

# Umwelt

## Ist das Drahtwurm-Problem ein Pilz-Problem?

Siegfried Keller und Christian Schweizer, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Reckenholz, CH-8046 Zürich

Auskünfte: Siegfried Keller, e-mail: siegfried.keller@fal.admin.ch, Tel. +41 (0)1 377 72 11, Fax +41 (0)1 377 72 01

### Zusammenfassung

**D**rahtwürmer verursachen im Ackerbau zunehmend Probleme, wobei besonders Kartoffeln, Mais und Zuckerrüben betroffen sind. Als mögliche Ursache kommt eine ungenügende natürliche Regulierung in Frage. Um die Hypothese im Hinblick auf eine biologische Bekämpfung mit insektenpathogenen Bodenpilzen zu prüfen, untersuchten wir Böden aus Acker- und Wiesland von acht Standorten im Kanton Bern. Für den Nachweis insektenpathogener Pilze verwendeten wir ein selektives Nährmedium und die Ködermethode mit Wachsmotten. In allen untersuchten Böden fanden wir *Metarhizium anisopliae*, ein Bodenpilz, der verschiedene Insekten befällt und die sogenannte Grüne Muskardine verursacht. Auch Drahtwürmer sind von dieser Krankheit betroffen. Ackerböden wiesen durchwegs statistisch gesichert weniger *M. anisopliae* auf als Wiesenböden, dies sowohl was die Pilzdichte wie auch die Häufigkeit positiver Proben anbelangt. Als Ursachen dieser geringen Dichten, die das Drahtwurmproblem wenigstens teilweise erklären können, kommt in erster Linie die Anwendung von Fungiziden und Insektiziden in Frage. In geringer Häufigkeit fanden wir mit *Beauveria bassiana* einen weiteren insektenpathogenen Bodenpilz.

Drahtwürmer sind die bodenbewohnenden Larven der Schnellkäfer (Elateriden). Schäden werden vor allem von zwei Arten der Gattung *Agriotes* verursacht. In der Schweiz nördlich der Alpen dominiert *A. obscurus*, im Tessin *A. littigiosus* (Jossi und Bigler 1997). Die gelben, derbhäutigen Larven fressen Wurzeln von Gräsern und Kräutern oder bohren

sich in Knollen und Wurzeln ein. Ihre Entwicklung vom Ei bis zur Puppe dauert drei bis fünf Jahre. Dabei erreichen sie eine Länge von etwa zwei Zentimetern. Die ausgewachsenen Insekten leben von April bis Mai oberirdisch und ernähren sich von Pollen. In dieser Zeit legen die Weibchen etwa 150 bis 200 Eier in den Boden nahe der Oberfläche ab. Bevorzugt werden feuchte Böden mit hohem Gehalt an organischer Substanz (Bovey 1967; Jossi und Bigler 1997).

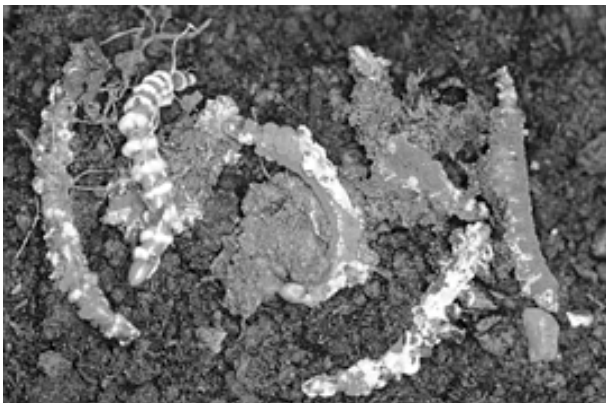
Drahtwürmer haben in den vergangenen Jahren zunehmend zu Problemen in Ackerkulturen geführt. Besonders gefährdet sind Kartoffeln, Mais und Zuckerrüben. Bei Kartoffeln mit einer Grösse unter 42,5 Millimeter genügt eine angefressene Knolle, um die Ware als Speisekartoffeln zurückzuweisen. Bei grös-

seren Knollen werden gewisse Frassschäden toleriert. Insektizide dürfen zur Bekämpfung von Drahtwürmern in Kartoffeln nicht eingesetzt werden. Möglich ist eine Behandlung in der Vorkultur mit Hilfe von gebeiztem Saatgut. Allerdings widerspricht eine vorbeugende Behandlung den IP-Grundsätzen, ausser das Gefährdungspotenzial sei belegt.

