

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt

Der entomopathogene Pilz *Beauveria brongniartii* (Sacc.) PETCH und Erfahrungen bei seinem Einsatz zur biologischen Bekämpfung von Feld- und Waldmaikäfer

The entomopathogenic fungus *Beauveria brongniartii* (Sacc.) PETCH and experiences in its use for biological control of the European field and forest cockchafer

Von Gisbert Zimmermann

Zusammenfassung

Der entomopathogene Pilz *Beauveria brongniartii* ist ein bedeutender Gegenspieler von Feld- und Waldmaikäfer, *Melolontha melolontha* bzw. *M. hippocastani*, und deren Engerlingen. Er wurde in der Vergangenheit häufig zur biologischen Bekämpfung dieser *Melolontha*-Arten eingesetzt und spielt bei den derzeitigen Maikäfer-Gradationen in verschiedenen Gebieten Deutschlands eine zunehmende Rolle als potentiellles Bekämpfungsmittel. In der vorliegenden Literaturübersicht werden Taxonomie und Morphologie des Pilzes, die Ökologie, seine Beziehung zu den beiden Maikäfer-Arten, das Vorkommen in Maikäfer-Populationen sowie bekannte Wirkungen auf die Nicht-Zielfauna besprochen. Anschließend werden die mittlerweile 100jährigen Erfahrungen beim Einsatz von *B. brongniartii* zur biologischen Bekämpfung des Maikäfers und seiner Engerlinge in Frankreich, Polen, der Schweiz, Italien (Südtirol) und in Deutschland geschildert.

Stichwörter: *Beauveria brongniartii*, Taxonomie, Morphologie, Ökologie, Vorkommen, Nicht-Zielfauna, biologische Bekämpfung, *Melolontha melolontha*, *M. hippocastani*

Abstract

The entomopathogenic fungus *Beauveria brongniartii* is an important antagonist of the European field and forest cockchafer, *Melolontha melolontha* and *M. hippocastani* respectively, and their grubs. In the past, the fungus was often used for biological control of both *Melolontha* spp. In connection with heavy outbreaks of these pest insects in Germany, the use of *B. brongniartii* for biological control is discussed again. In the following review, the taxonomy and morphology of the fungus, its ecology and relationship to *Melolontha* spp., the occurrence in cockchafer populations and known effects on non-targets are referred. Furthermore, experiences are reported on the practical use of *B. brongniartii* during the past 100 years in biological control of the two European cockchafer species and their grubs in France, Poland, Switzerland, Italy (South Tirol) and Germany.

Key words: *Beauveria brongniartii*, taxonomy, morphology, ecology, occurrence, non-targets, biological control, *Melolontha melolontha*, *M. hippocastani*

Nach einer etwa 30jährigen Latenzzeit haben sich die beiden Maikäfer-Arten, der Feldmaikäfer (*Melolontha melolontha* L.) und der Waldmaikäfer (*M. hippocastani* F.), seit etwa Mitte bis Ende der 80er Jahre vor allem im süddeutschen Raum wieder so stark vermehrt, daß gebietsweise Obstanlagen, Weinberge und Baumschulen bzw. Laubholzkulturen und Jungbestände stark geschädigt oder gar vernichtet worden sind (u. a. DUBBEL, 1991; FRÖSCHLE, 1994). Während sich die Massenvermehrung des Waldmaikäfers zur Zeit noch weitgehend auf Südhessen und Baden-Württemberg beschränkt, häufen sich die Schadensmeldungen über das Auftreten des Feldmaikäfers aus zahlreichen anderen Bundesländern.

Der Praxis bieten sich zur Zeit nur relativ wenige, erfolgversprechende Bekämpfungsmaßnahmen an, wobei grundsätzlich drei Möglichkeiten bestehen:

- Mechanisch [Absammeln der Käfer, Fräsen oder Pflügen des Bodens, Abdecken mit Netzen]
- Biologisch [Einsatz des Pilzes *Beauveria brongniartii* (nicht zugelassen)]
- Chemisch [Einsatz von Neem-Azal T/S® (nicht zugelassen), Rubitox® (nicht zugelassen) oder neuerdings Karate® (zugelassen)].

Da der Maikäfer in der breiten Bevölkerung eine große emotionale Bedeutung hat, sind Bekämpfungsaktionen meist grundsätzlich schwer zu begründen und noch schwieriger durchzuführen. Dabei tauchte immer wieder die Frage nach umweltschonenden, biologischen Verfahren auf, bei denen an erster Stelle der entomopathogene Pilz *Beauveria brongniartii* (Sacc.) PETCH genannt wird. Über die Anwendung dieses Pilzes gegen den Feld- und Waldmaikäfer ist in der Vergangenheit in verschiedenen Publikationen berichtet worden, wobei aber meist nur bestimmte zeitliche Abschnitte oder Aspekte berücksichtigt wurden (u. a. BLUNCK, 1939; KELLER, 1983; MÜLLER-KÖGLER, 1965; ZIMMERMANN, 1988, 1992). Die zum großen Teil positiven Erfahrungen mit *B. brongniartii* in den letzten Jahren in der Schweiz sowie in Südtirol haben auch in Deutschland zu einem verstärkten Interesse an diesem Pilz geführt. In der folgenden Arbeit sollen die Kenntnisse über *B. brongniartii*, seine Beziehung zu Maikäfer-Arten und die insgesamt bisher 100jährige Erfahrung mit diesem Pilz in der biologischen Bekämpfung als Grundlage für weitere Diskussionen und Untersuchungen zusammenfassend dargestellt werden.

Der Pilz *Beauveria brongniartii*

Taxonomie und Morphologie

Die Gattung *Beauveria* (Deuteromycotina, Hyphomycetes) umfaßt derzeit sieben Arten, unter denen *Beauveria brongniartii* (Sacc.) PETCH und vor allem *B. bassiana* (Bals.) VUILL. zu den bekanntesten und wichtigsten gehören. Daneben finden sich in der neueren Literatur noch folgende Arten: *B. amorpha* (VON HOEHNEL) SAMSON und EVANS, *B. caledonica* BISSETT und WIDDEN, *B. felina* (DC. per Fr.) CARMICHAEL, *B. vermiconia* DE HOOG und EVANS sowie *B. velata* SAMSON und EVANS. Der heute unter dem Namen *Beauveria brongniartii* bekannte Pilz ist vor etwa 100 Jahren von SACCARDO als *Botrytis brongniartii* beschrieben worden und hat seitdem zahlreiche andere Namen besessen. Die häufigsten waren *Botrytis melolonthae*, *Beauveria melolonthae*, *Beauveria densa* und *Beauveria tenella*. Häufig wurde die Art auch mit *Beauveria bassiana* gleichgesetzt oder synonymisiert. *B. brongniartii* unterscheidet sich von *B. bassiana* in erster Linie durch die länglich-ovalen Konidien, die nach DE HOOG (1972) eine Größe von etwa $2,5-4,5 (-6) \times 2,0-2,5 \mu\text{m}$ haben. Sie werden einzeln an einer zickzackförmigen Rhachis gebildet, die von der Konidienmutterzelle auswächst (Abb. 1). Kolonien wachsen zunächst weiß, später können sie sich gelblich-braun verfärben. Auf Sabouraud-Medium ist häufig bei frisch isolierten Stämmen eine durch die Substanz Oosporein verursachte, kirschrote Verfärbung des Nährmediums zu beobachten, die auch mit dem Pilz infizierte Engerlinge zeigen. Genauere Beschreibungen der Art liegen von MACLEOD (1954), DE HOOG (1972) und DOMSCH et al. (1993) vor. Als Hauptfruchtform wurde *Cordyceps brongniartii* beschrieben (SHIMAZU et al., 1988).

