheint für den ostösterreichischen Raum nicht zuzutreffen.

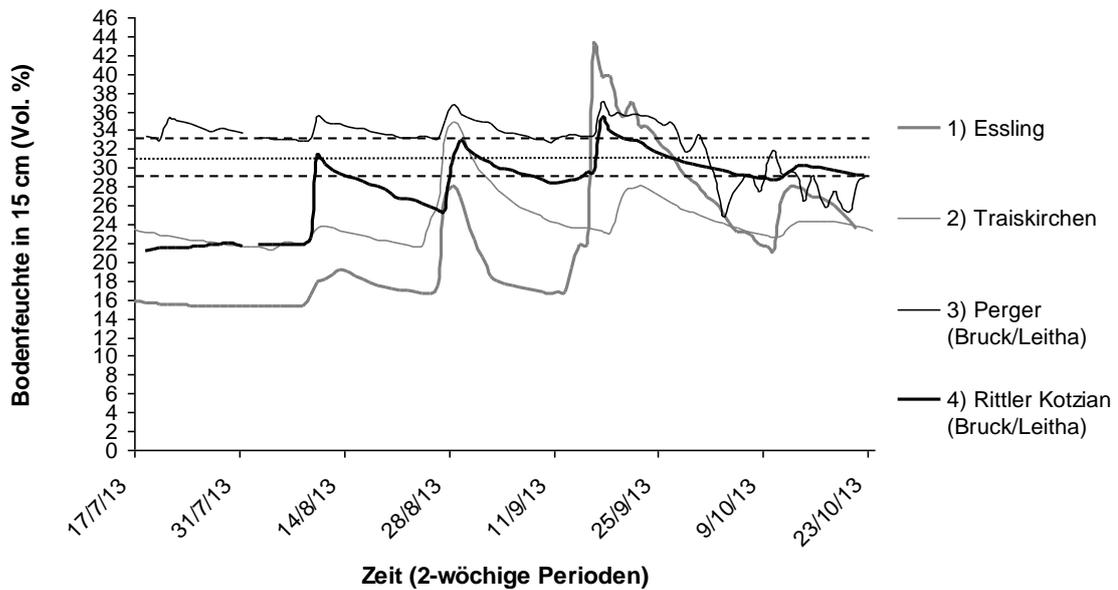


Abb. G- 8: Bodenfeuchte (Tagesmittel) als Volumen-% in 15 cm Tiefe an den 4 Versuchstandorten.

Die gestrichelten Linien markieren den Feuchtebereich inkl. Optimum, in dem die Drahtwürmer laut SIMAGRIO-W bei optimaler Bodentemperatur in 15 cm aktiv sind.

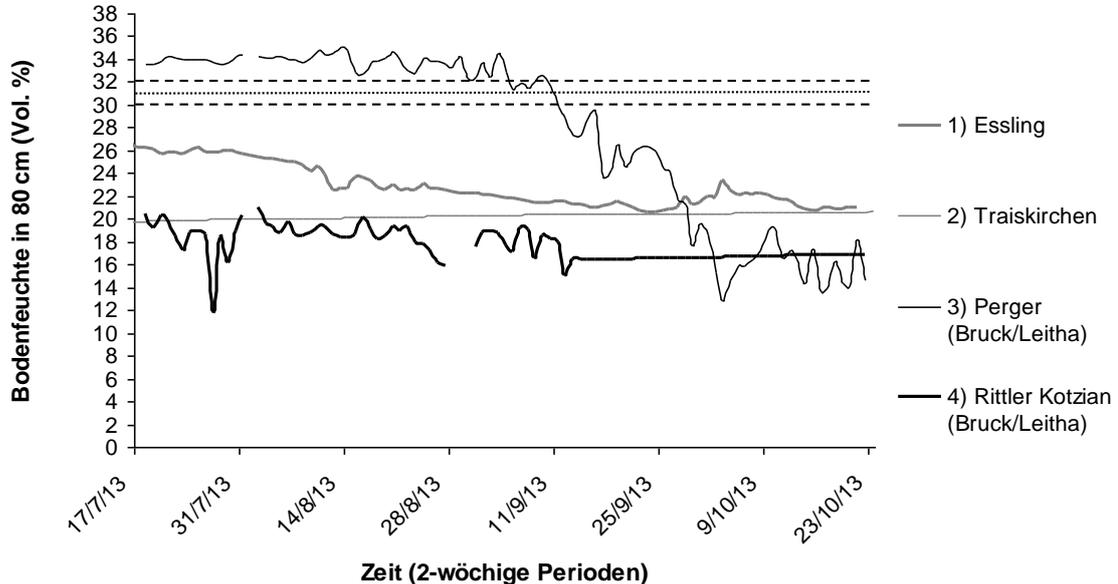


Abb. G- 9: Bodenfeuchte (Tagesmittel) als Volumen-% in 80 cm Tiefe an den 4 Versuchstandorten.

Die gestrichelten Linien markieren den Feuchtebereich inkl. Optimum, in dem die Drahtwürmer laut SIMAGRIO-W (2. Teil für die 2. Jahreshälfte) bei optimaler Bodentemperatur in 15 cm aktiv sind.

G-3.2 Überblick über die Drahtwurmfänge

Tabelle G-2 gibt einen Überblick über die gefangenen Drahtwürmer sowie über den Anteil von *Agriotes ustulatus* an der *Agriotes*-Artengemeinschaft. Während am Standort Essling sehr wenige Larven gefangen wurden, wurde am Standort 4 eine äußerst große Population festgestellt. An allen Standorten stellte *A. ustulatus* einen signifikanten Anteil der Drahtwurmgemeinschaft, wobei diese Art an Standort 2 (Traiskirchen) den geringsten Anteil bildete. Am Standort 4 (Bruck/Leitha) wurden fast ausschließlich Larven dieser Art gefangen.

Tab. G- 2: Drahtwurmmzahlen pro Art, Standort und Transekt.

Die 1-wöchigen Fangperioden (Entfernung zum regulären Transekt: 1m) dienen zur Kontrolle des Effekts der Fangdauer auf die Drahtwurmdichte. Der Kontrolltransekt (Entfernung zum regulären Transekt: 10 m) sollte zeigen, ob der ständige Fang am regulären Transekt die Drahtwurmpopulation künstlich ausgedünnt und somit die Fänge verfälscht hatte.

Standort	Fangperiode/Transekt	<i>A. ustulatus</i>	<i>A. brevis</i>	<i>A. spp. total</i>
1) Essling	1-wöchig	4	1	5
	2-wöchige/regulär	3	6	9
	2-wöchig/Kontrolle	0	3	3
	Summe	7	10	17
2) Traiskirchen	1-wöchig	5	21	26
	2-wöchige/regulär	23	50	73
	2-wöchig/Kontrolle	0	3	3
	Summe	28	74	102
3) Perger (LH) - Bruck/Leitha	2-wöchige/regulär	83	88	171
	2-wöchig/Kontrolle	0	6	6
	Summe	83	94	177
	4) Rittler (Kotzian) - Bruck/Leitha	2-wöchige/regulär	903	1
2-wöchig/Kontrolle		11	0	11
Summe		914	1	915
Gesamt		1.032	179	1.211

Die Längenmessung der gefangenen Drahtwürmer zeigte eine ähnliche Größenverteilung an den Standorten 2, 3 und 4. Somit können auch vergleichbare Alterstrukturen der Drahtwurmpopulationen an diesen Standorten angenommen werden. Die Larven in Essling waren tendenziell kleiner als an den anderen Standorten.

Tab. G- 3: Größenverteilung (%) der Drahtwürmer (*Agriotes sp.*) pro Standort und Transekt.

Größenkategorien	Standorte			
	1) Essling	2) Traiskirchen	3) Perger (Bruck/Leitha)	5) Rittler Kotzian (Bruck/Leitha)
klein: <= 9mm	56.3	9.8	4.0	17.5
mittel: 9 - 15mm	37.5	55.9	64.4	53.9
groß: 15,1 - 20mm	6.3	31.4	26.6	27.1
sehr groß: >20 mm	0.0	2.9	5.1	1.4

G-3.2.1 Drahtwurmfänge und SIMAGRIO-W Validierung pro Standort

G-3.2.1.1 1) Essling

Am Standort Essling wurde mit 17 Individuen die geringste Drahtwurmzahl gefangen (siehe Abbildung 10, Tabelle G-2). Die ersten Würmer tauchten ab Mitte August auf. Anfang September zeigte sich vorübergehend verstärkte Aktivität, aber erst Anfang Oktober wurde das Aktivitätsmaximum mit ca. einer *Agriotes*-Larve pro Falle gemessen. Die 1-wöchigen Fangperioden hatten tendenziell einen ähnlichen Verlauf wie die 2-wöchigen Fangperioden. *Agriotes ustulatus* war an diesem Standort vorhanden, im Aktivitätsmaximum war allerdings *Agriotes brevis* dominant.