Die Ursachen der zunehmenden Probleme mit Drahtwürmern sind unklar. Nach neueren Untersuchungen steht fest, dass die Vorfrucht keinen direkten Einfluss auf die Dichte und den Schaden bei Mais hat (Jossi und Bigler 1997). Ob dieser Befund allgemeine Gültigkeit hat, ist nicht geklärt. Da die Schnellkäferweibchen ihre Eier bevorzugt in dichte Pflanzenbestände ablegen, macht die in Lehrbüchern vertretene Meinung, wonach Drahtwurmschäden besonders ein bis zwei Jahre nach Umbruch auftreten oder dass in dieser Periode auf den Anbau empfindlicher Kulturen zu verzichten ist, weiterhin Sinn (Bovey 1967; Häni *et al.* 1997; Meier 1985). Besonders beim Anbau von Kartoffeln ist diese vorbeugende Massnahme weiterhin zu empfehlen.

Eine Hypothese für die zunehmende Bedeutung von Drahtwürmern ist das Fehlen oder die zu geringe Wirksamkeit natürlicher Feinde. Als solche kommen vor allem räuberische Bodeninsekten wie Laufkäferlarven, parasitische Nematoden oder insektenpathogene Bodenpilze in Frage. Im Hinblick auf eine Anwendung natürlicher Feinde zur

Vom Pilz *Metarhizium anisopliae* befallene Drahtwürmer.



biologischen Bekämpfung von Drahtwürmern sind wegen der relativ einfachen Massenproduktion vor allem Pilze interessant. Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, dass Drahtwürmer gelegentlich von der Grünen Muskardine (*Metarhizium anisopliae*; Deuteromycota: Hyphomycetes) befallen werden (Keller 1991). Zum Überprüfen obiger Hypothese entnahmen wir Bodenproben aus Fruchtfolgeflächen und angrenzendem Wiesland und analysierten sie auf den Gehalt an insektenpathogenen Bodenpilzen.

### Nachweis von insekten-tötenden Bodenpilzen

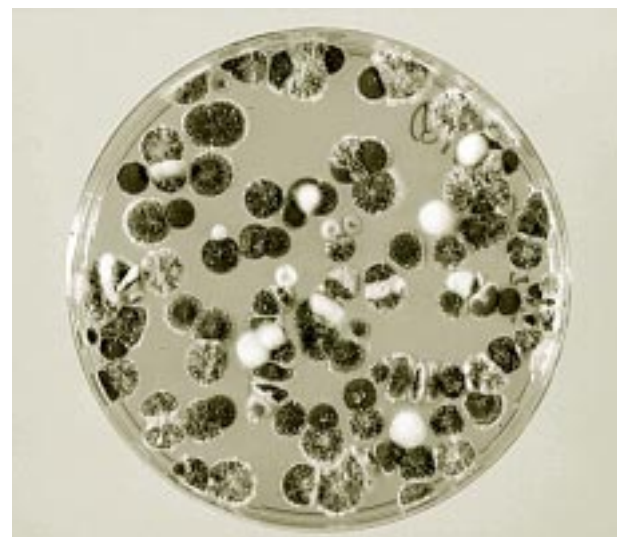
Für die Beprobung wählten wir acht Standorte aus dem Bodenbeobachtungsnetz des Kantons Bern. Detaillierte Angaben zu den meisten Standorten sind publiziert (BSF 1997). Angaben zur Fruchtfolge und zur Bewirtschaftung der Wiesen sind in Tabelle 1 enthalten. Mit Ausnahme des Betriebes «Möriswil», der nach den Richtlinien des biologischen Landbaus wirtschaftet, handelt es sich um IP-Betriebe. Auf jedem Betrieb beprobten wir je einen Acker und eine Wiese. Die beiden Flächen grenzten aneinander mit Ausnahme des Standortes Rüederswil, wo die Flächen etwa 100 m auseinander lagen.