In den letzten Jahren sind einige Untersuchungen zur chemotaxonomischen und molekularbiologischen Charakterisierung der Gattung *Beauveria* und insbesondere von *B. brongniartii* durchgeführt worden (MUGNAI et al., 1989; NEUVÉGLISE et al., 1994; ST. LEGER et al., 1992; CRAVANZOLA et al., 1997). Sie haben u. a. auch die enge Verwandtschaft der beiden Arten *B. bassiana* und *B. brongniartii* aufgezeigt.

Ökologie

Auf die Bedeutung der **Temperatur** für die Entwicklung der Mykose ist mehrfach hingewiesen worden. AREGGER-ZAVADIL (1992) gibt einen Temperaturbereich für das Wachstum von 2°C – 33°C an. Das Optimum liegt bei 22°C – 25°C . Temperaturen über 27°C wirken sich auf die Dauer letal aus. Auch FERRON (1967a) nennt als optimale Temperatur 23°C , bei niedrigeren Temperaturen dauert die Inkubationszeit länger, die Mortalität ist aber letztendlich gleich. Bei 2°C kann der Pilz keimen, wachsen und auch von infizierten Engerlingen auswachsen (AREGGER-ZAVADIL, 1992). Eigene Beobachtungen bestätigen, daß *B. brongniartii* auch noch unter Kühlraumbedingungen ($+4^{\circ}\text{C}$) wachsen kann (ZIMMERMANN, unveröff.).

Bezüglich der **Bodenfeuchte** beobachtete SCHAEFFENBERG (1952), daß Engerlinge in feuchter Humuserde innerhalb weniger Wochen von *B. brongniartii* (*B. densa*) befallen waren, nicht aber die Engerlinge in Sandgefäßen. Daraufhin setzte er Versuche in Gartenerde und Sandboden an. Im feuchten Jahr war kein Unterschied der Verpilzungsrate zu beobachten, in trockenen Jahren lag die Verpilzung dagegen in Gartenerde bei 85–88 % und in Sandboden bei 19–24 %. Sein Fazit lautete: Die Wirkung ist in trockenen, sandigen Böden schlechter als in feuchten, hu-

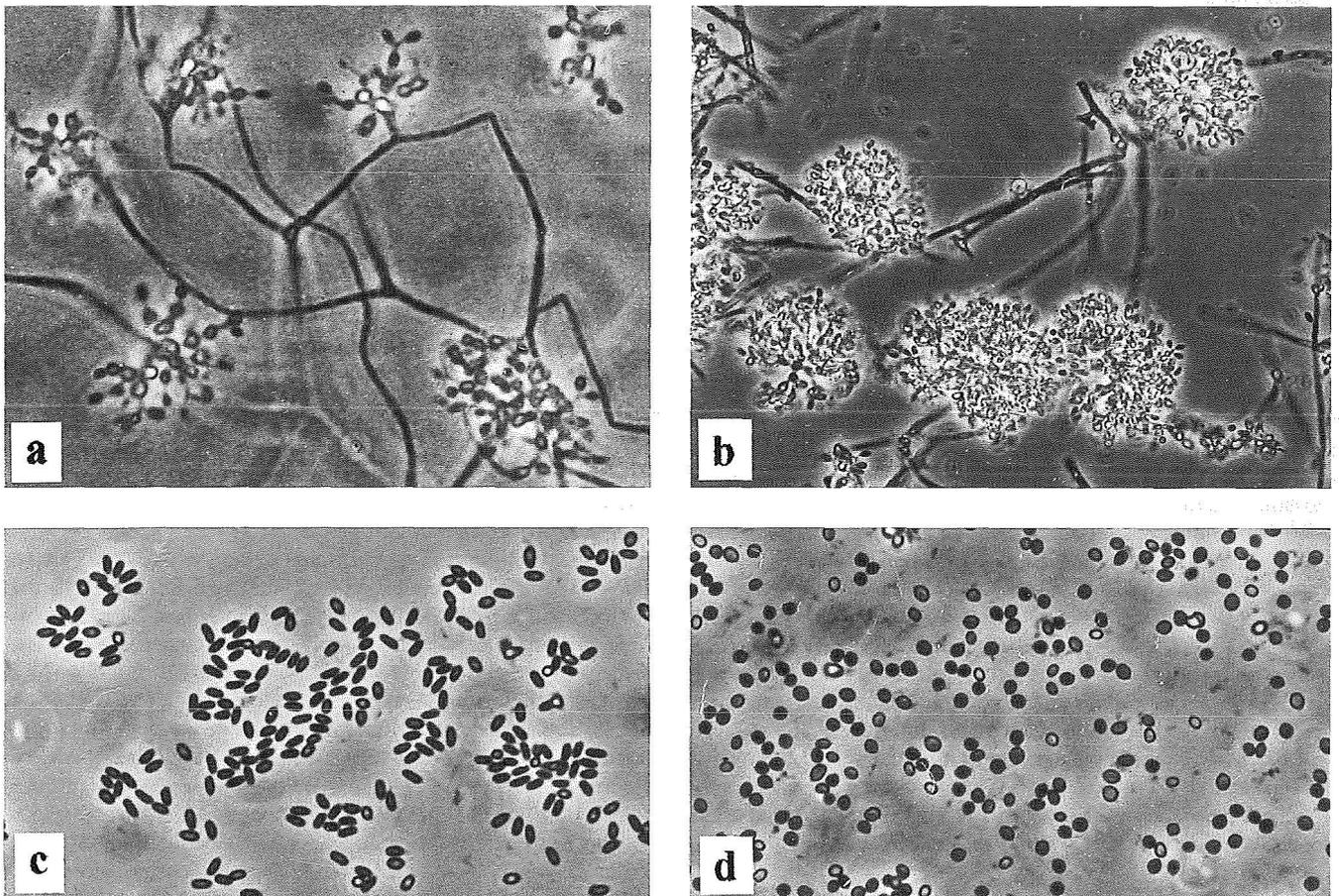


Abb. 1. *Beauveria brongniartii*, (a) Junge Konidienträger mit Konidien; (b) Büschelig angeordnete, ältere Konidienträger mit Konidien; (c) Konidien; (d) Konidien von *Beauveria bassiana* (Vergrößerung: a, c, d, 800 \times , b, 500 \times)

musreichen Böden. Er schlägt deshalb die Humifizierung von sandigen Böden vor. Den Einfluß der Sporendosis pro g Torf (10^2 , 10^4 , 10^6), Wassergehalt (150, 200, 250 cm³ Wasser pro 100 g trockenen Torf) und Temperatur (6, 10, 13, 20, 25 °C) untersuchte FERRON (1965). Er fand die höchste Mortalität bei 20 °C, größter Feuchtigkeit und höchster Dosis. Später stellte FERRON (1967a) fest, daß der Einfluß des Wassergehaltes im Boden auf die Infektion gering ist. AREGGER-ZAVADIL (1992) fand, daß das Mycel bei einer mittleren rel. Feuchtigkeit von 75 % am schlechtesten wächst. Bei 10 % Wassergehalt im Boden kann *B. brongniartii* wachsen, aber erst bei 20 % sporulieren.