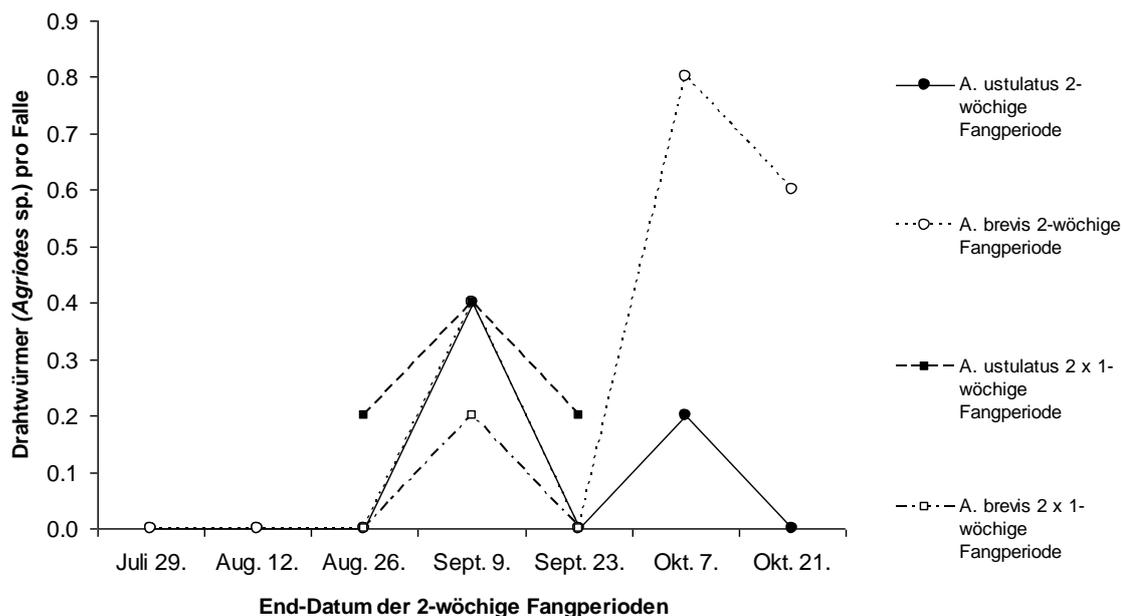


Abb. G- 10: Absolute Drahtwurmfänge am Standort 1 Essling.

Die 1-wöchigen Fangperioden (Entfernung zum regulären Transekt: 1m) dienten zur Kontrolle des Effekts der Fangdauer auf die Drahtwurmdichte.

Die Validierung des Modells am Standort Essling ergab über alle Arten gerechnet (total) eine vergleichsweise hohe Trefferquote von 71% (siehe Abbildung G-11 und Tabelle G-4). Im Sommer, als das Modell, aufgrund der hohen Bodentemperaturen und der starken Trockenheit, keine Drahtwurmaktivität in der obersten Bodenschicht prognostizierte, wurden auch tatsächlich keine Drahtwürmer gefangen. Die schwache Drahtwurmaktivität Anfang September wurde vom Modell zwar nicht angezeigt, aber das Aktivitätsmaximum Anfang Oktober wurde korrekt prognostiziert. Am Standort Essling waren die Modellannahmen, also maximale Drahtwurmaktivität bei Temperaturen um die 11°C, ausreichende Bodenfeuchte vorausgesetzt, somit zutreffend.

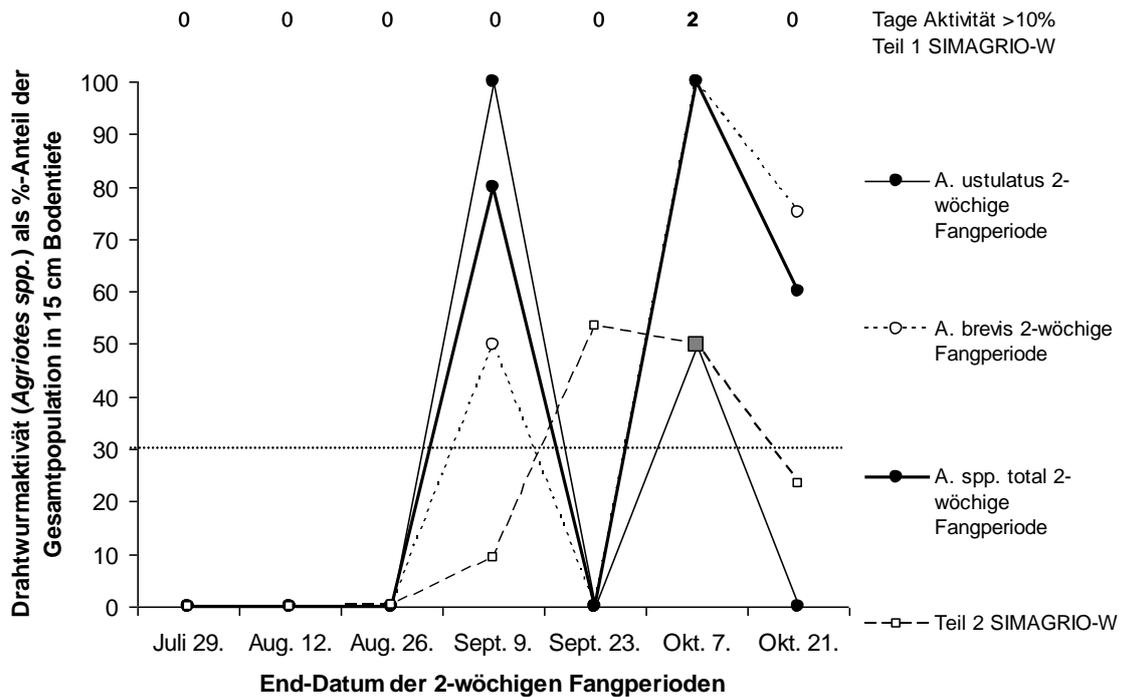


Abb. G- 11: SIMAGRIO-W Validierung am Standort 1 Essling (Trefferquote total: 71%).

Die höchste gefangene Drahtwurmmzahl wurde als 100% der Gesamtpopulation angenommen (Jung et al. 2012). Große graue Vierecke markieren die relevanten Prognosen des 2. Teils von SIMAGRIO-W. D.h. nur in Fangperioden, für die der 1. Teil von SIMAGRIO-W an zumindest einem Tag eine Drahtwurmmaktivität > 10% prognostizierte, wurden die Werte des 2. Teils für die Validierung berücksichtigt. Ansonsten wurde eine Aktivität $\leq 10\%$ angenommen. Lagen sowohl Messwert als auch Modellprognose über oder unter der Validierungsgrenze (gestrichelte Linie), wurde die Fangperiode als Treffer gewertet.

G-3.2.1.2 2) Traiskirchen

Am Standort Traiskirchen wurden mit insgesamt 102 *Agriotes*-Larven deutlich mehr Drahtwürmer gefangen als am Standort Essling. Gleich zu Versuchsbeginn wurde das Aktivitätsmaximum gemessen, hauptsächlich durch *A. brevis* gebildet. Die Art *A. ustulatus* zeigte erst Anfang August die höchsten Fangzahlen. Bis Versuchsende nahmen die Drahtwurmmzahlen tendenziell ab, wobei die Zahlen der *A. ustulatus* Larven in der vorletzten Fangperiode noch einmal leicht anstiegen. Die Summen der 1-wöchigen Fangperioden verliefen für jede der beiden Artengruppen deckungsgleich mit den entsprechenden 2-wöchigen Fangperioden. Die Fangzahlen im Kontrolltransekt waren ähnlich hoch wie im regulären Transekt.

