

## **Einfluss des biologischen Insektizids ATTRACAP® auf den Drahtwurmbefall von Speisekartoffeln**

### **Einleitung**

In den letzten Jahren zeigten sich vermehrt äußere Qualitätsmängel v.a. an ökologisch produzierten Kartoffeln durch die Fraßaktivität des Drahtwurms. Durch den Lochfraß an den Knollen wird die Vermarktungsfähigkeit von Pflanz- und Speisekartoffeln erheblich eingeschränkt. Spätestens seit dem Erlöschen der Zulassung von Fipronil sind jedoch auch konventionell wirtschaftende Betriebe auf der Suche nach alternativen Bekämpfungsmaßnahmen. Dabei sollte eine längerfristige Regulierung durch die Fruchtfolgegestaltung (SCHEPL U. PAFFRATH 2007) in beiden Anbausystemen eine entscheidende Rolle spielen. Neben gezielter Bodenbearbeitung (SCHEPL 2010) werden in jüngster Zeit aber auch Präparate auf Basis entomopathogener Pilze zur Reduzierung des Drahtwurmbefalls angeboten.

Zielsetzung dieser Arbeit war es, den Einfluss des biologischen Präparates Attracap®, welches im Jahr 2017 für den Ökolandbau zugelassen wurde, auf den Drahtwurmbefall zu untersuchen. Die Wirkung des Granulates beruht auf dem entomopathogenen Pilz *Metarhizium brunneum*. Damit der Pilz seine Wirkung entfalten kann werden die Drahtwürmer zunächst durch eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration, welche durch die Fermentation von Hefe im Granulat erzielt wird, angelockt (*attract*). Bei Kontakt mit dem Pilz werden die Larven des Schnellkäfers infiziert, geschwächt oder sterben (*kill*). In wie weit diese Methode bereits praxisreif einsetzbar ist, wurde 2017 auf drei Standorten in NRW im Rahmen des Leitbetriebsprojektes untersucht um folgende Fragen zu beantworten:

1. Kann der Einsatz von Attracap® den Drahtwurmbefall signifikant reduzieren?
2. Wie unterscheiden sich die verschiedenen Applikationsarten in ihrem Wirkungsgrad?
4. Ist der Einsatz von Attracap® ökonomisch sinnvoll?
5. Welchen Einfluss hat die Besatzdichte des Drahtwurms auf die Schadensintensität?

## Hintergrund

### Schädigungen an den Kartoffeln durch den Drahtwurm

Drahtwürmer schädigen viele Acker- und Gemüsebaukulturen durch ihre Fraßaktivität sowohl im ökologischen als auch im konventionellen Anbau. In einigen Kulturen, wie z.B. Getreide, fallen die Fraßschäden nicht weiter auf, da durch die Larven geschädigte oder fehlende Pflanzen durch eine erhöhte Bestockung ausgeglichen werden können.

Im Hinblick auf den Ertrag sind Drahtwürmer bei weitem nicht die bedeutendsten Schaderreger im Kartoffelbau. Sie beeinflussen weder Wasser- noch Nährstoffzufuhr, Assimilationsfähigkeit oder Knollenbildung und somit den Rohertrag. Die äußeren Qualitätsmängel verringern den vermarktungsfähigen Ertrag jedoch erheblich. Die Gefahr einer Sekundärinfektion steigt (PARKER 2005). Die Fraßlöcher können Bakterien, Pilzen und anderen Insekten als Eintrittspforte dienen (DREYER & LANDZETTEL 2011).

### Indirekte Drahtwurmbekämpfung

**Flächenwahl:** Die effektive Drahtwurmbekämpfung beginnt mit der Auswahl der passenden Fläche. Bei stark befallenen Teilstücken, die bei der letzten Kartoffelernte ein hohes Schadensniveau aufwiesen, ist ein erneuter Kartoffelanbau zu vermeiden bzw. eine Risikobewertung des Schadpotentials durchzuführen. Kartoffelflächen, die an Grünland angrenzen, weisen um 26% höhere Befallszahlen im Vergleich zu Ackerland auf. Ebenso wurde auf kleineren Schlägen (<0,5 ha) um ein Viertel höhere Drahtwurmschäden als auf großen Schlägen (>2 ha) festgestellt (SCHEPL & PAFFRATH 2005).

**Unkraut:** Weiterhin ist das Unkrautmanagement von großer Bedeutung. Stark verunkrautete Flächen, insbesondere durch Wurzelunkräuter wie Distel, Ampfer und Quecke, weisen signifikant höhere Drahtwurmschäden auf (SCHEPL & PAFFRATH 2005). Durch die Bodenbedeckung wird den Schnellkäfern ein besseres Milieu zur Eiablage geboten, wodurch die Population im Boden anwächst (SEAL et al. 1992).

**Fruchtfolge:** Ein weiterer wichtiger Ansatz zur Bekämpfung des Drahtwurms besteht in der Fruchtfolgeplanung. Der Anbau von Leguminosen wie Acker- und Buschbohnen sowie Körnererbsen, aber auch von Kreuzblütler kann den Drahtwurmbefall senken. Die typischen kruziferen Senföle und deren Derivate in der Wurzel sowie in den Ernterückständen wirken abschreckend auf den Drahtwurm (PAFFRATH et al. 2004). Versuche in Italien durch FURLAN et al. (2010) zur Biofumigation wiesen eine Reduzierung des Drahtwurmbefalls von etwa 10 bis 12% auf. Gleichzeitig gilt zu beachten, dass eine solche Biofumigation nicht selektiv wirkt und somit auch die Abundanz von Nützlingen wie Regenwürmern beeinflusst (FÄHNDRICH et al. 2011).

Mehrfährige Klee grasbestände in der Fruchtfolge steigern den Drahtwurmbesatz im Boden (SCHEPL & PAFFRATH 2005). Bereits nach zweijährigem Klee grasanbau verdoppelten sich die Drahtwurmschäden auf ca. 23% auf den Versuchsflächen. Wurden die Kartoffeln nach einem vierjährigen Klee grasbestand angebaut, waren sogar bis zu 50% der Tochterknollen befallen.