Den **Einfluß des Bodens** auf das Auswachsen des Pilzes von Gerstenkörnern untersuchten KELLER et al. (1996). Ein Unterschied zwischen Wiesen- und Obstdböden wurde nicht nachgewiesen.

Zur **Verteilung und Lebensdauer** der Konidien von *B. brongniartii* liegen Untersuchungen von FORNALLAZ (1992) vor. Er fand, daß die Dispersion im Zentimeter-Bereich durch saprophytisches Wachstum um das verpilzte Wirtsinsekt sowie durch Wasser stattfindet, im Meter-Bereich eher durch Wanderungen infizierter Engerlinge. Eine vertikale Verfrachtung durch Niederschläge oder Bewässerung findet höchstens im Zentimeter-Bereich statt, so daß keine Gefahr für das Grundwasser besteht. Die Abbaurate des Pilzes im Boden in Abwesenheit von Engerlingen schätzt er auf etwa 1–1,5 Zehnerpotenzen pro Jahr. Bei Versuchen zur Lebensdauer von *B. bassiana* Konidien im Boden unter Freilandbedingungen stellten MÜLLER-KÖGLER und ZIMMERMANN (1986) eine Reduktion der Konidienzahlen innerhalb eines Jahres um etwa 2 Zehnerpotenzen fest.

Beziehung zu Maikäfer-Arten

B. brongniartii kommt nahezu regelmäßig in allen Maikäfer-Populationen vor. Nach FERRON (1967a) sind **alle Entwicklungsstadien empfindlich gegenüber *B. brongniartii***, wobei alte L₃ empfindlicher zu sein scheinen als L₂ und junge L₃. FORNALLAZ (1992) fand bei Infektion durch Eintauchen der Engerlinge in eine Konidien suspension eine mit dem Alter der Engerlinge abnehmende Sensibilität; bei Kontamination des Torfs in den Zuchtdosen war die Empfindlichkeit der einzelnen Stadien jedoch gleich. Das L₂-Stadium wird als optimaler Behandlungszeitpunkt erachtet. Um die Empfindlichkeit des Integuments für eine Pilzinfektion zu testen, führte DELMAS (1973) Versuche an Engerlingen durch, die mit 10⁵ Konidien/ml an verschiedenen Stellen der Kutikula behandelt wurden. Dabei zeigte sich, daß das Labium besonders geeignet für eine Infektion zu sein scheint; die Analregion, weniger empfindlich als das Labium, ist aber noch sensibler als die Thoracal- und Abdominaltergite. Die Zahl der auf Engerlingen (alte L₂) gebildeten Konidien von *B. brongniartii* wird mit $6,4 \pm 3,9 \times 10^9$ angegeben (AREGGER-ZAVADIL, 1992).

Untersuchungen zum Einfluß des **Engerlingsgewichts** auf die Empfindlichkeit gegenüber *B. brongniartii* wurden von FERRON et al. (1973) durchgeführt. Dabei spielte die Überlegung eine Rolle, daß der physiologische Zustand des Engerlings für eine Infektion von Bedeutung ist. L₃ wurden in Gewichtsklassen aufgeteilt und mit Konidien infiziert (1×10^6 , 5×10^6 , 1×10^7 pro g Torf, 20 °C). Es stellte sich jedoch heraus, daß zwischen Gewicht und Mortalität keine Korrelation bestand.

Auch die **Käfer** von *M. melolontha* sind anfällig gegenüber *B. brongniartii*. Nach FERRON (1972) lagen die Befallswerte im Freiland bei 7,5–15 %. KELLER (1978) beobachtete, daß die Infektion einen negativen Einfluß auf die Nachkommen hat, wie eine erhöhte, pilzbedingte Mortalität (von 5,9 auf 39,3 %), eine deutliche Vitalitätsreduktion und die Erhöhung einer unspezifischen Mortalität.

Von verschiedenen Autoren wurden immer wieder große Unterschiede in der **Virulenz** einzelner Stämme von *B. brongniartii* gegenüber beiden Maikäfer-Arten festgestellt (FERRON, 1967a; SCHWEIZER, mündl. Mitteilung; ZIMMERMANN, unveröff.), was eine sorgfältige Selektion hochvirulenter Isolate notwendig macht. Schwach virulente Stämme könnten bei Mischinfektionen oder unter Streßsituationen der Engerlinge zum Ausbruch kommen. So fällt bei der Haltung von Engerlingen im Labor immer wieder auf, daß Tiere noch nach 2–3 Monaten verpilzen, obwohl sie während der Zucht nachweislich nicht mit *B. brongniartii* in Kontakt gekommen sind (NIKLAS, 1960; ZIMMERMANN, unveröff.). In Versuchen zur Virulenzhaltung beobachteten FERRON et al. (1972) nach 10 Passagen eines Stammes von *B. brongniartii* durch *M. melolontha* und parallel auf einem semi-synthetischen Nährboden kein Nachlassen der Virulenz. Dennoch ist ein Passagieren des verwendeten Pilzstammes durch das Wirtsinsekt zur Erhaltung der Virulenz anzuraten.

Auch auf die **Beziehung zwischen *B. brongniartii* und anderen Maikäfer-Pathogenen** soll hier kurz eingegangen werden. Der Gedanke, durch Kombination von Pathogenen zu einer Wirkungsverbesserung zu gelangen, wurde bereits Anfang der 50er Jahre durch WIKÉN et al. (1954) und später durch WILLE et al. (1962) in der Schweiz geprüft (siehe später). Auf die Bedeutung des Gesundheitszustands von Engerlingen bei einer Pilzinfektion wiesen dann FERRON und HURPIN (1974) hin. Mischinfektionen wurden mit einem Entomopoxvirus und *B. brongniartii* durchgeführt. Bei Vorhandensein einer Virusinfektion stieg die Empfindlichkeit gegenüber der Mykose, besonders bei niedriger oder mittlerer Sporendosis. Synergistische Wirkungen zwischen dem Pilz und *Bacillus popilliae* DUTKY (FERRON, 1969) sowie *B. brongniartii* und der Protozoe *Pseudomonocystis* sp. (MARCHAL, 1976) wurden meist in Laborversuchen beobachtet, ließen sich aber leider im Freiland nicht bestätigen. Interessant ist die Beobachtung von TRZEBITZKY (1994) bei Waldmaikäfer-Engerlingen, daß auf jeden starken Rickettsienbefall eine Erhöhung der *Beauveria*-Infektion folgte. Rickettsiöse Engerlinge wurden auch regelmäßig von *B. brongniartii* infiziert.

Vorkommen in Maikäfer-Populationen

Bereits 1892 veröffentlichte GIARD ein 112 Seiten starkes Buch über „*Isaria densa*, den parasitischen Pilz des Feldmaikäfers“, mit ausführlichen Beschreibungen zum Vorkommen, zur Taxonomie und zum Einsatz als biologisches Bekämpfungsmittel. Er faßte auch das Wissen der damaligen Zeit zusammen.