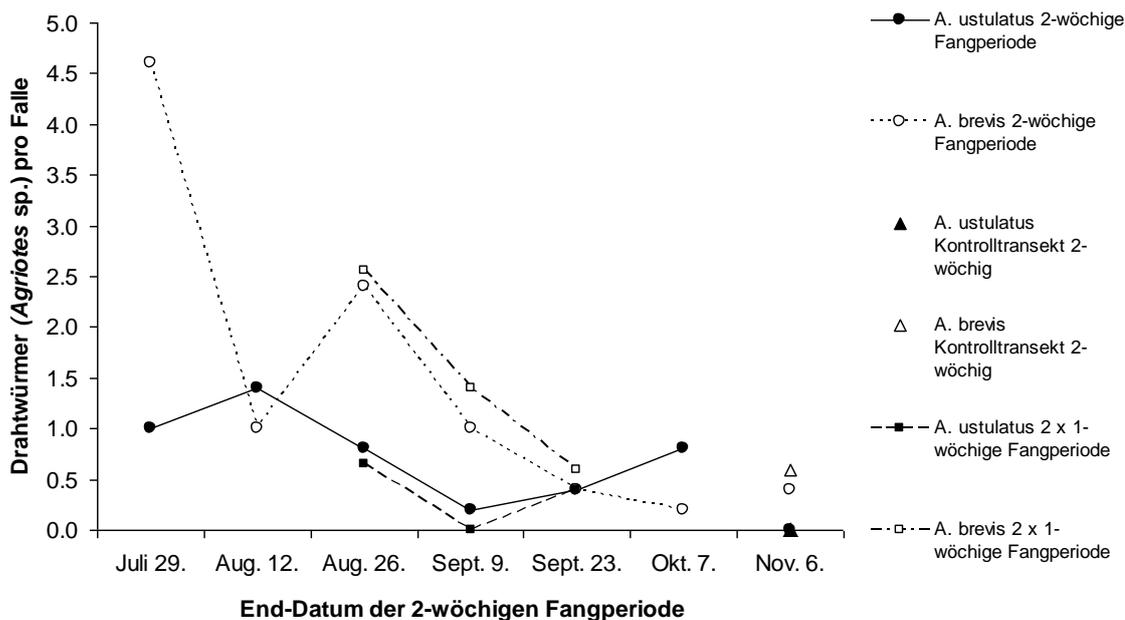


Abb. G- 12: Absolute Drahtwurmfänge am Standort 2 Traiskirchen.

Die 1-wöchigen Fangperioden (Entfernung zum regulären Transekt: 1m) dienten zur Kontrolle des Effekts der Fangdauer auf die Drahtwurmdichte. Der Kontrolltransekt (Entfernung zum regulären Transekt: 10 m) sollte zeigen, ob der ständige Fang am regulären Transekt die Drahtwurmpopulation künstlich ausgedünnt und somit die Fänge verfälscht hatte.

Am Standort Traiskirchen erreichte SIMAGRIO-W insgesamt eine schwache Trefferquote von 57% (siehe Abbildung G-13 und Tabelle G-4). Generell zeigte der 1. Teil für keine der Fangperioden eine Drahtwurmaktivität > 10%, da die Bodenfeuchten nie den Aktivitätsbereich des Modells erreichten (Abbildung G-8). Somit wurde auch die hohe Drahtwurmaktivität in Juli und August vom Modell nicht angezeigt. Laut SIMAGRIO-W wäre es in diesem Zeitraum im oberflächennahen Bereich außerdem deutlich zu heiß für die Drahtwürmer gewesen (siehe Abbildung G-7). Erst ab Anfang September erzielte das Modell Prognosetreffer, da die gemessene Drahtwurmaktivität unter 30% gesunken war. Am Standort Traiskirchen entsprachen die Modellannahmen somit nicht mit den tatsächlichen Beobachtungen.

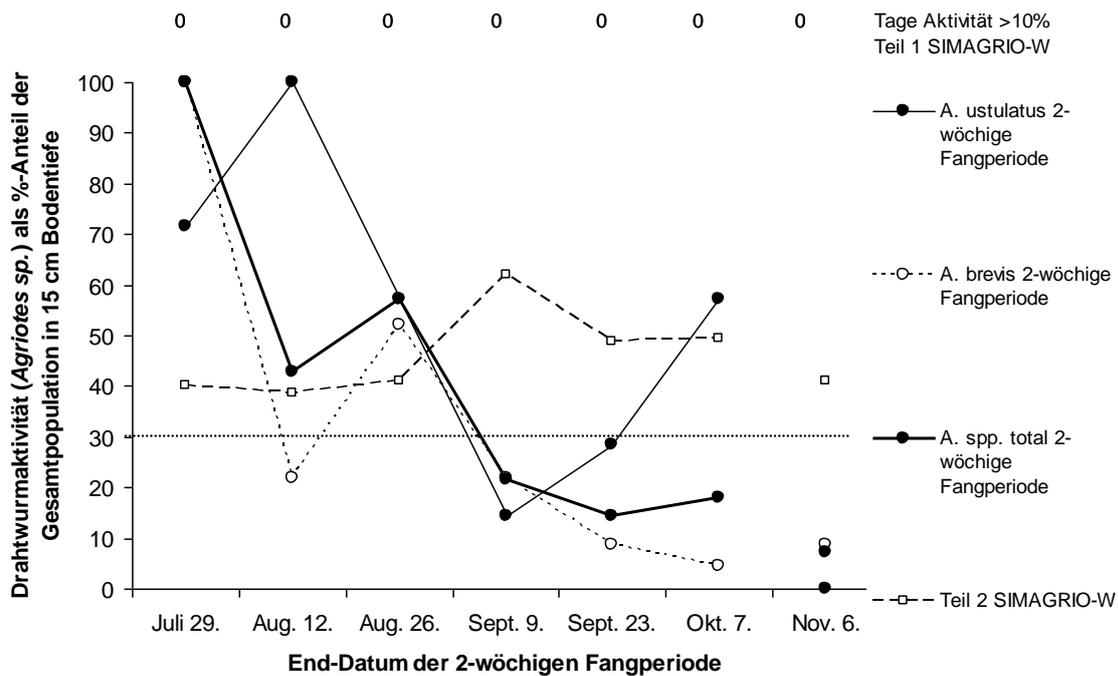


Abb. G- 13: SIMAGRIO-W Validierung am Standort 2 Traiskirchen (Trefferquote total: 57%).

Die höchste gefangene Drahtwurmzahl wurde als 100% der Gesamtpopulation angenommen (Jung et al. 2012). Große graue Vierecke markieren die relevanten Prognosen des 2. Teils von SIMAGRIO-W. D.h. nur in Fangperioden, für die der 1. Teil von SIMAGRIO-W an zumindest einem Tag eine Drahtwurmaktivität > 10% prognostizierte, wurden die Werte des 2. Teils für die Validierung berücksichtigt. Ansonsten wurde eine Aktivität $\leq 10\%$ angenommen. Lagen sowohl Messwert als auch Modellprognose über oder unter der Validierungsgrenze (gestrichelte Linie), wurde die Fangperiode als Treffer gewertet.

G-3.2.1.3 3) Perger (Bruck/Leitha)

Am Standort Perger in Bruck/Leitha wurden insgesamt 177 *Agriotes*-Individuen gefangen. Ähnlich wie am Standort Traiskirchen wurde das Aktivitätsmaximum am Versuchsbeginn in der zweiten Julihälfte gemessen, hauptsächlich durch Larven der Art *A. brevis* gebildet (siehe Abbildung G-14). Auch die Art *A. ustulatus* zeigte in dieser Phase die höchste Aktivität. Während die Fangzahlen für *A. brevis* bis Ende August stark zurückgingen und dann bis Versuchsende auf niedrigem Level blieben, verliefen die Fänge von *A. ustulatus* auf ungefähr gleich bleibendem Niveau und fielen erst in der letzten Fangperiode deutlich ab. Die Aktivitätsdichten im Kontrolltransekt lagen auf ähnlicher Höhe wie die Dichten im regulären Transekt.