**Bodenbearbeitung:** Die gezielte Bodenbearbeitung ist nach PARKER & HOWARD (2001) das wichtigste Instrument zur Drahtwurmbekämpfung. Durch die äußerliche Robustheit der Larven ist vor allem die Wahl des Zeitpunktes für den Bekämpfungserfolg von Bedeutung. Häufige und intensive Bodenbearbeitungsmaßnahmen in den Zeiträumen April/Mai und Ende August/September erzielten die besten Resultate. Insbesondere der Einsatz von Anbaugeräten, die den Boden intensiv durchmischen wie Pflug, Fräse und Scheibenegge, schädigt die empfindlichen Larvenstadien in den oberen Bodenschichten. Die effektive Regulierung des Drahtwurms lässt sich daher besonders gut in frühjahrsbetonten Fruchtfolgen gestalten, da dort im Zuge der Grundboden- und Saatbettbereitung eine intensive Bodenbearbeitung zum Zeitpunkt der Eiablage stattfindet.

**Sortenwahl:** Neben dem Erntetermin beeinflusst auch die Sortenwahl den durch den Drahtwurm verursachten Qualitätsschaden (NEUHOFF et al. 2007). So zeigten die Sorten Nicola und Edelstein geringere Drahtwurmschäden als u.a. Ditta und Princess. JOHNSON et al. (2008) bestätigen die Aussage und stellten ebenfalls unterschiedliche Befalls- und Schadintensitäten zwischen den Sorten fest. Erklärungen für diese Sortenunterschiede sind in der Literatur nicht eindeutig.

**Erntetermin:** In der fraßaktiven Phase im September und Oktober nehmen die Schäden an den Tochterknollen mit zunehmender Verweildauer im Boden zu (JANSSON & SEAL 1994, SCHEPL & PAFFRATH 2003). Weiterhin sind abgereifte und schalenfeste Knollen anfälliger für Drahtwurmfraß als sich im Wachstum befindliche Knollen. Daher empfiehlt es sich, Kartoffeln möglichst zeitnah nach Erreichen der Schalenfestigkeit zu ernten (SCHEPL & PAFFRATH 2010). NEUHOFF et al. (2007) bestätigen die Aussage auf Basis von Versuchen zum Einfluss von Sorte und Erntetermin. RIECKMANN (2017) empfiehlt ebenso für stark befallene Flächen den Anbau von frühen Sorten mit entsprechend früher Rodung. Das Abschlegeln des Krautes kann den Erntezeitpunkt bei gleichem Ertrag nach vorne verschieben, wodurch der Drahtwurmbefall im Vergleich zu späterer Ernte um 28% reduziert werden konnte (SCHEPL & PAFFRATH 2003).

### **Direkte Maßnahmen**

**Insektizide:** Während im ökologischen Landbau bislang keine Präparate mit hohen Wirkungsgraden zur direkten Drahtwurmbekämpfung zur Verfügung standen, bestand bis vor zwei Jahren im konventionellen Landbau die Möglichkeit der Anwendung von Fipronil (MEßMER 2011). Da dieser Wirkstoff jedoch eine Schädigung von Nichtzielorganismen aufwies (GUNASEKARA et al. 2007, VERNON et al. 2008), wurde dem Mittel 2016 die Zulassung verweigert. Somit stehen der ökologische als auch der konventionelle Landbau vor der Herausforderung neue Bekämpfungsstrategien in das Schädlingsmanagement zu integrieren.

**Pheromone:** SUFYAN et al. (2013) untersuchte die Strategie mittels Pheromonfallen die männlichen Käfer abzufangen, um die Befruchtung der Eier zu unterbinden. Der Einsatz dieser Fallen zeigte allerdings keine signifikante Reduzierung der Drahtwurmschäden unter praxisnahen Bedingungen.

**Biologische Bekämpfung durch Pilze:** Ein weiteres Instrument zur Bekämpfung des Drahtwurms besteht im Einsatz von den entomopathogenen Pilzen wie bspw. *Beauveria bassiana* und *Metarhizium spp.*, letztere sind bereits seit Jahren aus der Insektenmykologie bekannt (MEYLING & EILENBERG 2007). Der repellente Wirkungsmechanismus von *B. bassiana* wird mit einer Wirkungsdauer von sechs bis acht Wochen angegeben. Das führte jedoch nur zu einem unzureichenden Schutz der Tochterknollen (ANSARI et al. 2009). Ein weitaus höherer Bekämpfungserfolg wurde

mit *M. anisopliae* erzielt. Laborversuche in Kanada zeigten Wirkungsgrade von über 90% gegen die Larven von *A. obscurus* (KABALUK et al. 2001). Bei der Kombination von *M. anisopliae* mit dem biologischen Insektizid Spinosad® stellte ERICSSON et al. (2007) in Labor- und Feldversuchen eine signifikante Erhöhung der Sterberate von *A. lineatus* und *A. obscurus* fest. Die beschriebenen Bekämpfungserfolge wurden von SCHEPL & PAFFRATH (2010) unter Freilandbedingungen in NRW allerdings nicht bestätigt.

Der Wirkstoff des in den eigenen Versuchen untersuchten Präparates Attracap® ist ebenfalls ein *Metarhizium*-Isolat, welcher von *M. anisopliae* in *M. brunneum* umbenannt wurde.

### **Wirkungsweise von Attracap®**

Die Wirksamkeit des biologischen Präparates Attracap® beruht auf dem Konzept „*attract and kill*“. Dazu wird der Drahtwurm in der ersten Phase angelockt (*attract*) und in der zweiten Phase geschwächt bzw. getötet (*kill*).

Seit langem ist bekannt, dass Drahtwürmer und andere im Boden lebende Organismen CO<sub>2</sub> als Orientierungshilfe nutzen. Das bei der Wurzelatmung ausgestoßene CO<sub>2</sub> sorgt für eine hohe Konzentration und ermöglicht somit den Tieren die Wirtspflanzen zu lokalisieren.