In Deutschland publizierte BLUNCK (1938, 1939) die ersten zusammenfassenden Arbeiten über die natürlichen Feinde und Krankheiten des Maikäfers und seiner Engerlinge. In seiner Arbeit von 1939 werden die bisherigen Kenntnisse zum Vorkommen von *B. brongniartii*, damals noch als *B. densa* bezeichnet, und die damit bei der biologischen Bekämpfung in Frankreich gewonnenen Erfahrungen zusammengefaßt. Danach wies bereits LE MOULT auf den epidemischen Charakter des Auftretens von *B. brongniartii* hin und beschrieb den Zusammenbruch von Engerlingspopulationen in Frankreich um 1890. Zwischen 1880 und 1890 scheint der Befall mit dem Pilz in ganz Mitteleuropa stark gewesen zu sein, dann erfolgte eine Abnahme parallel zum Rückgang der Maikäfer. Erst in den 30er Jahren wurde der Pilz wieder häufiger in den wachsenden Maikäfer-Populationen angetroffen. BLUNCK (1939) weist darauf hin, daß die Maikäfer-Plage mit zunehmendem Pilzbefall zurückging, und nicht selten verursachte *B. brongniartii* einen Befall von 60–70 %. Nach BLUNCK „ist angesichts so vieler Beispiele nicht daran zu zweifeln, daß *B. densa* die Populationsdichte von *M. melolontha* erheblich dezimieren kann“. Er beobachtete auch, daß der Pilz sämtliche Ent-

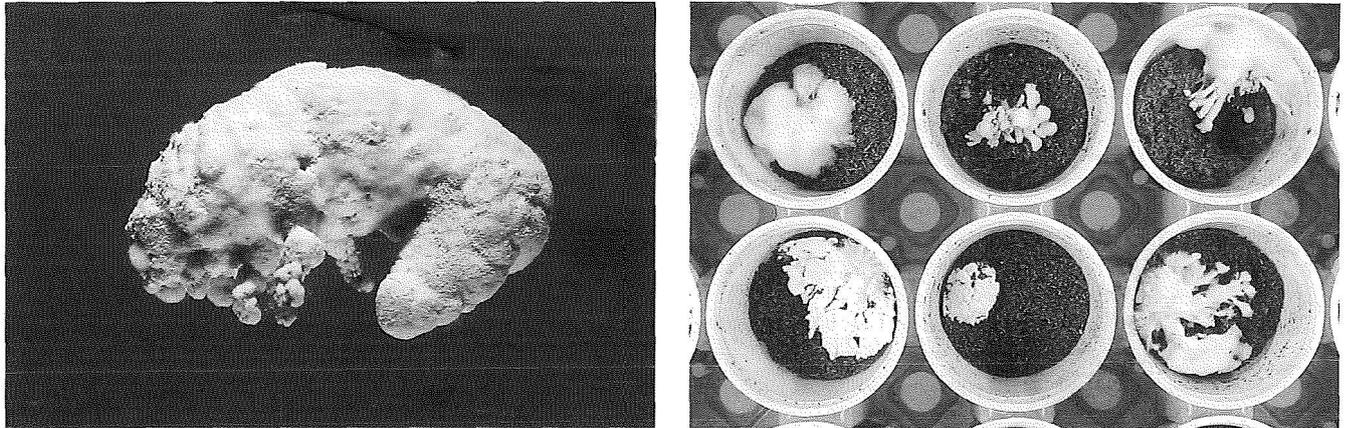


Abb. 2. Mit *Beauveria brongniartii* verpilzter Waldmaikäfer-Engerling (links) und verschiedene Wuchsformen von *B. brongniartii* bei natürlich infizierten Waldmaikäfer-Engerlingen (rechts) (Vergrößerung links 1,5 \times , rechts 0,4 \times)

wicklungsstadien, einschließlich der Eier, befällt, und daß in feuchten Böden 5–6 cm, manchmal bis zu 10 cm, lange Hyphenstränge aus verpilzten Engerlingen auswachsen (Abb. 2). Verpilzte Tiere waren eher in oberen Bodenschichten, aber auch bis zu einer Tiefe von 40–50 cm zu finden.

Mit dem erneuten Auftreten des Maikäfers in den 50er und 60er Jahren tauchten die nächsten Berichte über natürliche Gegenspieler von Feld- und Waldmaikäfer auf. HURPIN und VAGO (1958) stellten fest, daß Pilze, wie *Beauveria* spp. zu den wichtigsten Begrenzungsfaktoren gehören. Ausgiebige Untersuchungen zu den Mortalitätsfaktoren beim Waldmaikäfer führte NIKLAS (1960) im Raum Lampertheim (Süd-Hessen) durch. Er gibt eine durchschnittliche Verpilzungsrate von 13,4 % an.

Später beobachtete FERRON (1972), daß *B. brongniartii* (*B. tenella*) neben Engerlingen auch regelmäßig die Imagines infiziert. Der Freilandbefall lag im Schnitt bei 10,4 %. Dabei waren Käfer, die aus vormals behandelten Parzellen kamen, wesentlich häufiger verpilzt als solche aus Kontrollen.

In der Schweiz führte KELLER (1974) ausgiebige Untersuchungen über die Krankheiten des Maikäfers durch. *B. brongniartii* (*B. tenella*) wird als der wichtigste, englerlingspathogene Mikroorganismus in den meisten Populationen bezeichnet. FORNALLAZ (1992) beschrieb eine natürliche Epizootie im Kanton Thurgau mit Verpilzungsraten bis zu 60 %.

Mit dem wachsenden Vorkommen des Wald- und Feldmaikäfers in Süddeutschland etwa ab Mitte der 80er Jahre fanden auch hier die ersten Arbeiten zur Populationsentwicklung statt. Im Forstbezirk Karlsruhe-Hardt (Baden-Württemberg) wurde eine mittlere Verpilzungsrate von 24,4 % festgestellt (ALBERT et al. 1988). Im östlichen Teil der Population war zwischen 1987 und 1991 ein deutlicher Rückgang zu beobachten, im westlichen Teil dagegen nicht (SCHMID-VIELGUT et al., 1992). Dies wird mit unterschiedlichen Durchseuchungsgraden durch Pathogene erklärt. Im Osten betrug die Infektion mit der sog. Lorsch Seuche, *Rickettsiella melolonthae* (KRIEG) PHILIP, bis zu 38 % und mit *B. brongniartii* bis zu 36 %, im Westen lagen dagegen die Werte bei 21 % bzw. 10 %. Nach Untersuchungen von TRZEBITZKY (1994) in denselben Waldmaikäfer-Populationen bei Karlsruhe erwiesen sich *R. melolonthae* und *B. brongniartii* als die häufigsten, natürlichen Begrenzungsfaktoren. Verpilzte Engerlinge wurden am häufigsten in mittleren Tiefen von 20–25 cm gefunden. Auch in kürzlich durchgeführten Untersuchungen über das Vorkommen von Pathogenen in Waldmaikäfer-Populationen im Forstamt Lampertheim sowie im Stadtwald Darmstadt wurden in je drei Abteilungen Verpil-

zungsdaten zwischen 11,0 und 21,3 % bzw. 0 und 7,4 % festgestellt (ZIMMERMANN et al., unveröff.).