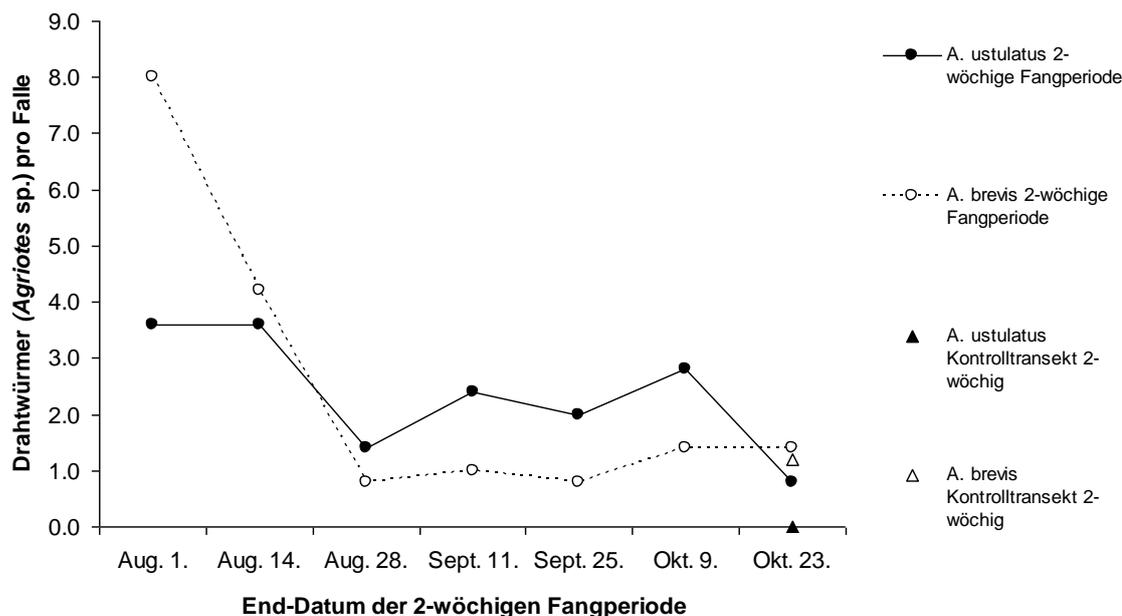


Abb. G- 14: Absolute Drahtwurmfänge am Standort 3 Perger (Bruck/Leitha).

Der Kontrolltransekt (Entfernung zum regulären Transekt: 10 m) sollte zeigen, ob der ständige Fang am regulären Transekt die Drahtwurmpopulation künstlich ausgedünnt und somit die Fänge verfälscht hatte.

Am Standort Perger (Bruck/Leitha) erzielte SIMAGRIO-W insgesamt eine Trefferquote von 71% (siehe Abbildung G-15 und Tabelle G-4). Das Aktivitätsmaximum in Juli und August wurde allerdings, wie am Standort Traiskirchen, nicht korrekt angezeigt. Grund dafür waren die hohen Bodentemperaturen, die laut Modell viel zu heiß für einen Aufenthalt der Drahtwürmer in der obersten Bodenschicht waren (siehe Abbildung G-7). Folglich gab Teil 1 des Modells für diesen Zeitraum eine Aktivität < 10% an. Erst ab Ende August, als die gemessene Drahtwurmaktivität (total) unter 30% (Validierungsgrenze) gesunken war, begann das Modell korrekt zu prognostizieren. Im Oktober wurden dann eine kleine Aktivitätssteigerung über 30% und der darauf folgende Abfall unter 30% richtig vorhergesagt. Für den Standort Perger (LH) sind die Modellannahmen folglich als bedingt zutreffend zu beurteilen.

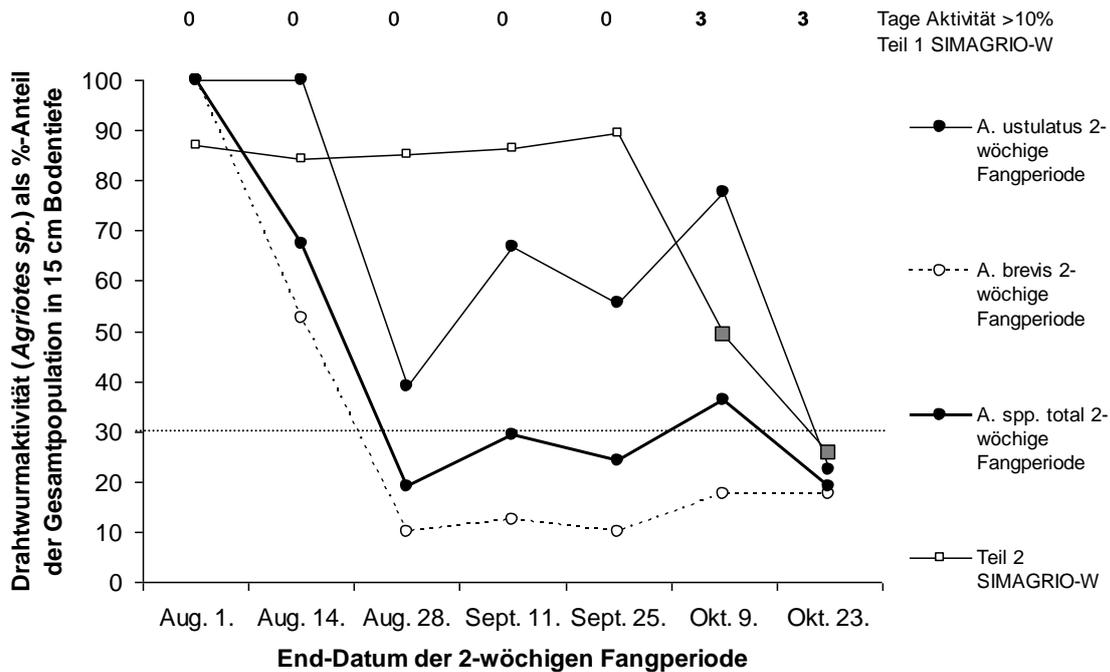


Abb. G- 15: SIMAGRIO-W Validierung am Standort 3 Perger (Bruck/Leitha, Trefferquote total: 71%).

Die höchste gefangene Drahtwurmzahl wurde als 100% der Gesamtpopulation angenommen (Jung et al. 2012). Große graue Vierecke markieren die relevanten Prognosen des 2. Teils von SIMAGRIO-W. D.h. nur in Fangperioden, für die der 1. Teil von SIMAGRIO-W an zumindest einem Tag eine Drahtwurmaktivität > 10% prognostizierte, wurden die Werte des 2. Teils für die Validierung berücksichtigt. Ansonsten wurde eine Aktivität ≤ 10% angenommen. Lagen sowohl Messwert als auch Modellprognose über oder unter der Validierungsgrenze (gestrichelte Linie), wurde die Fangperiode als Treffer gewertet.

G-3.2.1.4 4) Rittler Kotzian (Bruck/Leitha)

Am Standort Rittler Kotzian in Bruck/Leitha wurde die mit Abstand höchste Drahtwurmzahl gefangen. Die insgesamt 915 *Agrifotes*-Individuen konnten fast ausschließlich der Art *A. ustulatus* zugeordnet werden. Die Fangzahlen waren zunächst gering, vor allem aufgrund der starken Trockenheit, die Ende Juli und Anfang August an diesem Standort herrschte (siehe Abbildung G-8). Erst ab Mitte August, mit dem Einsetzen der ersten Niederschläge, stieg die Drahtwurmaktivität im obersten Bodenbereich sprunghaft an, erreichte Ende August das Maximum und begann ab Anfang September wieder kontinuierlich zu sinken. In der letzten Periode gegen Ende Oktober wurden nur mehr wenige Drahtwürmer gefangen. Die Fangzahl im Kontrolltransekt entsprach beinahe exakt der Fangzahl im regulären Transekt.