Von jeder Fläche wurden zehn Bodenproben entnommen, die je aus zwei Einstichen bestanden. Dazu verwendeten wir einen zylindrischen Probenstecher mit 5,5 cm Innendurchmesser. Vom ausgestochenen Bodenzylinder wurde der Bereich von 5 bis 15 cm Bodentiefe für die Analysen verwendet. Die Proben lagerten bei 4°C und wurden innerhalb von maximal vier Monaten verarbeitet. Der Nachweis der insektenpathogenen Pilze erfolgte einerseits mit der *Galleria*-Köder-Methode (Zimmermann 1986) und andererseits mit Hilfe eines selektiven Mediums

(Strasser *et al.* 1997). *Galleria* (Wachsmotte) eignet sich als Köder besonders gut, weil sie sehr empfindlich für insekzentötende Bodenpilze sind. Beide Methoden lieferten Angaben über die Häufigkeit der Pilze (Prozent Proben mit Pilz). Die zweite Methode erlaubte zudem, die Pilzdichte zu bestimmen als Anzahl koloniebildende Einheiten pro Gramm Boden. Bei den «Einheiten» dürfte es sich in der Regel um Konidien handeln, doch sicher sind wir nicht, in welcher Form der Pilz im Boden vorkommt.

### Weniger insekzentötende Pilze in Äckern

Wir konnten zwei Pilzarten nachweisen. *B. bassiana* kam auf 7 der 16 beprobten Flächen vor. Von den sieben Flächen enthielten maximal 20 % der Proben diesen Pilz. *M. anisopliae* war auf allen Flächen vorhanden. Auf Selektivmedium waren zwischen 70 und 100 % der Proben positiv, bei der *Galleria*-Köder-Methode lag dieser Wert zwischen 30 und



100 %. Die Dichten in Wiesland lagen zwischen 401 und 4970 koloniebildende Einheiten pro Gramm Boden, im Ackerland dagegen nur zwischen 28 und 1360. Mit Selektivmedien konnten in 97,5 % der Proben von Wiesen *M. anisopliae* nachgewiesen werden, in Proben von Äckern waren es deren 87,5 %. Die entsprechenden Werte bei der *Galleria*-Köder-Methode betragen 89 % und 64 %. Die Unterschiede zwi-

**Aus einer Bodenprobe isolierte Pilze. *Metarhizium anisopliae* ist durch das typische Koloniewachstum und die Bildung grüner Sporen eindeutig zu identifizieren.**

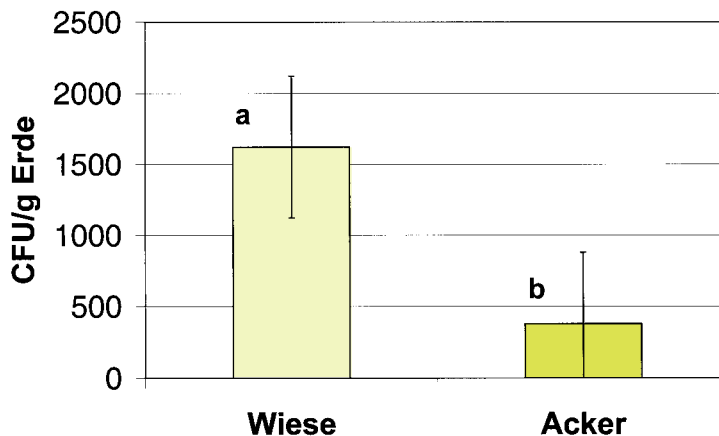
**Tab. 1. Herkunft der Bodenproben. Sammeldatum: 8.3.2000.**