Wirkungen auf die Nicht-Zielfauna

Schon bei dem ersten Großversuch in der Schweiz in den 80er Jahren mit Blastosporen von *B. brongniartii* gegen den Feldmaikäfer auf 89 ha war die Frage der Nebenwirkungen auf Nicht-Zielorganismen von großer Bedeutung. Nach Applikation von $2,6 \times 10^{14}$ Blastosporen/ha wurden insgesamt 10 165 Insekten und Spinnen untersucht (BALTENSWEILER und CERUTTI, 1986). Nur 1,1 % davon waren mit *B. brongniartii* infiziert. Die höchsten Infektionswerte traten bei folgenden Gruppen auf: Spinnen (3,1 %), Wanzen (7,5 %), Zikaden (8,2 %), Rüsselkäfer (12,2 %) und Fliegen (7,5 %). Die Anwendung des Pilzes wird als selektiv bezeichnet.

Weitere Untersuchungen zu Nebenwirkungen wurden wenig später bei einem Großversuch im Forstbezirk Karlsruhe-Hardt durchgeführt. Auf der *Beauveria*-Versuchsfläche führte dies zu folgenden Ergebnissen:

- (1) Keine Erhöhung der Vogelverluste (tote Jungvögel) (HAVELKA und RUGE, 1988),
- (2) Keine Schäden an Honigbienen-Völkern (WALLNER, 1988),
- (3) Keine schädlichen Nebenwirkungen auf die Waldameise *Formica polyctena* (DOMBROW, 1988),
- (4) Folgende Befallszahlen bei insgesamt 1671 gesammelten Nicht-Zielorganismen: Die höchsten Verpilzungsdaten wurden bei solchen Arten gefunden, die einen Tag nach der Bekämpfung gesammelt wurden. Hier lag die Infektionsrate bei 7,6 % für den Bereich der oberen Krone, bei 19,4 % für die untere Krone und bei 4,7 % für die Strauchschicht. Insgesamt waren 3,4 % aller nach der Behandlung gesammelten Tiere von *B. brongniartii* befallen, vor allem aus den Ordnungen Araneae, Thysanoptera, Homoptera, Coleoptera und Lepidoptera (BACK et al., 1988).

ARREGGER-ZAVADIL (1992) überprüfte die Wirkung gegen 5 verwandte Scarabaeiden-Arten. Nur Engerlinge von *Phyllopertha horticola* L. verpilzten an *B. brongniartii*. Regenwürmer (*Lumbricus terrestris* L.) überlebten in mit Konidien infizierten Erdproben. Auch infiziertes Futter wurde problemlos angenommen. Mit Fäzes ausgeschiedene Konidien konnten anschließend in den Erdproben wieder nachgewiesen werden, so daß der begründete Verdacht besteht, daß Regenwürmer als Vektoren und Verbreiter von *B. brongniartii* dienen.

Biologische Bekämpfung mit *Beauveria brongniartii*

Erste Erfahrungen (1900–1955): Frankreich, Polen und Schweiz

Bereits gegen Ende des vorigen Jahrhunderts sind in Frankreich von LE MOULD, GIARD und DELACROIX zahlreiche Versuche zur biologischen Bekämpfung von *Melolontha* spp., vorwiegend deren Engerlinge, angestellt worden, über die BLUNCK (1939) ausgiebig berichtet hat. Die Ergebnisse waren sehr unterschiedlich und nicht sehr ermutigend, so daß BLUNCK einer künstlichen Auslösung von Epizootien skeptisch gegenüberstand.

Erste größere Versuche in Polen zur indirekten Bekämpfung von Engerlingen beschrieb KARPINSKI (1950). Er hatte die Idee, schwärmende Weibchen mit *B. brongniartii* (*B. densa*) zu behandeln und sie als Vektor zu benutzen, um auf diese Weise den Pilz in den Boden zu bringen, damit Eier und Junglarven infiziert werden. So wurde 1935 der Waldmaikäfer auf etwa 21 ha Waldfläche mit einem Sporen-Talk-Staub behandelt. Bei einer ersten Kontrolle in verschiedenen Parzellen wurden 38,6–87 % verpilzte Käfer gefunden. Probegrabungen zeigten aber keine höheren Verpilzungsraten in den behandelten Parzellen. Ergänzende Laborversuche und ein Freilandversuch unter Netz ergaben, daß infizierte Käfer offensichtlich keine Eier mehr ablegen. Der große Freilandversuch verlief jedoch negativ, was möglicherweise mit einer zu geringen Sporenkonzentration zusammenhing, obwohl die Verpilzungsraten der Käfer erstaunlich hoch war. Vielleicht ist aber auch der größte Teil der Käfer auf der Erde und nicht in der Erde verpilzt, so daß das Pathogen nicht an die Nachkommen weitergegeben werden konnte.

Im Jahr 1949 wurde in der Schweiz mit Arbeiten zur mikrobiologischen Bekämpfung des Feldmaikäfers begonnen (WIKÉN et al., 1954). Diese umfaßten Laborversuche mit pathogenen Bakterien, Pilzen und Viren. 1953 wurden Feldversuche mit Pathogenen gegen Engerlinge in den Basler, Berner und Urner Fluggebieten gestartet. Eingesetzt wurden nicht näher bestimmte, stäbchenförmige und sporenbildende Bakterien sowie sehr wahrscheinlich *B. brongniartii* (Pilz nicht genau bestimmt). Die Größe der behandelten Parzellen betrug 200 m². Die Behandlung erfolgte mit einer Gießkanne bei folgenden Konzentrationen: 3 l/m²; 17 × 10⁶ und 30 × 10⁶ Bakteriensporen sowie 5 × 10⁶ Konidien pro ml d. h. 5 × 10¹⁰ bzw. 9 × 10¹⁰ Bakteriensporen und 1,5 × 10¹⁰ Konidien/m². Kombinationsversuche mit beiden Pathogenen enthielten 8,5 × 10⁶ Bakterien und 2,5 × 10⁶ Konidien, also jeweils die Hälfte der allein verwendeten Pathogene. Die Wirksamkeit der Bakterien und des Pilzes lag nach 7–15 Wochen zwischen 41,8 und 59,4 % bzw. 33,7 und 65,6 %. Bei gleichzeitiger Impfung mit beiden Organismen konnte eine Wirksamkeit von 37,5–49,3 % festgestellt werden, also kein synergistischer Effekt. Weitere Freilandversuche auf frisch gemähten Naturwiesen wurden 1954/55 von WILLE et al. (1962) durchgeführt. Zwei pathogene Bakterienstämme, Stamm A₁ (Sporen) und Stamm 175 (Kokken), sowie ein Pilzisolat aus der *Beauveria*-Gruppe wurden in mehreren Freilandversuchen getestet. Die Konzentrationen lagen bei 5 × 10¹⁰ bis 6 × 10¹¹ Bakterien/m² und 4 × 10⁹ Konidien/m². Die erste Erfolgskontrolle des Feldversuchs im Herbst 1954 ergab folgendes: Wirksamkeit von Stamm A₁ 31,8–51,7 %. Bei dem Pilz betrug die Wirkung in einem Versuch 56,1 %, in den vier anderen nicht mehr als 20 %. Bei der zweiten Kontrolle im Frühjahr 1955 betrug die Wirksamkeit bei Stamm A₁ 37,5–66,9 %, bei dem Pilz 23,9–64,7 %. Der Feldversuch 1955 erbrachte ähnliche Ergebnisse.