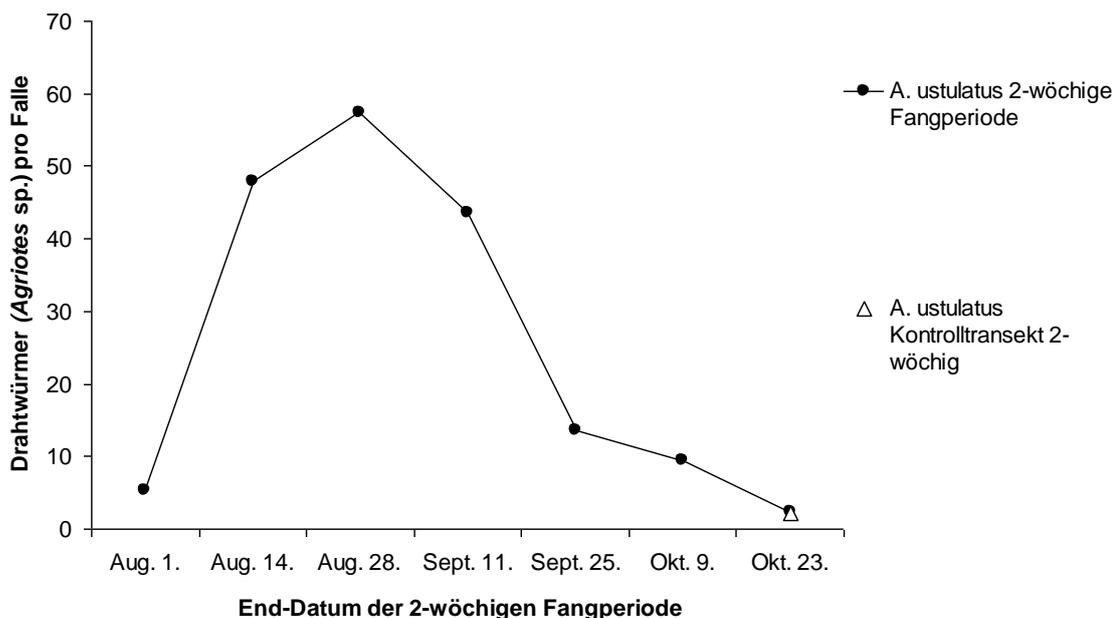


Abb. G- 16: Absolute Drahtwurmfänge am Standort 4 Rittler Kotzian (Bruck/Leitha).

Der Kontrolltransekt (Entfernung zum regulären Transekt: 10 m) sollte zeigen, ob der ständige Fang am regulären Transekt die Drahtwurmpopulation künstlich ausgedünnt und somit die Fänge verfälscht hatte.

SIMAGRIO-W erreichte am Standort Rittler Kotzian eine sehr geringe Trefferquote von lediglich 14 % (siehe Abbildung G-17 und Tabelle G-4). Entsprechend der heißen Bodentemperaturen von Mitte Juli bis Mitte September (siehe Abbildung G-7) nahm das Modell erst ab Mitte September eine Aktivität > 10% in der obersten Bodenschicht an. Somit wurden weder das Aktivitätsmaximum gegen Ende August, noch das starke Absinken der Aktivität unter 30% (Validierungsgrenze) ab Mitte September korrekt prognostiziert. Die gemessenen Drahtwurmaktivitäten verliefen an diesem Standort konträr zu den Modellannahmen.

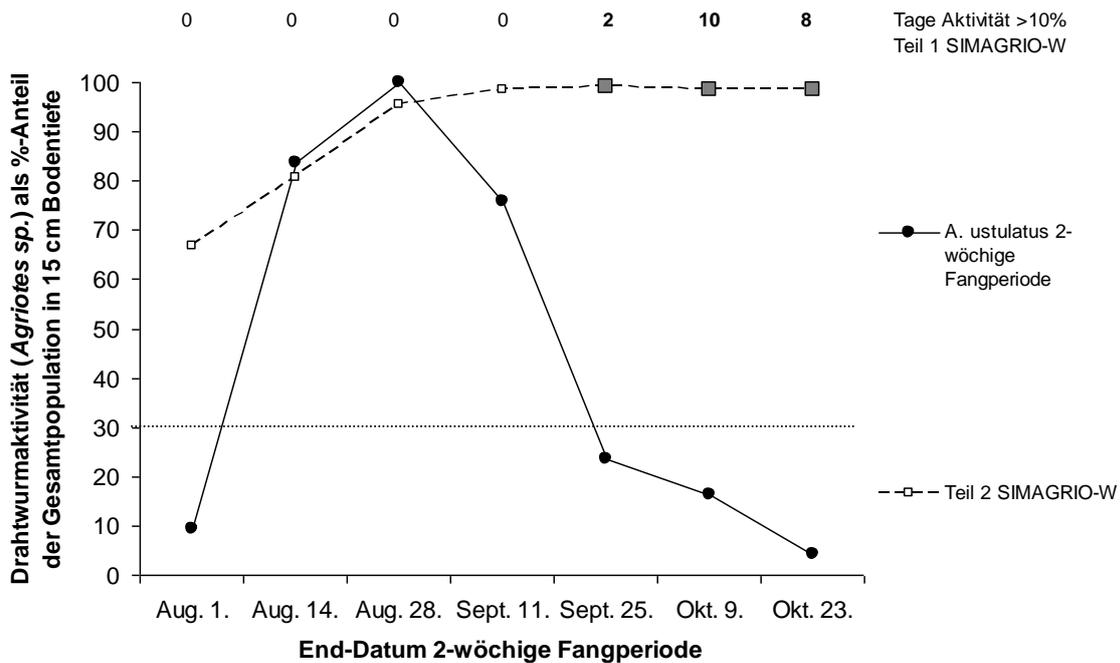


Abb. G- 17: SIMAGRIO-W Validierung am Standort 4 Rittler Kotzian (Bruck/Leitha, Trefferquote: 14%).

Die höchste gefangene Drahtwurmmzahl wurde als 100% der Gesamtpopulation angenommen (Jung et al. 2012). Große graue Vierecke markieren die relevanten Prognosen des 2. Teils von SIMAGRIO-W. D.h. nur in Fangperioden, für die der 1. Teil von SIMAGRIO-W an zumindest einem Tag eine Drahtwurmmaktivität > 10% prognostizierte, wurden die Werte des 2. Teils für die Validierung berücksichtigt. Ansonsten wurde eine Aktivität ≤ 10% angenommen. Lagen sowohl Messwert als auch Modellprognose über oder unter der Validierungsgrenze (gestrichelte Linie), wurde die Fangperiode als Treffer gewertet.

G-3.2.2 Validierung - Überblick und Diskussion

Insgesamt ergab die Validierung von SIMAGRIO-W im ost-österreichischen Ackerbau-gebiet eine schwache Trefferquote von 54% (siehe Tabelle G-4). Besonders die geringe Zahl an korrekt prognostizierten Aktivitätsspitzen (positive Treffer) lässt das Modell in seiner jetzigen Form als ungeeignet für den Gebrauch im ostösterreichischen Ackerbau erscheinen.

Die schwache Prognoseleistung lag vor allem darin begründet, dass die Drahtwurmpopulationen an den ost-österreichischen Standorten deutlich andere Temperaturansprüche hatten, als im Modell angenommen. Sie zeigten Aktivitätsspitzen in der Schadzone bei Bodentemperaturen bis zu 26°C (siehe Abbildung G-18), einer Temperatur, bei der es den Larven laut Modell bereits viel zu heiß für einen Aufenthalt in den obersten Bodenschichten war (siehe Abbildung G-7). In seiner derzeitigen Form geht das Modell von der höchsten Aktivität der Larven bei ca. 11°C aus (Jung et al. 2012). Die festgestellte Diskrepanz ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die im pannonischen Ost-österreich dominierenden, warm-trocken liebenden Drahtwurmartens (zB. *A. ustulatus* und *A. brevis*, Staudacher et al. 2011) ein deutlich höheres Temperaturoptimum bzw. einen weiteren Toleranzbereich haben, als die Arten, mit SIMAGRIO-W im westlichen Deutschland entwickelt und erstmalig kalibriert wurde (zB. *A. obscurus*).

Der Vergleich zwischen den Fangzahlen der 2-wöchigen und der 1-wöchigen Fangperioden zeigte, dass der Einfluss der Fangperiodendauer zu vernachlässigen war. Weder stiegen die Fangzahlen durch den längeren Verbleib der Falle im Boden überproportio-

nal an, noch kam es bei den längeren Fangperioden zu Verlusten durch Abwanderung bereits gesättigter oder von Artgenossen vertriebener Drahtwürmer. Auch wurden in den stark besetzten Fällen kaum Drahtwürmer durch Artgenossen gefressen.

Die Fangzahlen in den Kontrolltransekten waren durchwegs ähnlich hoch wie in den regulären Transekten. Eine künstliche Ausdünnung der Drahtwurmpopulationen gegen Ende des Versuchs durch ständiges Wegfangen kann daher ausgeschlossen werden.