Das Konzept von Attracap® nutzt als künstliche CO<sub>2</sub>-Quelle Backhefe um Drahtwürmer anzulocken. Diese sorgt über einen Zeitraum von mindestens drei bis fünf Wochen für eine CO<sub>2</sub>-Produktion, die auf einem höheren Niveau als in der Umgebung liegt (VIDAL et al. 2015). Die Hefe wird zusammen mit dem im Folgenden beschriebenen entomopathogenen Pilz *Metarhizium brunneum* als Granulat appliziert.

Um den Drahtwurm in der zweiten Phase zu schwächen bzw. töten, wird ein Isolat des entomopathogenen Pilzes *Metarhizium brunneum* verwendet. Bei Kontakt der Drahtwürmer mit dem Pilzmycel oder Fraß der Pilzsporen werden die Larven infiziert. Der Pilz entwickelt sich im Innern des Insekts (WHITTEN & OAKESHOTT 1991). Die Konidien des Pilzes beginnen zu keimen und die Hyphen durchdringen das Exoskelett. Dies führt entweder zur Schwächung, in deren Folge die Fraßaktivität reduziert wird oder zum Absterben des Drahtwurms. Die Infizierung mit den Pilzsporen dauert einige Tage. In diesem Zeitraum verteilen die Drahtwürmer den Pilz im Boden, womit weitere Infizierungen ausgelöst werden sollen. Versuche von BRANDL et al. (2016) zeigten aber auch, dass bis zum Absterben der Würmer aber auch einige Wochen vergehen können.

## Material & Methoden

Die bisherigen positiven Ergebnisse zur Wirksamkeit von Attractap<sup>®</sup> gaben den Anlass, die Anwendung unter praktischen Bedingungen im Rahmen des Projektes „Leitbetriebe Ökologischer Landbau in NRW“ zu überprüfen. Auf verschiedenen Standorten, die aus der Historie heraus einen hohen Drahtwurmbefall aufwiesen, wurde das Präparat in verschiedenen Applikationsarten ausgebracht.

**Tab. 1: Bodenanalyse der Versuchsstandorte nach CAL-Methode durch die LUFA, gemessene Werte und Versorgungsstufe, Anfang April zur Pflanzung**

	Bodenart	pH-Wert	Phosphor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) [mg/100 g]	Kalium (K <sub>2</sub> O) [mg/100 g]	Magnesium (CaCl <sub>2</sub> ) [mg/100 g]	Humus [%]	C/N-Verhältnis
Wiesengut	sL, uL, L	6,0	9 (B)	15 (C)	8 (D)	1,6	8
Pütz	sL, uL, L	5,9	23 (D)	13 (C)	11 (E)	1,4	9
Haus Holte	sL, uL, L	6,0	17 (C)	15 (C)	6 (C)	3,9	12

### Standort Wiesengut

Die Flächen des Versuchsbetriebs Wiesengut liegen 65 m über NN in der Siegniederung bei Hennef. Die Böden sind aus lehmig-schluffigen bis sandig-schluffigen Auensedimenten entstanden. Der vorherrschende Bodentyp ist eine Braunerde. Der Standort Wiesengut weist eine heterogene Mächtigkeit und Korngrößenzusammensetzung auf. Die Bodenzahl liegt zwischen 30 und 65. Bei einem Humusgehalt von 1,6% liegen die Versorgungsstufen für Phosphor in B, Kalium in C und Magnesium in Stufe D.

Nach der Haferernte im Jahr 2016 wurde auf „Schlag 5“ das Gemenge „TerraLife<sup>®</sup>-Solanum TR Öko“ als Zwischenfrucht eingesät. Als Grunddüngung wurden 400 dt/ha Rottemist in zwei Gaben ausgebracht. Im Frühjahr wurde eine konventionelle Bodenbearbeitung mit dem Pflug durchgeführt. Die Saatbettbereitung erfolgte mit der Kreiselegge. Die Bodenfeuchte zur Pflanzung war mit 12,4% vglw. niedrig.

### **Standort Pütz**

Die Fläche des Gemüsebaubetriebs Pütz liegt 80 m über NN an der südwestlichen Grenze der Kölner Bucht. Der sandige Lehmboden auf Lössablagerungen weist eine Bodenzahl zwischen 50 und 80 auf. Der Humusgehalt der Versuchsfläche beträgt nur 1,4%. Die Nährstoffe Phosphor, Kalium und Magnesium lagen in den Versorgungsstufen D, C und E allesamt mindestens in Versorgungsstufe „ausreichend“ vor.

Auf dem Versuchsschlag wurde im Jahr 2016 Rosenkohl angebaut. Im Frühjahr 2017 wurde das Feld gepflügt und geeggt (Kreiselegge). Die Analyse der Bodenprobe zur Pflanzung ergab eine Bodenfeuchte von 17,5%. Eine Düngung wurde nicht durchgeführt. Der Versuch wurde neben dem Grünstreifen und in Nähe des Waldes angelegt, da dort in den vergangenen Jahren ein erhöhter Drahtwurmbefall festgestellt wurde.

### **Standort Haus Holte**

Die Fläche des Ackerbaubetriebs Haus Holte befindet sich im Stadtgebiet Wittens/Dortmunds. Vor zehn Jahren wurde dort Wald abgeholzt und in Acker umgewandelt. Die sandig lehmige Parabraunerde aus Löss eignet sich mit 75 Bodenpunkten besonders für den Kartoffelanbau. Der Schlag liegt 104 m über NN.

Nach Untersuchungen der LUFA wird der Boden als sandig lehmig klassifiziert. Die Makronährstoffe sind alle ausreichend (Versorgungsstufe C) vorhanden. Der Humusgehalt liegt mit 3,9% auf einem sehr hohen Niveau. Nach dem Anbau von Winterweizen wurde eine Winterfurche angelegt. Gedüngt wurden 70 kg N/ha in Form von Potato Protein Liquid (PPL). Das Saatbett, welches mit der Kreiselegge bereitet wurde, war als gut zu bewerten. Die Bodenfeuchte lag zum Pflanzen bei ca. 16,8%.