Erfahrungen in Frankreich (1960–1980)

HURPIN und ROBERT (1972) führten ausgiebige Freilandversuche gegen den Feldmaikäfer auf Wiesen durch (Parzellengröße

16 m²) und prüften die Eignung folgender Pathogene zur mikrobiologischen Bekämpfung: *Bacillus popilliae*, *Rickettsiella melolonthae*, *Entomopoxvirus melolonthae* HURPIN und VAGO, *Adelina melolontha* TUZET, VAGO, ORMIÈRE und ROBERT (*Coccidiose*) und *Beauveria brongniartii* (*B. tenella*). Die Entwicklung der Engerlingspopulation wurde anschließend 4 Jahre lang untersucht. Die Versuche zeigten, daß *B. brongniartii* die größte Wirkung besitzt und am aussichtsreichsten ist. Gleichzeitig hatte bereits FERRON (1967b) Konidien sowie Blastosporen von *B. brongniartii* gegen L₂ von *M. melolontha* im Freiland eingesetzt. Die Wirkung war konzentrationsabhängig. Bei Anwendung von 2 × 10¹¹ Konidien pro m² stieg die Verpilzung nach 4 Monaten auf 76 % im Gegensatz zu 35 % nach 12 Monaten bei 2 × 10¹⁰ Sporen/m². Zwischen der Anwendung von Blastosporen und Konidien (2 × 10¹⁰/m²) war kein großer Unterschied.

Als erster führte FERRON (1970, 1971a, 1971b) Labor- und später Freilandversuche zur Kombination von *B. brongniartii* mit reduzierten Aufwandmengen von Insektiziden durch, um durch Schwächung der Engerlinge die Entwicklung einer Pilzepizootie zu fördern. Bei 5 × 10⁵ Konidien pro g Torf und 1/4 der praxisüblichen HCH-Konzentration war die Verpilzungsraten bei L₃ nach 3 Monaten viermal so hoch wie bei dem Pilz allein (FERRON, 1970). Laborversuche mit reduzierten Dosen von Parathion und Trichloronate bei niedrigen Konzentrationen von 5 × 10⁴ Sporen pro g Torf führten zu einem deutlichen Anstieg der Mykose von 48 % bis 84 % bei Parathion und 56 % bis 72 % bei Trichloronate (FERRON, 1971a). Auf Grund seiner Erfahrungen schlägt FERRON (1971b) vor, *B. brongniartii* mit reduzierten Dosen von Insektiziden anzuwenden. So könnte die Aufwandmenge des Pilzes um etwa 90 % reduziert werden. Allerdings führten Freilandversuche später offensichtlich nicht zu dem gewünschten Erfolg (FERRON, 1974, 1977). Seine Erfahrungen faßte er 1983 dahingehend zusammen, daß eine Epizootie auch durch Applikation von *B. brongniartii* allein ausgelöst werden kann.

Erfahrungen in der Schweiz und in Italien (Südtirol) (1976–1996)

Mitte der 70er Jahre wurde in der Schweiz eine beginnende Gradation des Feldmaikäfers in mehreren Kantonen beobachtet. Dies führte in der Folgezeit zu zahlreichen Bekämpfungsversuchen mit dem Pilz *B. brongniartii*, über die von KELLER (1983, 1989) und KELLER et al. (1979, 1986, 1992, 1997) ausführlich berichtet wurde.

Bei diesen Versuchen verfolgte man zwei Strategien: (1) Behandlung schwärmender Käfer mit Blastosporen des Pilzes in Anlehnung an die Versuche von KARPINSKI (1950) und (2) Bodenbehandlung mit pilzbewachsenen Gerstenkörnern gegen Engerlinge. Die erste Methode hatte folgende Zielrichtungen: (1) Direkte Abtötung der Käfer, (2) Reduktion der Fertilität überlebender Käfer und (3) Einschleusung des Pathogens in den Boden durch infizierte Weibchen und dadurch erhöhte Mortalität der Nachkommen.

Die ersten Versuche gegen *M. melolontha* wurden 1976 durchgeführt (KELLER et al., 1979). Waldränder wurden zweimal mit Blastosporen behandelt (5 × 10⁸ und 6 × 10⁸ /ml, das entspricht 2,3 × 10¹³ und 2,6 × 10¹³ pro ha). Die Käfermortalität nach Laborbeobachtung lag bei 69 % und 85 %, die natürliche Verpilzung bei 1,9 bzw. 3,6 %. Die Mortalität der Larven im Freiland war mit 16 % (L₂) und 32 % (L₃) ungenügend. Ein Zusammenbruch der behandelten Population trat dann erst in der nachfolgenden, zweiten Generation ein (KELLER, 1983).

Das Gesamtergebnis dieser und zwei weiterer Großversuche von 1985 und 1988 wurde zuletzt von KELLER et al. (1997) wie folgt zusammengefaßt: Blastosporen von *B. brongniartii*, formuliert mit 1 % Milchpulver, wurden per Helikopter auf schwär-

mende Käfer an Waldrändern (26 Orte) versprüht. Die mittlere Dosis lag bei $2,0\text{--}3,7 \times 10^{14}$ Sporen/ha, die Aufwandmenge etwa bei 370 l/ha. Die Infektionsrate der behandelten Käfer lag zwischen 30 und 99 %. Die Entwicklung der Population wurde dann durch Engerlingsgrabungen auf Wiesen 6 bzw. 9 Jahre lang, d. h. 2–3 Generationen, verfolgt. Es zeigte sich, daß die Maikäferpopulation an 13 Orten um mehr als 50 % reduziert wurde und an 4 Orten um mehr als 80 %. Nur bei 2 Orten blieb die Populationsdichte trotz Pilzeinsatz hoch.

Trotz der langfristig gesehen positiv verlaufenden Blastosporen-Versuche haben diese doch auch verschiedene Schwierigkeiten und Nachteile, auf die noch abschließend eingegangen wird. Deshalb hat man sich in der Schweiz auch frühzeitig mit der Bodenapplikation des auf Gerstenkörnern produzierten Pilzes beschäftigt (FORNALLAZ, 1992; KELLER et al., 1992). Die Ausbringung auf Wiesen und vor allem in Obstanlagen erfolgte meist mit Zahnriillen-Sämaschinen, wobei anfangs 90–120 kg pro ha (KELLER et al., 1992), zur Zeit jedoch nur 30–50 kg Pilz-Körner in den Boden eingebracht werden. Dieses Verfahren hat sich mittlerweile in der Schweiz durchgesetzt und zu guten Bekämpfungserfolgen geführt (KELLER, persönl. Mitt.).

Der Pilz *B. brongniartii* ist seit Ende 1990 in der Schweiz als Pflanzenschutzmittel zugelassen und seit 1991 im Handel. Er wird von den Firmen Andermatt Biocontrol AG als „Engerlingspilz“ und Eric Schweizer Samen AG als „BEAVERIA SCHWEIZER“ vermarktet.