Sowohl die 1-wöchigen Fangperioden als auch die Kontrolltransekte bestätigten die Verlässlichkeit und Vergleichbarkeit der gemessenen Drahtwurmaktivitäten. Die Daten waren nicht methodisch verfälscht und konnten uneingeschränkt zur Validierung des Modells herangezogen werden.

Auch die Bewirtschaftungsmaßnahmen hatten keinen, die Validierung maßgeblich beeinflussenden, Effekt auf die gefangenen Drahtwurm-Fangzahlen.

Tab. G- 4: SIMAGRIO-W Validierungsergebnisse pro Standort und Art (ust. = ustulatus, bre. = brevis), sowie gesamt.

Als Validierungsgrenze wurde wie in Jung et al. (2012) 30% Drahtwurmaktivität gewählt. D.h. lagen sowohl Modell als auch Messwert unter 30% oder über 30% wurde die jeweilige Fangperiode als Treffer für das Modell gewertet. Fehler 1 (=unterschätzt) bedeutet, das Modell lag unter, der Messwert über 30%, Fehler 2 (=überschätzt) bezeichnet das umgekehrte Verhältnis.

Standort	Art	Fehler 1	Fehler 2	Fehler gesamt	Treffer < 30%	Treffer > 30%	Treffer gesamt	Trefferquote gesamt
1) Essling	<i>A. ust.</i>	1	0	1	5	1	6	86
	<i>A. bre.</i>	2	0	2	4	1	5	71
	A. total	2	0	2	4	1	5	71
2) Traiskirchen	<i>A. ust.</i>	4	0	4	3	0	3	43
	<i>A. bre.</i>	2	0	2	5	0	5	71
	A. total	3	0	3	4	0	4	57
3) Perger (Bruck/Leitha)	<i>A. ust.</i>	5	0	5	1	1	2	29
	<i>A. bre.</i>	2	1	3	4	0	4	57
	A. total	2	0	2	4	1	5	71
4) Rittler Kotzian (Bruck/Leitha)	<i>A. ust.</i>	3	3	6	1	0	1	14
	<i>A. bre.</i>	\	\	\	\	\	\	nur 1 Larve
	A. total	3	3	6	1	0	1	14
Gesamt	<i>A. ust.</i>	13	3	16	10	2	12	43
	<i>A. bre.</i>	6	1	7	13	1	14	67
	A. total	10	3	13	13	2	15	54

G-3.3 Zusammenhang zwischen Drahtwurmfängen und Bodentemperatur

Abbildung G-18 zeigt den signifikanten positiven Zusammenhang zwischen der Bodentemperatur in 15 cm Tiefe und der gemessenen Drahtwurmaktivität an den Versuchstandorten. Die lineare Regression lieferte für alle Standorte einzeln, sowie für alle Standorte gesamt sehr ähnliche Ergebnisse. Während SIMAGRIO-W von einem Aktivi-

tätsmaximum bei 11°C ausgeht, wurden an den Teststandorten die höchsten Drahtwurmaktivitäten bei Bodentemperaturen um die 26°C gemessen.

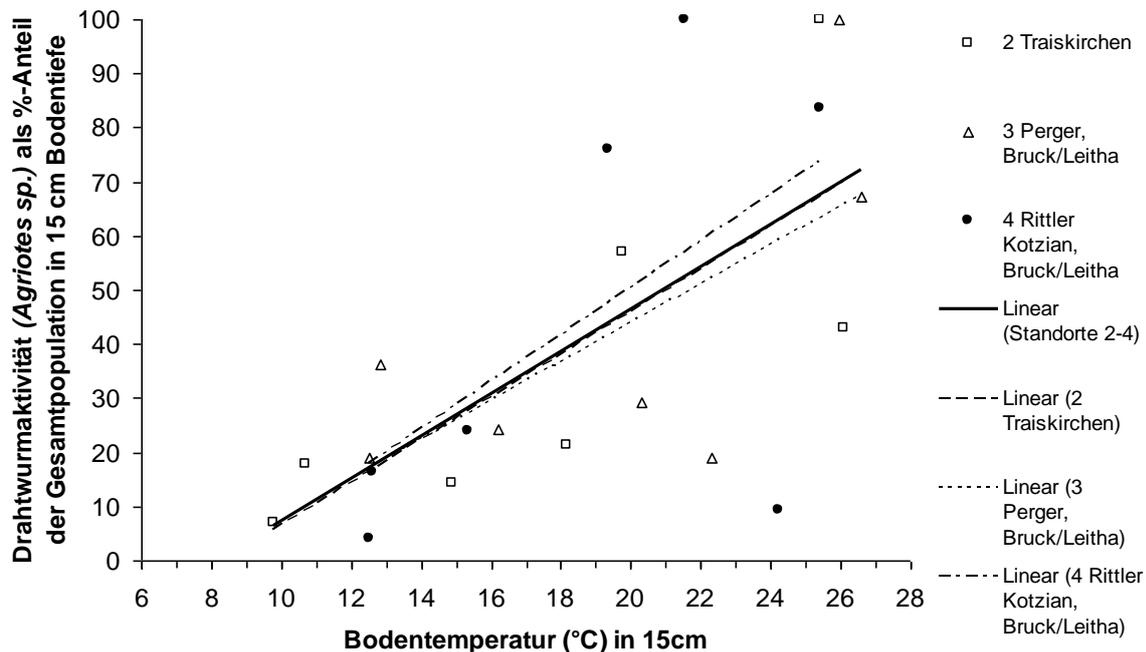


Abb. G- 18: Zusammenhang zwischen gemessener Drahtwurmaktivität und gemessener Bodentemperatur in 15cm Tiefe für die Standorte 2, 3 und 4 sowie für alle Standorte 2 – 4 gesamt (r gesamt für die Standorte 2 - 4 = 0.671, $p < 0.01$).

Die höchste gefangene Drahtwurmzahl wurde als 100% der Gesamtpopulation angenommen (Jung et al. 2012).

G-3.4 Ausblick: erste Annäherung

Um das Potential von SIMAGRIO-W für den ost-österreichischen Raum darzustellen, wurde eine erste Adaptierung von SIMAGRIO-W an die regionalen Bedingungen anhand der im Projekt erhobenen Drahtwurm- und Bodenklimadaten durchgeführt (siehe Abbildung G-19).

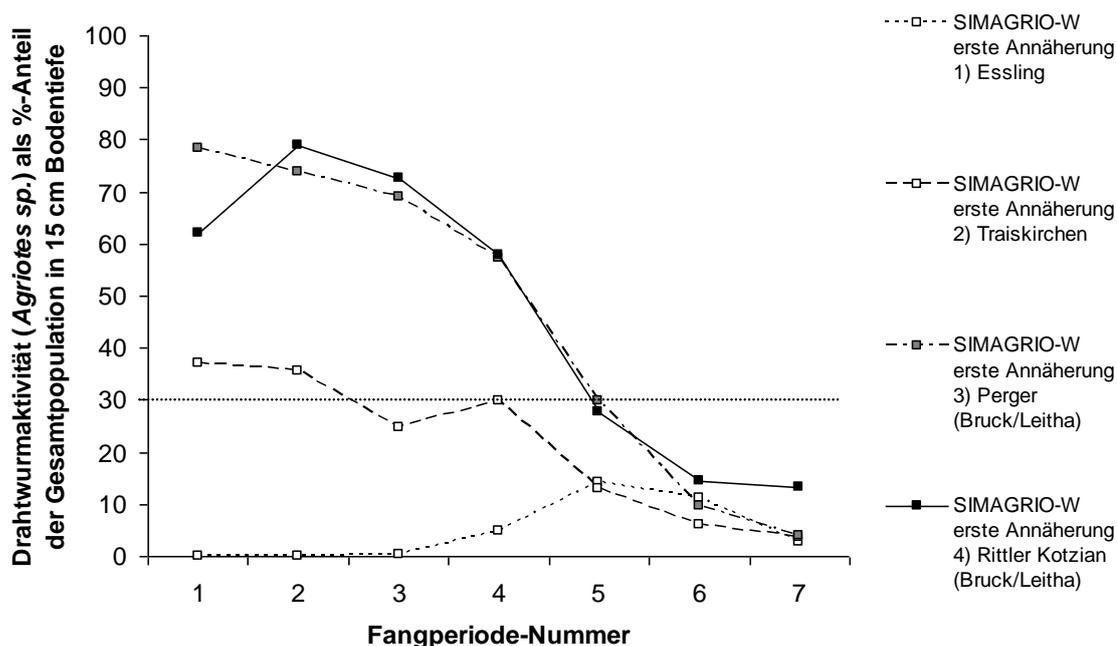


Abb. G- 19: Prognostizierte Drahtwurm-Aktivitäten pro Validierungs-Standort nach einer, zu Testzwecken, an die Messergebnisse adaptierten Variante von SIMAGRIO-W.