### **Witterung**

Die Temperaturen waren im Frühjahr vglw. niedrig. Der Frühsommer wurde von einer extremen Trockenperiode geprägt. Häufige Niederschläge im Zeitraum zwischen August und September hatten z.T. eine deutliche Verschiebung der Ernte zur Folge.

## **Versuchsanlage**

Einfaktorielle Blockanlage mit 8 Wiederholungen und folgenden Varianten:

- 1) Kontrolle (unbehandelt)
- 2) Attracap - Depot unter der Knolle
- 3) Attracap - Bandapplikation zum letzten Häufen
- 4) Attracap - Bandapplikation unter der Knolle (nur Standort Wiesengut)

**Variantenauswahl:** Bei einer Pflanzung Anfang April ist davon auszugehen, dass die Hefe, als künstliche CO<sub>2</sub>- Quelle, bis zu der Fressphase im Spätsommer erloschen ist, obwohl der Schutzmechanismus gerade dann zum Knollenansatz und Wachstum der Tochterknollen einsetzen müsste. Diese fehlende Langzeitwirkung wurde in mehreren Versuchen bestätigt (DÜRGER et al. 2016). Um das Wirkungsfenster der Hefe (CO<sub>2</sub> Freisetzung) zu verschieben wurde die Variante 3 „Bandapplikation zum letzten Häufen“ erst im Mai ausgebracht.

Anders als der CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Hefe (*attract*) nimmt die Wirkung von *M. brunneum* (*kill*) mit fortlaufender Zeit zu (JOSSI et al. 2004). Eine Infektion der Larven mit dem entomopathogenen Pilz findet erst nach drei bis vier Wochen statt (VIDAL et al. 2017). Aufgrund dieser Ergebnisse wird eine Applikation zur Pflanzung empfohlen, da dadurch eine ausreichende Anzahl an Larven infiziert werden kann. Eine frühe Applikation fördert zudem die Verteilung des Pilzes im Boden, da nach Infektion der Larven bis zu drei Wochen vergehen können, bis diese sterben (VIDAL et al. 2015).

Das Versuchsdesign und die Durchführung wurden nach den Richtlinien der *European and Mediterranean Plant Protection Organization* (EPPO 2017) angelegt. Die einzelne Parzelle hatte eine Größe von 24 m<sup>2</sup> (8 m x 3 m bzw. 4 Reihen). In allen Varianten wurde die vom Hersteller empfohlene Aufwandmenge von 30 kg Attracap<sup>®</sup> je ha ausgebracht.

An allen Versuchsstandorten wurden die Kartoffeln von Hand mit einem Pflanzabstand von 33 cm und 75 cm Reihenabstand gelegt. In Hennef und Bornheim wurde die Sorte Belana am 10.04.2017 bzw. 11.04.2017 gepflanzt und in Witten die Sorte Gala am 21.04.2017.

Die Variante 3 „Bandablage zum letzten Häufen“ wurde am 31.05.2017 in Witten (BBCH 28), am 01.06.2017 in Hennef (BBCH 26) und am 02.06.2017 in Bornheim (BBCH 24) angelegt.



An den Standorten Wiesengut und Pütz war das Kraut der Kartoffeln bedingt durch den Befall mit *Phytophthora infestans* Ende Juli komplett abgestorben. Auf dem Betrieb Haus Holte wurde das Kartoffelkraut Mitte August zur Vermeidung von Übergrößen und zur Einleitung der Schalenfestigkeit abgeschlegelt.

Für die Zeiternte wurden aus jeder Parzelle die Knollen von zehn (2\*5) Stauden aus den beiden äußeren Reihen per Hand geerntet. Die Ernte fand am 18.07.2017 und 19.07.2017 statt. Im Anschluss wurden die Knollen gewaschen, der Ertrag bestimmt und die entsprechenden Bonituren durchgeführt.

Die Haupternte fand auf den Standorten Haus Holte und Wiesengut in der vierten Septemberwoche (21.09 bis 25.09) statt. Die Ernte am Standort Bornheim konnte aufgrund der anhaltenden Niederschläge erst am 12.10.2017 durchgeführt werden. Dazu wurden auf allen Standorten die beiden inneren Reihen (2\* 21 Stauden) mit einem speziell umgerüsteten Kartoffelroder geerntet. Anschließend wurden die Knollen aufbereitet, gewogen und bonitiert.

### **Drahtwurmbesatz im Boden**

Der Drahtwurmbesatz im Feld wurde einmalig durch Bodenproben zum Zeitpunkt der Pflanzung bestimmt (EPPO 2017). Dazu wurden in jeder Parzelle zwei Proben gezogen. Mit dem Spaten wurde Boden mit einer Fläche von 15 x 15 cm<sup>2</sup> und einer Tiefe von 15 cm ausgehoben. Im Anschluss wurde der Aushub im Labor untersucht und der Drahtwurmbesatz per Hand ausgezählt. Anhand der gefundenen Würmer in den 48 bzw. 64 Proben wurde der Drahtwurmbesatz errechnet. Nach den Richtlinien der EPPO (2017) liegt die Schadschwelle bei sechs Larven je Quadratmeter. Zusätzlich wurden die Würmer in drei Größenklassen eingeteilt, da bei der Bonitur deutliche Unterschiede in der Länge der Würmer auffielen

**Tab. 2: Größenklassifizierung der Drahtwurmlarven.**

<b>Körperlänge der Würmer [mm]</b>	<b>(Größen-) Klasse</b>	<b>Bezeichnung</b>
< 10	1	„Klein“
10 - 20	2	„Mittel“
>20	3	„Groß“

Die Bonitur der Fraßschäden des Drahtwurms erfolgte pro Parzelle an 2 x 100 Knollen in marktfähiger Sortierung.