Zu Beginn der 80er Jahre setzte in Südtirol ein massives Auftreten des Feldmaikäfers ein, der sich anschließend auf etwa 6000 ha, vorwiegend Obstanlagen, ausbreitete (ZELGER, 1996). Entsprechend den Schweizer Erfahrungen wurden 1989 zum ersten Mal Blastosporen gegen fliegende Käfer eingesetzt. Trotz hohen Pilzbefalls der Imagines war die Wirkung gegen die Engerlinge nicht ausreichend. Aus diesem Grund wurde ab 1989/1990 zunehmend mit pilzbewachsenen Gerstenkörnern gearbeitet: Etwa 80 % der gesamten Anbaufläche wurde mit einer Aufwandmenge von 30 kg/ha behandelt. Trotz geringer Initialwirkung erreichte man eine gute Langzeitwirkung am Ende der Generation mit Verpilzungsraten bis zu 50 %. Da diese Wirkung bei starkem Befall allein meist nicht ausreicht, wird in Südtirol noch zusätzlich der Einsatz von Netzen propagiert (ZELGER, 1996).

Erfahrungen in Deutschland (1988–1996)

In Deutschland setzten die ersten Meldungen über das erneute Auftreten des Feld- und Waldmaikäfers etwa Mitte der 80er Jahre ein, nachdem der Maikäfer nach der bekannten, längeren Latenzphase gelegentlich bereits von der Presse als ausgestorben und daher museumsreif bezeichnet worden war. Die Gradation des Waldmaikäfers in Karlsruhe-Hardt begann 1983 und führte 1987 zu einem ersten Großversuch, bei dem auch u. a. eine Blastosporensuspension von *B. brongniartii* gegen fliegende Käfer eingesetzt wurde (ALBERT und FRÖSCHLE, 1988; SCHMID-VIELGUT et al., 1992). Auf etwa 40 ha wurde der Pilz auf schwärmende Käfer mit Hilfe eines Hubschraubers bei einer Dosis von $1,5\text{--}2,8 \times 10^{14}$ Sporen/ha und 80–150 l Wasser/ha unter Zusatz von 0,8 % Magermilchpulver ausgebracht. Vor der Behandlung lag der Pilzbefall der Käfer bei 2–27 %, nach der Sporenapplikation bei etwa 50 %. Die weitere von SCHMID-VIELGUT et al. (1992) durchgeführte Untersuchung ergab dann 1991 eine Verpilzungsrate bei Engerlingen von 38 %. Der Wirkungsgrad seit der Eiablage, verglichen mit der Kontrolle, wird mit insgesamt 84 % angegeben. Bodenbehandlungen mit Konidien führten innerhalb von 2 Jahren zu Verpilzungsraten bis 40 %.

In dem gleichen Forstbezirk schildert TRZEBITZKY (1994) einen Bekämpfungsversuch mit zweimaliger Applikation von

Blastosporen (2×10^{14} Sporen/ha) gegen Käfer auf 5,4 ha Eichenstangenholz. Obwohl er keine Verhinderung der Eiablage beobachtete, stellte er eine hohe Mortalität von 45 % bei den L_1 fest. Ein starker *Beauveria*-Befall trat dann bei L_3 auf, so daß bei der Folgegeneration nur etwa 20 % der Käfer, verglichen mit unbehandelten Flächen, schlüpfen, was einem Wirkungsgrad von insgesamt 90 % innerhalb einer Generation entspricht.

Im Jahr 1994 wurde ein Großversuch gegen *M. hippocastani* im Forstamt Lampertheim (Südhessen) durchgeführt. Auf etwa 2,6 ha wurden Käfer mit Blastosporen von *B. brongniartii* besprüht. Leider konnte keine Wirkung auf Käfer und Engerlinge nachgewiesen werden, da die verwendete Pilzbiomasse nicht mehr hinreichend aktiv war (ROHDE und BRESSEM, 1996).

In den letzten Jahren wurden vor allem in Baden-Württemberg auch zahlreiche Versuche mit *B. brongniartii* gegen den Feldmaikäfer durchgeführt, wobei vorwiegend mit Pilz-Körnern gearbeitet wurde. Die Versuche haben insgesamt zu unterschiedlichen Ergebnissen geführt (FRÖSCHLE, persönl. Mitteilung).

Schlußbetrachtung

Die bisherigen Arbeiten über *B. brongniartii* haben gezeigt, daß dieser entomopathogene Pilz ein nahezu regelmäßig, natürlich vorkommender Gegenspieler bei beiden Maikäfer-Arten ist, und daß er nachgewiesenermaßen zu Retrogradationen und sogar zum Zusammenbruch von Engerlingspopulationen führt. Wie aus den zahlreichen Bekämpfungsversuchen mit dem Pilz in der Vergangenheit hervorgeht, ist jedoch sein Einsatz als biologisches Bekämpfungsmittel nicht immer erfolgreich gewesen und mit verschiedenen Schwierigkeiten behaftet. Auf einige kritische Punkte bei der Anwendung ist bereits von FERRON (1974, 1983) hingewiesen worden. Dazu gehören eine geeignete Applikationstechnik, insbesondere bei der Bodenapplikation, die Selektion hochvirulenter Pilzstämmen, die Dosis, ein standardisiertes Sammel- und Diagnosesystem sowie allgemein die Freilandverhältnisse. Auf den Einfluß der Bodenfeuchtigkeit und Temperatur für die Entwicklung der Mykose wiesen bereits BLUNCK (1939) und SCHAERFFENBERG (1952) hin. Diese Punkte gelten auch heute noch uneingeschränkt.

Über die Vor- und Nachteile der Verwendung von Blastosporen gegen die Käfer liegen verschiedene Beobachtungen vor (u. a. KELLER et al., 1997). Ein grundsätzlicher Nachteil der verwendeten Blastosporen-Suspensionen war bisher immer, daß es sich dabei nur um unzulänglich formulierte und daher nicht lagerfähige Versuchsprodukte handelte. Hinzu kommt, daß die Anwendung meist an einen Hubschraubereinsatz gebunden ist, was zwar bei der Verwendung gegen den Feldmaikäfer an Waldrändern noch möglich ist, aber bei einem großflächigen Einsatz gegen den Waldmaikäfer logistisch zu Schwierigkeiten führt. Zudem machen Wetterverhältnisse und ein zeitlich verzerrter Flug solche Bekämpfungsaktionen oft zu einem Glücksspiel. Abschließend muß man auch die Probleme bei der Wirkungssicherheit und die meist erst in der Folgegeneration eintretende Wirkung erwähnen.

Die Verwendung der mit *B. brongniartii* bewachsenen Gerstenkörner gegen Engerlinge im Boden hat zwar in der Schweiz und in Südtirol zu beachtlichen Bekämpfungserfolgen geführt, ist aber auch nicht frei von Problemen. Wichtig ist eine sorgfältige Einbringung in die oberste Bodenschicht mit dazu geeigneten Geräten, was sicher nicht überall möglich ist. Damit ist eine Anwendung gegen den Feldmaikäfer in Wiesen, Obstanlagen und eventuell auch in Weinbergen möglich, nicht aber gegen den Waldmaikäfer in dichten Baumbeständen, mit Ausnahme von Wiederaufforstungsflächen. In Obstanlagen ist zudem ein direkter Schutz des Wurzelballens wegen der mit der Einarbeitung der

Pilz-Körner in den Boden verbundenen Zerstörung der Feinwurzeln nicht möglich. Auch ist bei diesem Verfahren zu beachten, daß es sich eher um eine Langzeitwirkung handelt.