Standort	Fläche	Kultur (Vorkultur)	Bemerkungen
Auswil	Wiese		Streuobstbau, teilweise als Pferdeweide gebraucht
	Acker	Raps (Triticale)	
Grasswil	Wiese		Streuobstbau, Weide
	Acker	Winterweizen (Mais)	
Langnau	Wiese		Weide, alte Apfelbäume kürzlich gefällt
	Acker	Zuckerrüben (Mais)	
Möriswil	Wiese		Biobetrieb
	Acker	Winterweizen (Erbsen)	
Niederösch	Wiese		Alte Kirschbäume
	Acker	Kartoffeln (Ansaatwiese)	
Rubigen	Wiese		Schafweide im Herbst
	Acker	Winterweizen (Mais)	
Rüederswil	Wiese		Junge Apfelbäume, Weide
	Acker	Ansaatwiese	
Schlosswil	Wiese		Streuobstbau
	Acker	Dinkel (Mais)	

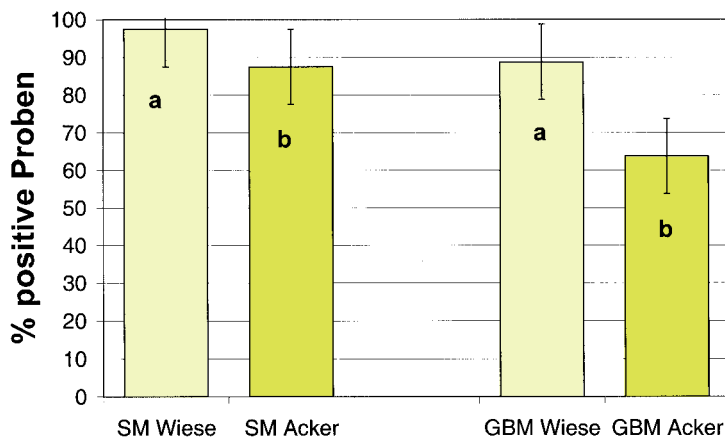
**Tab. 2. Häufigkeit** (% positive Bodenproben, % pBp) **und Dichte** (koloniebildende Einheiten pro Gramm trockene Erde, CFU/g) **von *Beauveria bassiana* und *Metarhizium anisopliae* in Bodenproben von Wiesen (W) und benachbartem Ackerland (AL).** 10 Bodenproben pro Standort. SM = Selektivmedium; GBM = Galleria-Köder-Methode; P = Irrtumswahrscheinlichkeit.

Standort	<i>B. bassiana</i>		<i>M. anisopliae</i>		% pBp SM		% pBp GBM	
	% pBp GBM		CFU/g					
	W	AL	W	AL	W	AL	W	AL
Auswil	0	0	401	223	90	80	80	90
Grasswil	10	10	1890	151	100	90	80	40
Langnau	0	0	888	811	100	100	90	90
Möriswil	0	0	1620	1360	100	100	80	70
Niederösch	10	20	828	39	100	80	90	50
Rubigen	0	20	945	28	100	70	100	30
Rüederswil	0	10	1440	302	100	90	100	80
Schlosswil	10	0	4970	116	90	90	90	60
Durchschnitt	3,75	7,5	1623	379	97,5	87,5	88,75	63,75
P%		32,3		0,4		2,6		1,1

**Abb. 1. Durchschnittliche Pilzdichten von *Metarhizium anisopliae* (koloniebildende Einheiten - CFU/g Boden) in Wiesen- und Ackerböden mit Standardabweichungen. Die unterschiedlichen Buchstaben in den Säulen weisen auf statistische Unterschiede hin (t-Test, P<5 %).**



**Abb. 2. Durchschnittliche Häufigkeiten des Auftretens von *M. anisopliae* in Böden von Wiesen und Ackerland mit Standardabweichungen. SM: Nachweis mit Selektivmedien; GBM: Nachweis mit Galleria-Köder-Methode. Die unterschiedlichen Buchstaben in den Säulen weisen auf statistische Unterschiede hin (t-Test, P<5 %).**



schen Wies- und Ackerland bei *M. anisopliae* sind sowohl bei der Dichte wie bei den mit zwei Methoden ermittelten Häufigkeiten statistisch signifikant, nicht jedoch bei *B. bassiana*

(Tab. 2, Abb. 1 und 2).