**Tab. 3: Klassifizierung der Fraßschäden an den Knollen**

Anzahl an Fraßlöchern	(Schadens-) Klasse	Bezeichnung
0	1	„Keiner“
1 - 2	2	„Leicht“
3 - 5	3	„Mittel“
> 5	4	„Schwer“

Der Wirkungsgrad wurde nach ABBOTT (1925) wie folgt berechnet:

$$\text{Wirkungsgrad [\%]} = \left(1 - \frac{\text{Anzahl befallener Knollen in Variante [n]}}{\text{Anzahl befallener Knollen in Kontrolle [n]}}\right) * 100$$

Die erhobenen Daten wurden mittels Varianzanalyse (mit Hilfe des Statistikprogramms SAS) ausgewertet. Multiple Mittelwertvergleiche erfolgten mit dem Tukey-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0.05$ .

## Ergebnisse & Diskussion

### Drahtwurmorkommen auf den Versuchsflächen

Die Untersuchung der räumlichen Verteilung des Drahtwurmbesatzes zeigte auf keinem der vier Standorte eine regelmäßige Verteilung bzw. eindeutige Befallsnester. Vielmehr war der Besatz heterogen auf den Versuchsfeldern verteilt. Mit einer Drahtwurmdichte von 10 Larven m<sup>2</sup> wies der Standort Pütz den geringsten Besatz auf. Auf dem Standort Wiesengut waren es 20 Larven/m<sup>2</sup> bzw. 35 auf dem Leitbetrieb Haus Holte. Gleichzeitig fiel beim Auszählen der Drahtwürmer auf, dass die Größe bzw. Länge der Larven zwischen den Standorten stark variierte. Während sich auf dem Standort Pütz größtenteils kleinere Larven in den Bodenproben befanden, dominierte an den beiden anderen Versuchsstandorten die Fraktion der mittleren Drahtwurmgröße (Ergebnisse nicht dargestellt).

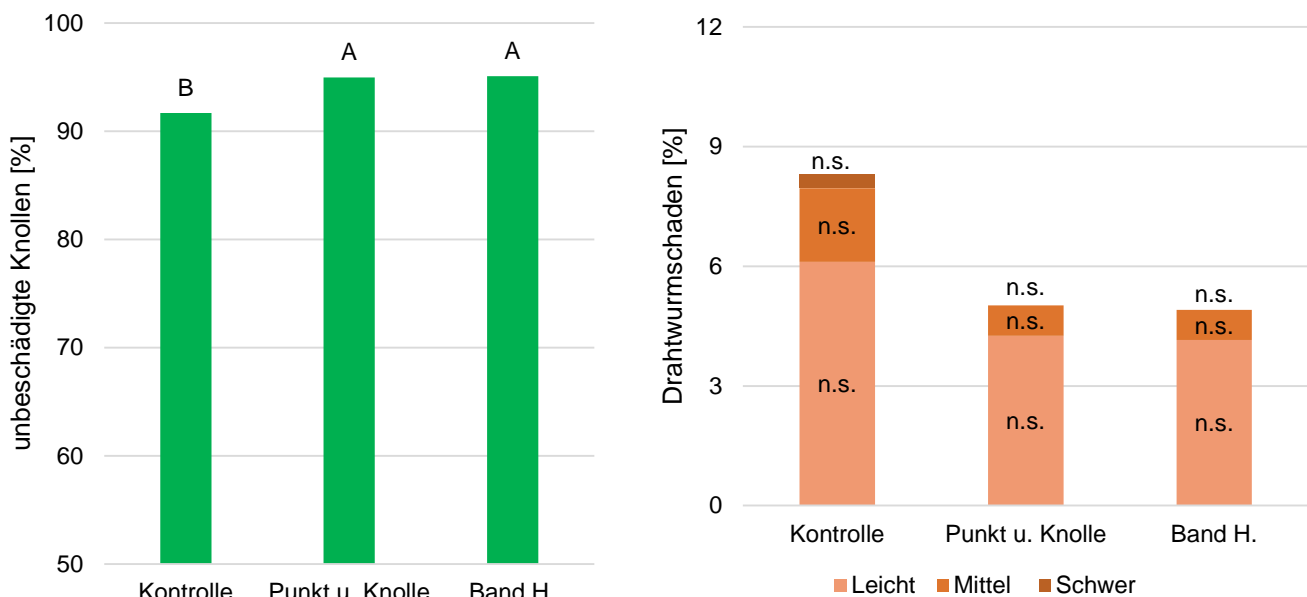
Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen die Beobachtung und Schlussfolgerungen der Drahtwurmproblematik aus den letzten Jahren. An allen Standorten lag der Drahtwurmbesatz deutlich über der Schadschwelle von sechs Larven je Quadratmeter

(EPPO 2017). Der größte Anteil der Schäden ist dabei auf große Larven zurückzuführen, welche bereits das Larvenstadium IV abgeschlossen haben und sich mindestens im zweiten Entwicklungsjahr befinden (PARKER & HOWARD 2001).

## Bodenfeuchte

In den ersten Versuchen zur Wirksamkeit von Attracap durch BRANDL et al. (2016) wird für die optimale Bodenfeuchte ein Wert zwischen 10% und 25% angegeben, um einen optimalen Wirkungsgrad von der Hefe und dem Pilz im Boden zu erreichen. An allen Standorten lag die Bodenfeuchte in diesem Bereich. Weiterhin wurde die Bodenfeuchte durch regelmäßige Niederschläge bis Ende April ausreichend aufrecht gehalten, sodass ein optimales Milieu für die Entwicklung von Hefe und Pilz im Boden vorlag (GOBLE et al. 2016).