Das Modell wurde adaptiert indem der gaußsche Zusammenhang zwischen Temperatur und Drahtwurmaktivität aus dem 1. Teil des Modells direkt mit dem logistischen Zusammenhang zwischen Bodenfeuchte (als %-Anteil an der Feldkapazität) und Drahtwurmaktivität im 2. Teil verschnitten wurde (ZEPP, unpubliziert). Zusätzlich wurde entsprechend der Messergebnisse das Temperaturoptimum auf 26,6°C gesetzt und der Aktivitätsbereich (die Breite der Glockenkurve) vergrößert.

Bereits durch diese einfache Adaptierung, konnte die Gesamt-Trefferquote des Modells von 54% auf 71% gesteigert werden (siehe Tabelle G-5). Vor allem die hohe Zahl an positiven Treffern, d.h. die korrekte Prognose von Aktivitätsspitzen, deutet an, dass eine sorgfältige Adaptierung des Modells an ost-österreichische Bedingungen praxisrelevante Ergebnisse liefern wird.

Tab. G- 5: Validierungsergebnisse pro Standort und Art (ust. = ustulatus, bre. = brevis) sowie gesamt, bezogen auf eine, zu Testzwecken an die Messergebnisse, adaptierte Variante von SIMAGRIO-W.

Als Validierungsgrenze wurde wie in Jung et al. (2012) 30% Drahtwurmaktivität gewählt. D.h. lagen sowohl Modell als auch Messwert unter 30% oder über 30% wurde die jeweilige Fangperiode als Treffer für das Modell gewertet. Fehler 1 (=unterschätzt) bedeutet, das Modell lag unter, der Messwert über 30%, Fehler 2 (=überschätzt) bezeichnet das umgekehrte Verhältnis. Zur Adaptierung von SIMAGRIO-W siehe Beschriftung von Abbildung 19.

Standort	Art	Fehler	Fehler	Fehler	Treffer	Treffer	Treffer	Trefferquote gesamt	
		1	2	gesamt	< 30%	> 30%	gesamt		
1) Essling	<i>A. ust.</i>		2	0	2	5	0	5	71
	<i>A. bre.</i>		3	0	3	4	0	4	57
	A. total		3	0	3	4	0	4	57
2) Traiskirchen	<i>A. ust.</i>		2	0	2	3	2	5	71
	<i>A. bre.</i>		1	1	2	4	1	5	71
	A. total		1	0	1	4	2	6	86
3) Perger (Bruck/Leitha)	<i>A. ust.</i>		2	0	2	1	4	5	71
	<i>A. bre.</i>		0	2	2	3	2	5	71
	A. total		1	2	3	2	2	4	57
4) Rittler Kotzian (Bruck/Leitha)	<i>A. ust.</i>		0	1	1	3	3	6	86
	<i>A. bre.</i>	\	\	\	\	\	\	nur 1 Larve	
	A. total		0	1	1	3	3	6	86
Gesamt	<i>A. ust.</i>		6	1	7	12	9	21	75
	<i>A. bre.</i>		4	3	7	11	3	14	67
	A. total		5	3	8	13	7	20	71

G-4 Schlussfolgerungen

SIMAGRIO-W berechnet den Anteil einer Drahtwurmpopulation, der sich in den obersten 15 cm des Bodens aufhält auf der Basis von Bodentemperatur und Bodenfeuchte. Mittels Wetterprognosen und Bodentemperatur- und Bodenfeuchtemodellen wie CLIM-SOIL (Murer et al. 2011) kann die Drahtwurmaktivität der obersten Bodenschicht auch für die nahe Zukunft und flächenhaft dargestellt werden. Diese Information könnte wesentlich zur Vermeidung von Drahtwurmschäden beitragen.

Zum einen kann damit eine Aussage über das potentielle Schadrisiko auf einem Feld zu einem bestimmten Zeitpunkt getroffen werden, da sich die gefährdeten Teile der Kulturpflanzen in den obersten 15 cm der Bodensäule konzentrieren (= Schadzone, Jung et al. 2012). Wird im Frühjahr eine hohe Drahtwurmaktivität in der Schadzone prognostiziert, so kann der Anbauzeitpunkt von Mais verschoben werden, um die Körner nicht dem Fraßdruck der Drahtwürmer auszusetzen (Jung et al. 2012, Furlan 2014). Vor allem *A. ustulatus* neigt zum Fraß an den Maiskörnern, während *A. brevis* die Maiskeimlinge bevorzugt (Furlan 2014). Wird im Spätsommer eine hohe Drahtwurmaktivität in der obersten Bodenschicht prognostiziert, dann kann die Kartoffelernte auf gefährdeten Flächen vorverlegt werden (Jung et al. 2012). Je länger die schalenfesten Knollen im Boden liegen, desto größer die Gefahr von Drahtwurmschäden (Schepl et al. 2010).

Zum anderen ist auch der Erfolg von direkten Bekämpfungsmaßnahmen, zB. einer intensiven Bodenbearbeitung, maßgeblich vom Aufenthalt der Larven in den obersten Bodenschichten abhängig (Jung et al. 2012, Schepl et al. 2010).

Um das Schadensrisiko auf einer Fläche konkret einstuft zu können, ist eine Messung der tatsächlichen Drahtwurmdichte und der Artenzusammensetzung mit Drahtwurm-Köderfallen unumgänglich (Furlan 2014, Barsics et al. 2013, Kromp et al. 2009). Die Vorhersagen von SIMAGRIO-W können dazu dienen, den Einsatz der Köderfallen mit einer hohen prognostizierten Drahtwurm-Aktivität in den obersten 15 cm des Bodens, also im Fangbereich der Fallen, zeitlich abzustimmen. Dadurch wird ein möglichst großer Anteil der Drahtwurmpopulation einer Fläche befangen und somit die Drahtwurmdichte repräsentativ erhoben. Auf Flächen mit hoher Drahtwurmdichte sollten, wenn möglich, keine sensiblen Kulturen angebaut werden (Barsics et al. 2013, Furlan 2007). Ansätze und Ergebnisse zur biologischen Regulierung von Drahtwürmern werden in Kromp et al. (2009) und Schepl et al. (2010) beschrieben. So haben zB. Fruchtfolgen mit einem hohen Anteil an Sommerkulturen und damit verbundener intensiver Bodenbearbeitung im Frühjahr eine reduzierende Wirkung auf Drahtwurmpopulationen gezeigt.

Im Rahmen des Projekts wurden folgende Punkte zur Adaptierung von SIMAGRIO-W an die regionalen Bedingungen im ostösterreichischen Ackerbaugesamt herausgearbeitet:

- 1) Der Einfluss der Temperatur auf die Drahtwurmaktivität ist von der Art abhängig. Die Drahtwurm-Artenzusammensetzung im ostösterreichischen Ackerbaugesamt wird stark von warm-trocken liebenden Arten, wie z.B. *A. ustulatus* und *A. brevis* dominiert (Staudacher et al. 2011). Das Modell (Teil 1) muss die Temperatur-Ansprüche dieser Arten berücksichtigen.
- 2) Teil 1 des Modells für die 2. Hälfte des Jahres hat unter ost-österreichischen Bedingungen nicht funktioniert. Die Bodenfeuchten in 80 cm Tiefe erreichten nur in Ausnahmefällen den Drahtwurm-Aktivitätsbereich von SIMAGRIO-W.
- 3) Der Zusammenhang zwischen Bodenfeuchte und Drahtwurm-Aktivität in der obersten Bodenschicht sollte für die in der Region besonders häufigen Bodenarten genau quantifiziert werden.

Wird das Modell an die regionalen Bedingungen adaptiert, kann von SIMAGRIO-W auch im ost-österreichischen Ackerbaugesamt eine hohe Prognoseeffizienz erwartet werden.