In allen Vergleichen hatten Wiesen höhere Dichten von *M. anisopliae* als Ackerland. An den drei Standorten Auswil, Lang-

nau und Möriswil waren die Unterschiede allerdings nur gering mit Faktoren zwischen rund 1 und 2. Der grösste Unterschied wurde in Rubigen gefunden mit einem Faktor von rund 44. Im Durchschnitt hatten Wiesen 4,3 Mal mehr *M. anisopliae* als Ackerland.

### Ist dies der Grund für Drahtwurmprobleme?

Über die Bedeutung der Grünen Muscardine (*M. anisopliae*) für die natürliche Regulierung der Drahtwurmpopulationen ist nur wenig bekannt. Im Rahmen von Versuchen zur Bekämpfung von Engerlingen mit der Weissen Muscardine (*B. brongniartii*) sind wir jedoch häufig auf verpilzte Drahtwürmer in Wiesen gestossen, während Drahtwürmer aus Äckern nur ausnahmsweise an dieser Krankheit starben. Diese Beobachtung wird durch die Untersuchungsergebnisse gestützt. Sicher sind jene Äcker mit geringen Dichten von *M. anisopliae* anfälliger für Drahtwurmschäden als jene mit hohen Dichten. Dies gilt auch für andere Bodenschädlinge, nicht zuletzt auch für den aus den USA eingeschleppten Maiswurzelbohrer *Diabrotica virgifera*. Aus diesem Grund sind hohe Dichten an insektenpathogenen Bodenpilzen sehr erwünscht.

Ein möglicher Grund für die geringere Pilzdichte in Ackerböden ist die Anwendung von Insektiziden und Fungiziden. Durch Insektizide werden Bodeninsekten getötet und mit ihnen auch Wirte der insektenpathogenen Pilze, was diesen die Vermehrungsmöglichkeiten entzieht. Fungizide können dagegen einen direkten negativen Einfluss auf diese Pilze haben. Die Unterschiede innerhalb der Äcker und Wiesen sind sicher teilweise auf lokale Bodeneigenschaften zurückzuführen wie pH-Wert, Humusgehalt oder Körnung.

Aussagen über einen Einfluss der Bewirtschaftung sind auf Grund der vorhandenen Daten nicht möglich. Dass der einzige biologisch wirtschaftende Betrieb im Ackerland die höchste Pilzdichte aufwies, kann mangels weiterer Daten von Biobetrieben als Zufall angesehen werden. In Wiesland existiert dieser Unterschied nicht, auch bei den Häufigkeitsverteilungen fallen die Werte dieses Betriebes nicht auf. Untersuchungen aus Deutschland (Kleespies *et al.* 1989) belegen allerdings, dass in Ackerböden von biologisch wirtschaftenden Betrieben insektenpathogene Pilze häufiger waren (67 % positive Proben) als in solchen von konventionell wirtschaftenden (32 % positive Proben). In den vorliegenden Untersuchungen erhielten wir mit den vergleichbaren Nachweismethoden im Durchschnitt 64 % positive Proben, was der Pilzhäufigkeit von Ackerböden deutscher Biobetriebe entspricht. Wie aus anderen Untersuchungen hervorgeht, sind Bö-

den aus der Schweiz grundsätzlich gut mit insektenpathogenen Pilzen besiedelt. Von 82 untersuchten Standorten wiesen nur deren drei keine auf. Zwei davon waren Aufschüttungen, beide waren interessanterweise stark von Engerlingen des Juni- und des Gartenlaubkäfers geschädigt (Keller *et al.* in Vorbereitung).