## Fraßschäden an den Knollen



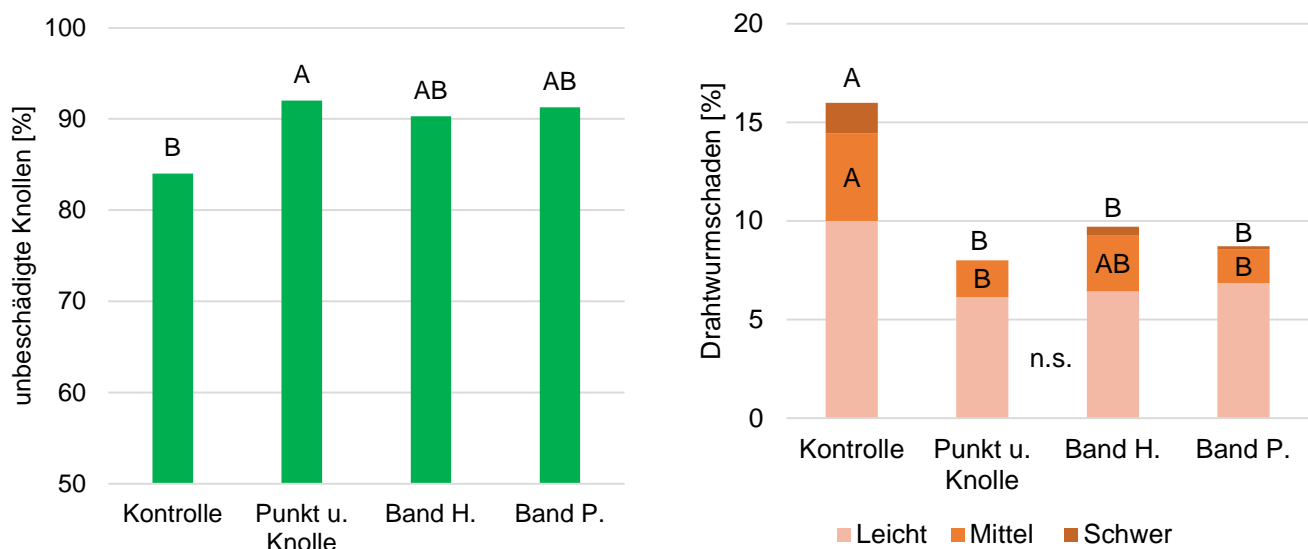
**Abb. 2: Boniturergebnis der Zeiternte am Standort Haus Holte, 19. Juli 2017. Anteil der Knollen der Varianten in den jeweiligen Bonituroklassen.** Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten werden mit verschiedenen Buchstaben angezeigt, Tukey-Test ( $\alpha=0,05$ ).

Kontrolle = unbehandelte Kontrolle, Punkt u. Knolle = Punktablage unter der Pflanzknolle, Band H. = Bandapplikation zum Häufeln

Die Bonitur der Drahtwurmschäden zur Zeiternte wies nur am Standort Haus Holte signifikant geringere Schäden der beiden mit Attracap® behandelten Varianten im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle auf. Der Unterschied war absolut jedoch vglw. gering (s. Abb. 2, Ergebnisse der beiden anderen Standorte nicht dargestellt).

### Ergebnisse Haupternte

Insgesamt lagen die Drahtwurmschäden an allen Versuchsstandorten auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau. Selbst bei den am stärksten befallenen Varianten, den unbehandelten Kontrollgruppen am Standort Pütz und Haus Holte, waren mehr als 80% der Knollen unbeschädigt. Die Variante 2 (Punktablage unter der Knolle zur Pflanzung) war standortübergreifend die Variante mit dem durchschnittlich höchsten Behandlungserfolg.



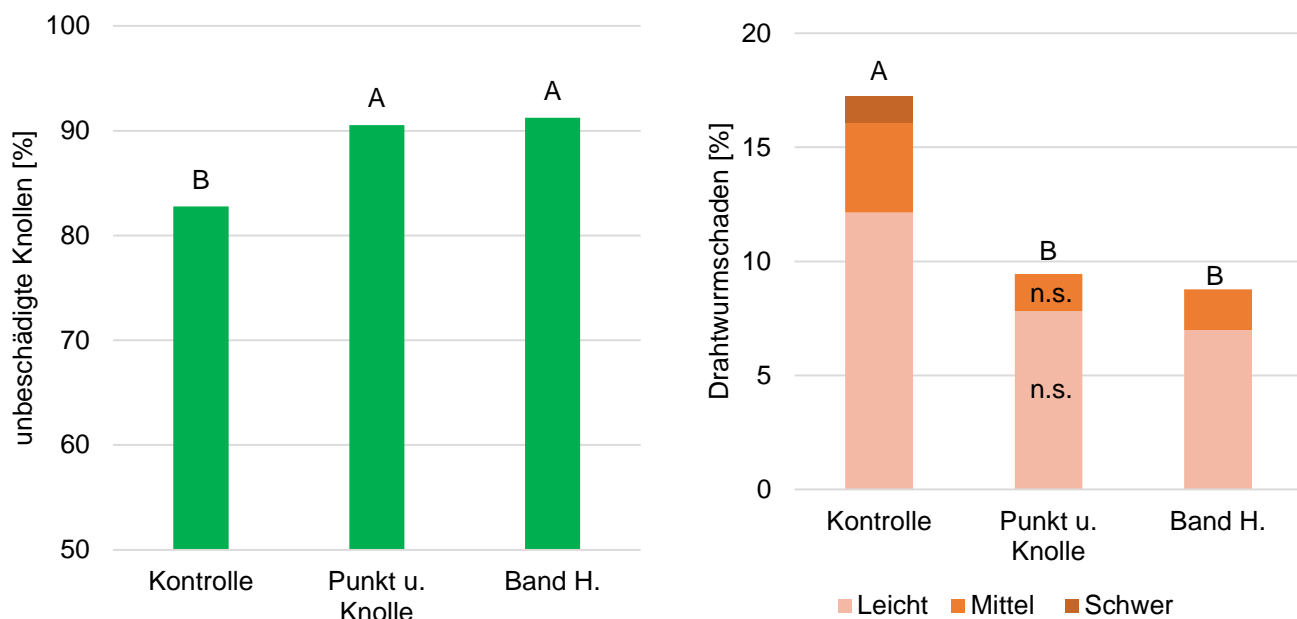
**Abb. 3: Boniturergebnis der Haupternte am Standort Wiesengut, 25. September 2017. Anteil der Knollen der Varianten in den jeweiligen Boniturstufen.** Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten werden mit verschiedenen Buchstaben angezeigt, Tukey-Test ( $\alpha=0,05$ ).