Literaturverzeichnis

- Barsics F., Haubruge E., Verheggen F.J. (2013): Wireworms' Management: An Overview of the Existing Methods, with Particular Regards to *Agriotes spp.* (Coleoptera: Elateridae). *Insects* 4, 117-152
- Burghause F., Schmitt M. (2011): Monitoringergebnisse der Schnellkäfergattung *Agriotes* (Elateridae, Coleoptera) in den Jahren 2008 bis 2010 in Rheinland-Pfalz. *Gesunde Pflanzen* 63, 27-32
- Eitzinger J., Kersebaum K.C., Formayer H. (2009) „Landwirtschaft im Klimawandel - Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa“. Agrimedia Verlag
- Evans A.C., Gough H.C. (1942): Observations on some factors influencing growth in wireworms of the genus *Agriotes* Esch. *Annals of Applied Biology* 29, 168-175
- Furlan L. (1998): The biology of *Agriotes ustulatus* Schaller (Col., Elateridae). II. Larval development pupation, whole cycle description and practical implications. *Journal of Applied Entomology* 122, 71-78
- Furlan L. (2004): The biology of *Agriotes sordidus* Illiger (Col., Elateridae). *Journal of Applied Entomology* 128, 696-706
- Furlan L. (2005): An IPM Approach targeted against wireworms: what has been done and what still has to be done. *IOBC/wprs Bull.* 28, 91-100
- Furlan L. (2007): Management and biological control of wireworm populations in Europe: current possibilities and future perspectives. *IOBC/wprs Bull.* 30, 11-16
- Furlan L. (2014): IPM thresholds for *Agriotes* wireworm species in maize in Southern Europe. *Journal of Pest Science*, published online.
- Grünbacher E., Kromp B., Formayer H., Hann P. (2006): Einflüsse des Klimawandels auf landwirtschaftliche Schädlinge und Nützlinge im Biologischen Landbau Ostösterreichs. – Endbericht zum Projekt StartClim2005.C3-a.
- Jung J., Racca P., Schmitt J., Kleinhenz B. (2012): SIMAGRIO-W: Development of a prediction model for wireworms in relation to soil moisture, temperature and type. *Journal of Applied Entomology*, 138, 183-194
- Klausnitzer B. (1994): Familie Elateridae. In: Klausnitzer B (ed) *Die Larven der Käfer Mitteleuropas*. Band 2, Myxophaga/Polyphaga, Teil 1. Gustav Fischer Verlag, Jena, pp 118–189
- Kromp B., Brunner N., Badawi A., Bonell M., Hann P., Trska C., Ableidinger Ch., Diethart M., Landl M., Glauning J., Schallhart N., Staudacher K., Traugott M., Hermann A., Zmelik K. (2009): Neue Wege in der Regulation von Drahtwürmern unter besonderer Berücksichtigung des Biologischen Landbaus. Projekt gefördert im Rahmen der Bund-Bundesländer Kooperation, Endbericht.
- Miles H.W. (1942): Wireworms and agriculture, with special reference to *Agriotes obscurus* L. *Annals of Applied Biology* 29, 176-180
- Murer E., Krammer C., Eitzinger J., Grabenweger P. (2011): GIS data base and methodology for estimating impacts of climate change on soil temperatures and related risks for Austrian agriculture (CLIMSOIL). IUGG Congress Melbourne, Australia. Earth on the Edge: Science for a Sustainable Planet. Poster:
http://www.boku.ac.at/climsoil/documents/Poster_CLIMSOIL_Melbourne.pdf
- Parker W.E., Howard J.J. (2001): The biology and management of wireworms (*Agriotes spp.*) on potato with particular reference to the UK *Agricultural and forest Entomology* 3, 85-98

Schepl U., Paffrath A., Kempkens K. (2010) Regulierungskonzepte zur Reduktion von Drahtwurmschäden, gefördert vom Bundesprogramm Ökologischer Landbau, Endbericht

Staudacher K., Pitterl P., Furlan L., Cate P.C, Traugott M. (2011) PCR-based species identification of *Agriotes* larvae. Bulletin of Entomological Research, 101, 201-210

Staudacher K., Schallhart N., Pitterl P., Wallinger C., Brunner N., Landl M., Kromp B., Glauning J., Traugott M. (2011) Occurrence of *Agriotes* wireworms in Austrian agricultural land. Journal of Pest Science, 86, 33-39

van Herk W., Vernon R. (2012): Wireworm damage to wheat seedlings: effect of temperature and wireworm state. Journal of Pest Science, published online.

ZAMG (2014) www.zamg.ac.at (Zugriff: 5.3.2014)

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abb. G- 1:	Drahtwurm (weißer Kreis) an Maiswurzel	7
Abb. G- 2:	SIMAGRIO-W, Ablaufschema und Modellteile aus Jung <i>et al.</i> (2012).....	9
Abb. G- 3:	Die Versuchsstandorte in Wien (1), Traiskirchen (2) und rund um Bruck/Leitha (3, 4).....	10
Abb. G- 4:	links: Transektschema; rechts: Fallentransekt mit den zwei Dataloggern im Vordergrund am Standort 3 Perger Bruck/Leitha.	12
Abb. G- 5:	Drahtwurm-Fallen beim Einsetzen (links) und bei der Entnahme (rechts) zwei Wochen später.	12
Abb. G- 6:	Profilgrube am Standort 4 Rittler Kotzian (Bruck/Leitha) mit den eingesetzten Datalogger-Messfühlern für Temperatur und Feuchte.	13
Abb. G- 7:	Bodentemperatur (Tagesmittel) an den 4 Versuchsstandorten, gemessen in 15 cm Tiefe.	14
Abb. G- 8:	Bodenfeuchte (Tagesmittel) als Volumen-% in 15 cm Tiefe an den 4 Versuchsstandorten.	15
Abb. G- 9:	Bodenfeuchte (Tagesmittel) als Volumen-% in 80 cm Tiefe an den 4 Versuchsstandorten.	15
Abb. G- 10:	Absolute Drahtwurmfänge am Standort 1 Essling.....	17
Abb. G- 11:	SIMAGRIO-W Validierung am Standort 1 Essling (Trefferquote total: 71%)	18
Abb. G- 12:	Absolute Drahtwurmfänge am Standort 2 Traiskirchen.	19
Abb. G- 13:	SIMAGRIO-W Validierung am Standort 2 Traiskirchen (Trefferquote total: 57%).	20
Abb. G- 14:	Absolute Drahtwurmfänge am Standort 3 Perger (Bruck/Leitha).....	21
Abb. G- 15:	SIMAGRIO-W Validierung am Standort 3 Perger (Bruck/Leitha, Trefferquote total: 71%).	22
Abb. G- 16:	Absolute Drahtwurmfänge am Standort 4 Rittler Kotzian (Bruck/Leitha). ...	23
Abb. G- 17:	SIMAGRIO-W Validierung am Standort 4 Rittler Kotzian (Bruck/Leitha, Trefferquote: 14%).	24
Abb. G- 18:	Zusammenhang zwischen gemessener Drahtwurmmaktivität und gemessener Bodentemperatur in 15cm Tiefe für die Standorte 2, 3 und 4 sowie für alle Standorte 2 – 4 gesamt (r gesamt für die Standorte 2 - 4 = 0.671, $p < 0.01$).	26
Abb. G- 19:	Prognostizierte Drahtwurm-Aktivitäten pro Validierungs-Standort nach einer, zu Testzwecken, an die Messergebnisse adaptierten Variante von SIMAGRIO-W.....	27

Tabellen

Tab. G- 1:	Standorteigenschaften.....	10
Tab. G- 2:	Drahtwurmzahlen pro Art, Standort und Transekt.	16
Tab. G- 3:	Größenverteilung (%) der Drahtwürmer (<i>Agriotes sp.</i>) pro Standort und Transekt.	16

Tab. G- 4: SIMAGRIO-W Validierungsergebnisse pro Standort und Art (ust. = ustulatus, bre. = brevis), sowie gesamt.....25

Tab. G- 5: Validierungsergebnisse pro Standort und Art (ust. = ustulatus, bre. = brevis) sowie gesamt, bezogen auf eine, zu Testzwecken an die Messergebnisse, adaptierte Variante von SIMAGRIO-W.....28