### Literatur

- Bovey, R. (Ed.), 1967. La défense des plantes cultivées. Verlag Payot, Lausanne. 847 S.
- BSF, 1997. Bodenbeobachtung im Kanton Bern - Ein physikalisch-biologisch-chemischer Ansatz. Bodenschutzfachstelle des Kantons Bern (BSF), Zollikofen. 177 S.
- Häni, F., Popow, G., Reinhard, H., Schwarz, A. und Tanner, K., 1997. Pflanzenschutz im integrierten Ackerbau. Landw. Lehrmittelzentrale Zollikofen, 4. Auflage. 384 S.
- Jossi, W. und Bigler, F., 1997. Auftreten und Schadenprognose von Drahtwürmern in Feldkulturen. *Agrarforschung* 4(4), 157-160.

- Keller, S., 1991. Pilzkrankheiten bei Schädlingen und ihre praktische Bedeutung. *Landw. Schweiz* 4 (5), 219-230.

- Kleespies, R., Bathon, H. und Zimmermann, G., 1989. Untersuchungen zum natürlichen Vorkommen von entomopathogenen Pilzen und Nematoden in verschiedenen Böden in der Umgebung von Darmstadt. *Gesunde Pflanzen* 41(10), 350-355.

- Meier, W., 1985. Pflanzenschutz im Feldbau. Huber Verlag Frauenfeld. 240 S.

- Strasser, H., A. Forer and F. Schinner, 1997. Development of media for the selective isolation and maintenance of virulence of *Beauveria brongniartii*. In: T.A. Jackson & T.R. Glare (eds.), *Proceedings of the 3rd International Workshop on Microbial Control of Soil Dwelling Pests*, February 21-23, 1996, AgResearch Lincoln, New Zealand. pp. 125-130.

- Zimmermann, G., 1986. The *Galleria* bait method for detection of entomopathogenic fungi in soil. *J. appl. Ent.* 102, 213-215.

### RÉSUMÉ

#### Le problème des taupins est-il un problème de champignon?

Les taupins, larves des élatéridés, causent de plus en plus de dégâts dans les grandes cultures, particulièrement dans les pommes de terre. Une cause possible est la régulation insuffisante par les populations naturelles de champignons. Pour examiner cette hypothèse en vue d'une lutte biologique à l'aide de champignons entomopathogènes, nous avons étudié des sols provenant de terres labourées et de prairies permanentes de huit localités du canton de Berne. Pour prouver la présence des champignons, nous avons utilisé des milieux sélectifs et la méthode d'appât à l'aide de *Galleria*. Les résultats démontrent la présence de champignons entomopathogènes de l'espèce *Metarhizium anisopliae* dans tous les sols examinés. Ce champignon attaque plusieurs espèces d'insectes, y compris les taupins et cause la maladie nommée «muscardine verte». Les sols des terres labourées contenaient dans tous les cas moins de *M. anisopliae*, que ce soit au niveau de la densité (colonies/g sol) ou de la fréquence (pourcentage d'échantillons de sol avec *M. anisopliae*). Ces différences significatives, qui sont probablement dues à l'usage de fongicides et d'insecticides, peuvent expliquer au moins partiellement le problème des taupins. Un autre champignon entomopathogène, *Beauveria bassiana*, a été trouvé à des faibles densités.

### SUMMARY

#### Is the wireworm problem a fungus problem?

Wireworms, the larvae of elaterid beetles, cause increasing problems in arable crops, especially in potatoes. A possible cause for this situation is an insufficient natural control. To check this hypothesis and in regard of a possible biological control with entomopathogenic soil fungi, we sampled and tested soils from arable land and adjacent meadows at eight locations in the canton Berne. To demonstrate the presence of these fungi we used selective media and the *Galleria* bait method. We found *Metarhizium anisopliae* in all soil samples. This fungus causes the green muscardine disease and attacks several species of insects including wireworms. In all cases soils from arable land had less *M. anisopliae* than soils from meadows. The differences were significant for the density (colony forming units/g soil) as well as for the frequency (percent positive soil samples). This differences may be the result of the use of insecticides as well as of fungicides. The low densities of *M. anisopliae* may partly explain the problems with wireworms. *Beauveria bassiana* was found at low densities as further entomopathogenic fungus.

**Key words:** Entomopathogenic soil fungi, *Metarhizium anisopliae*, natural occurrence, arable land, meadows.