Kontrolle = unbehandelte Kontrolle, Punkt u. Knolle = Punktablage unter der Pflanzknolle, Band H. = Bandapplikation zum Häufeln, Band P. = Bandapplikation zur Pflanzung

**Standort Wiesengut:** Die Untersuchung der äußeren Schäden, welche durch den Drahtwurm verursacht wurden, wies einen signifikant höheren Anteil an unbeschädigten Knollen in der Variante Punktablage zur Pflanzung im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle auf (Abb. 3). Während bei der Kontrollgruppe der Schaden

bei ca. 16% lag, waren bei Variante 2 nur 8% der Knollen befallen. Für die mittlere Schadensklasse unterschieden sich die beiden Varianten ebenfalls. In der Schadenklasse „Schwer“ differenzierte sich die unbehandelte Kontrolle signifikant zu allen anderen drei Varianten. Die visuelle Bonitur zeigte dort im Mittel einen Schaden von fast 2% der Knollen, die mehr als fünf Fraßlöcher aufwiesen.

**Standort Pütz:** Bei den unbeschädigten Knollen wurde auf dem Standort Pütz ebenfalls ein signifikanter Unterschied von ca. 9% zwischen der unbehandelten Variante und den Varianten mit Attracap® Applikation festgestellt (Abb. 4). Im Vergleich dazu wurden bei der Kontrolle nur 82 Knollen ohne Schaden bonitiert. Trotz Unterschieden von bis zu 6 Prozentpunkten in den Schadenklassen „Leicht“ und „Mittel“ ließen sich diese Tendenzen statistisch nicht absichern. Lediglich der Unterschied von 1,2 Prozentpunkten innerhalb der Schadklasse „schwer“ war signifikant.

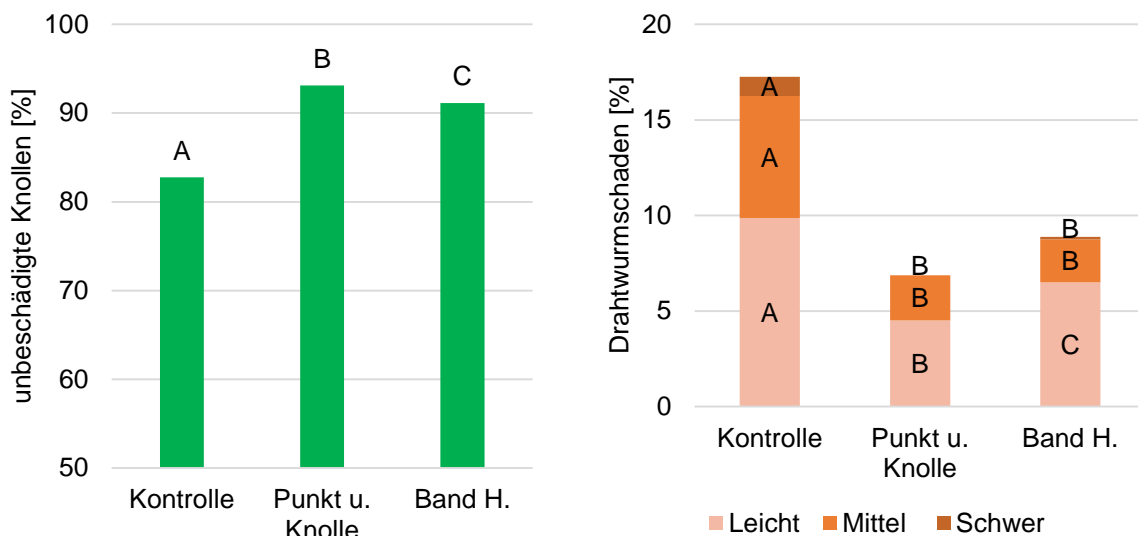


**Abb. 4: Boniturergebnis der Haupternte am Standort Pütz, 12. Oktober 2017. Anteil der Knollen der Varianten in den jeweiligen Boniturstufen.** Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten werden mit verschiedenen Buchstaben angezeigt, Tukey-Test ( $\alpha=0,05$ ).

Kontrolle = unbehandelte Kontrolle, Punkt u. Knolle = Punktablage unter der Pflanzknolle, Band H. = Bandapplikation zum Häufeln

**Standort Haus Holte** Die zwei verschiedenen Behandlungen mit Attracap am Standort Haus Holte hatten einen signifikant positiven Einfluss auf die Knollengesundheit (Abb. 5). Die „Punktablage unter der Knolle“ steigerte den Anteil

beschädigungsfreier Knollen um 10 Prozentpunkte auf 93% im Vergleich zur Kontrolle. Die Variante „Bandapplikation zum Häufeln“ reduzierte den Schaden signifikant von 17% auf ca. 8%. Auffällig war die Verteilung der klassifizierten Drahtwurmschäden. Der Schaden der unbehandelten Variante war mehr als doppelt so hoch wie unter Variante 2. Dabei zeigte ein Drittel der beschädigten Knollen der unbehandelten Variante ein mittleres Schadensniveau auf. Analog zu den Standorten Pütz und Wiesengut befanden sich fast nur in der unbehandelten Kontrolle Knollen mit mehr als fünf Fraßlöchern.



**Abb. 5: Boniturergebnis der Haupternte am Standort Haus Holte, 25. September 2017. Anteil der Knollen der Varianten in den jeweiligen Boniturstufen.** Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten werden mit verschiedenen Buchstaben angezeigt, Tukey-Test ( $\alpha=0,05$ ).

Kontrolle = unbehandelte Kontrolle, Punkt u. Knolle = Punktablage unter der Pflanzknolle, Band H. = Bandapplikation zum Häufeln

Allgemein war das Schadensniveau auf den Versuchsfeldern in NRW im Anbaujahr 2017 niedrig. Selbst bei einem Anteil geschädigter Knollen bis zu 22% ist der Wert im Vergleich zu anderen Standorten & Jahren als gering zu bewerten. Die Erfolge der Anwendung von Attracap sollten unter Berücksichtigung dieser Befallsintensität interpretiert werden, da dem Mittel bei geringem bis mittlerem Befall eine besonders gute Wirkung zugesprochen wird (BIOCARE BIOLOGICAL PLANT PROTECTION 2017). Trotz der hohen Wirksamkeit, konnte keine der Attracap® Varianten eine Reduktion des Anteils fraßgeschädigter Knollen auf unter die vom Handel geforderte Schadschwelle von 5% realisieren.

Federführend in der Entwicklung von Attracap® waren die Untersuchungen von Vidal et al. (2015) und BRANDL et al. (2016). Die Versuche aus den Anbaujahren 2013 und 2014 wiesen ein Schadpotential zwischen 2% und 35% auf (BRANDL et al. 2016). Damit ist das Befallsniveau ähnlich niedrig einzustufen wie in den Ergebnissen dieser Arbeit. Versuche aus Niedersachsen zeigten, dass die Applikation von Attracap® zur Pflanzung eine signifikant höhere Wirksamkeit aufweist als eine Ausbringung im Juni. Dies bestätigt die eigenen Ergebnisse, in denen ebenfalls eine tendenziell schwächere Wirksamkeit in der Variante „Bandapplikation zum Häufeln“ festgestellt wurde. Die höchsten Wirkungsgrade konnten in diesen Arbeiten wie im eigenen Versuch bei der Punktablage unter der Pflanzknolle erzielt werden.

Auch von ZELLNER & WAGNER wurden 2016 an drei Standorten Versuche zur Wirksamkeit von Attracap® durchgeführt. Dabei war Augsburg die Schadensreduzierung von 5 auf 3 beschädigte Knollen bei 100 untersuchten Knollen nicht signifikant, während der Schaden in Aufen signifikant von 7% auf 4% verringert werden konnte. Am dritten Standort in Mutterstadt wurde keine Schadensminderung festgestellt. Im Vergleich verschiedener Datensets zeigte sich, dass Attracap® bei allen Standorten, an denen ein geringer bis mittlerer Befall festgestellt wurde, eine deutliche Wirkung zeigte. Im Gegensatz dazu wurde der Schaden bei hoher Befallsintensität nicht zufriedenstellend reduziert.

## **Ertrag**

Die Applikation von Attracap hatte an keinem der Standorte einen signifikanten Effekt auf den Rohertrag weder zur Zeit- noch zur Endernte. Die Ertragsunterschiede zwischen den Standorten waren jedoch enorm. Trotz des späten Pflanztermins von Haus Holte lag der Rohertrag bei 300 dt/ha zur Zeiternte und steigerte sich bis Mitte September auf 450 dt/ha. Zur Zeiternte war der Rohertrag am Wiesengut mit ca. 220 dt/ha deutlich geringer und stieg nur bis auf 280 dt/ha zur Haupternte an. Für den Versuchsstandort Pütz betrug der Rohertrag im Mittel 240 dt/ha.

## **Fazit & Ausblick**

Die Drahtwurmschäden wurden 2017 durch die Anwendung von Attracap® im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle an allen drei ökologisch bewirtschafteten Standorten in NRW verringert. Signifikante Unterschiede zeigten sich jedoch erst zur späten Haupternte Mitte September. Das Schadensniveau lag an allen Standorten auf einem geringen Niveau. So waren maximal 20% der Knollen in der unbehandelten

Kontrolle geschädigt. Durch die Anwendung von Attracap wurde der Schaden an allen Standorten auf unter 10% reduziert. Keine Variante reduzierte dabei jedoch den Gesamtschaden unter die Grenze von 5%, welche vom Handel gefordert wird.

Zwar erzielte die Anwendung als Punktablage unter der Knolle die besten Ergebnisse, aktuell ist diese jedoch noch nicht unter Praxisbedingungen anwendbar, Versuche dazu laufen aber derzeit in Kanada. Nach aktuellem Stand ist somit die Applikation von Attracap® in der Praxis nur über reihengebundene Granulatstreuer möglich.

Die Kosten für Attracap® betragen ca. 400 €/ha bei einer derzeit empfohlenen Applikationsmenge von 30 kg. Bei einem Ertragsniveau von 400 bzw. 200 dt/ha und Marktpreis von 30 ct je kg Ökokartoffeln amortisieren sich die Applikationskosten bei einem Wirkungsgrad von 15% bzw. 30 %. Auf allen drei Betrieben lag der Wirkungsgrad im ersten Versuchsjahr klar darüber. Die Anwendung von ATTRACAP® wäre somit ökonomisch interessant gewesen, vorausgesetzt die Vermarktbarkeit der Partien kann grundsätzlich über die Nacherntesortierung sichergestellt werden.

Die Praxisversuche in NRW geben einen Hinweis darauf, dass Attracap® eine geeignete direkte Maßnahme zur Drahtwurmkontrolle sein kann. Die Wirksamkeit ist jedoch auch extrem von den Umweltbedingungen abhängig, wie zahlreiche Versuche zeigten (VIDAL et al. 2015, BRANDL et al. 2016, ZELLNER & WAGNER 2016).

Da die Effizienz der Anwendung von Attracap® maßgeblich durch die Bodenfeuchte beeinflusst wird (SCHEEPMAKER & BUTT 2010), sollte diese als weiterer Versuchsfaktor in die Untersuchungen aufgenommen werden. Weiterhin besteht ein Steigerungspotential in der Wirkungsintensität und -dauer der Hefe.

Da Versuche von KABALUK et al. (2007) und ECKARD et al. (2013) unterschiedliche Bekämpfungserfolge in Abhängigkeit der Drahtwurmart zeigten, sollte bei zukünftigen Untersuchungen nicht nur Anzahl und Größe der Drahtwurmlarven, sondern auch das Artenspektrum analysiert werden.

*Die im Bericht zitierten Quellen sind beim Autor unten der in der Kopfzeile angegebenen Mailadresse auf Anfrage erhältlich.*