Eine vordringliche Aufgabe in der nächsten Zeit ist es, neue, standardisierte Versuchspräparate mit hochvirulenten Stämmen zu entwickeln, um neben einer Wirkungsoptimierung vor allem die Wirkungssicherheit zu verbessern. Auch über neue Bekämpfungsstrategien sollte nachgedacht werden, damit eine sichere, umweltgerechte, biologische Bekämpfung der beiden Maikäfer-Arten möglich ist.

Literatur

- ALBERT, R., M. FRÖSCHLE, 1988: Einfluß einer Hubschrauber-Applikation von *Beauveria brongniartii*-Blastosporen auf den Gesundheitszustand der Waldmaikäfer-Populationen im Forstbezirk Karlsruhe-Hardt. Mitt. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg/B., H. 132, 87–94.
- ALBERT, R., M. FRÖSCHLE, A. M. HUGER, G. ZIMMERMANN, 1988: Untersuchungen über Mortalitätsfaktoren von Maikäferpopulationen im Forstbezirk Karlsruhe-Hardt im Frühjahr 1987. In: Mitt. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg/B., H. 132, 77–85.
- AREGGER-ZAVADIL, E., 1992: Grundlagen zur Autökologie und Artspezifität des Pilzes *Beauveria brongniartii* (Sacc.) PETCH als Pathogen des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.). Dissertation ETH-Zürich, 153 S.
- BACK, H., B. SPREIER, D. NÄHRIG, U. THIELEMANN, 1988: Auswirkungen des Waldmaikäferbekämpfungsversuches im Forstbezirk Hardt 1987 auf die Arthropodenfauna. Mitt. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg/B., H. 132, 141–154.
- BALTENSWELER, W., F. CERUTTI, 1986: Bericht über die Nebenwirkungen einer Bekämpfung des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.) mit dem Pilz *Beauveria brongniartii* (Sacc.) PETCH auf die Arthropodenfauna des Waldrandes. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 59, 267–274.
- BLUNCK, H., 1938: Feinde und Krankheiten der Maikäfer. Z. Pflanzenkr. (Pflanzenpath.) und Pflanzenschutz 48, 488–507.
- BLUNCK, H., 1939: Natürliche Feinde und biologische Bekämpfung der Maikäferengerlinge. Z. Pflanzenkr. (Pflanzenpath.) und Pflanzenschutz 49, 338–381.
- CRAVANZOLA, F., P. PIATTI, P. D. BRIDGE, O. I. OZINO, 1997: Detection of genetic polymorphism by RAPD-PCR in strains of the entomopathogenic fungus *Beauveria brongniartii* isolated from the European cockchafer (*Melolontha* spp.). Letters in Appl. Microbiology 25, 289–294.
- DE HOOG, G. S. 1972: The genera *Beauveria*, *Isaria*, *Tritirachium* and *Acrodontium* gen. nov. Studies in Mycology 1, 41 S.
- DELMAS, J.-C., 1973: Influence du lieu de contamination tégumentaire sur le développement de la mycose à *Beauveria tenella* (Delacr.) Siemaszko (Fungi imperfecti) chez les larves du coléoptère *Melolontha melolontha* L. C. R. Acad. Sc. Paris, Série D, 277, 433–435.
- DOMBROW, H., 1988: Auswirkungen des Versuchs zur Bekämpfung des Waldmaikäfers 1987 im Forstbezirk Karlsruhe-Hardt auf Waldameisen. Mitt. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg/B., H. 132, 165–171.
- DOMSCH, K. H., W. GAMS, T.-H. ANDERSON, 1980: Compendium of Soil Fungi. Vol. 1, Academic Press, 136–140.
- DUBBEL, V., 1991: Waldmaikäfer-Gradation in Südhessen. Allg. Forstzeitschrift 14, 717–718.
- FERRON, P., 1965: Étude au laboratoire de facteurs déterminant la mycose à *Beauveria tenella* (Delacr.) Siem. chez les larves de *Melolontha melolontha* L. Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.) 1, 619–625.
- FERRON, P., 1967a: Étude en laboratoire des conditions écologiques favorisant le développement de la mycose à *Beauveria tenella* du vers blanc. Entomophaga 12, 257–293.
- FERRON, P., 1967b: Essais préliminaires de lutte contre les larves du Hanneton commun, *Melolontha melolontha* L., à l'aide de la mycose à *Beauveria tenella* (Delacr.) Siemaszko. Phytatrie-Phytopharmacie 16, 115–123.
- FERRON, P., 1970: Augmentation de la sensibilité des larves de *Melolontha melolontha* L. (Coléoptère: Scarabaeidae) à *Beauveria tenella* (Delacr.) Siemaszko au moyen de quantités réduites de HCH. Coll. Intern. Pathol. Insectes IV, College Park, Maryland, 66–79.
- FERRON, P., 1971a: Modification of the development of *Beauveria tenella* mycosis in *Melolontha melolontha* larvae, by means of reduced doses of organophosphorus insecticides. Ent. exp. & appl. 14, 457–466.
- FERRON, P., 1971b: Problèmes posés par la mise au point d'un procédé de lutte microbiologique contre *Melolontha melolontha* au moyen de la mycose à *Beauveria tenella* (Delacr.) Siemaszko. Phytatrie-Phytopharmacie 20, 159–168.
- FERRON, P., 1972: Observation sur l'endémisme de la mycose à *Beauveria tenella* (Delacr.) Siemaszko dans les populations de *Melolontha melolontha* L. C. R. Acad. Agric. France, 1396–1402.
- FERRON, P., 1974: Essai de lutte microbiologique contre *Melolontha melolontha* par contamination du sol à l'aide de blastospores de *Beauveria tenella*. Entomophaga 19, 103–114.
- FERRON, P., 1977: Lutte microbiologique contre le hanneton commun *Melolontha melolontha*. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 42/2, 1323–1332.
- FERRON, P., 1983: Induction artificielle d'une épizootie à *Beauveria brongniartii* dans une population de *Melolontha melolontha*. Symbiosis 25, 75–83.
- FERRON, P., B. HURPIN, 1974: Effets de la contamination simulée ou successive par *Beauveria tenella* et par *Entomopoxvirus melolonthae* des larves de *Melolontha melolontha* (Col., Scarabaeidae). Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.) 10, 771–779.
- FERRON, P., A. DEOTTE, M. MARCHAL, 1972: Stabilité de la virulence d'une souche de *Beauveria tenella* (Delacr.) Siemaszko (Fungi imperfecti) pour les larves du coléoptère *Melolontha melolontha*. C.R. Acad. Sc. Paris, Série D 275, 2977–2979.
- FERRON, P., B. HURPIN, P. H. ROBERT, 1969: Sensibilisation des larves de *Melolontha melolontha* L. à la mycose à *Beauveria tenella* par une infection préalable à *Bacillus popilliae*. Entomophaga 14, 429–437.
- FERRON, P., M. MARCHAL, R. GOUJET, 1973: Influence du poids des larves du Hanneton commun sur leur sensibilité à la mycose à *Beauveria tenella* (Delacr.) Siemaszko. Comptes Rend. Soc. Biol. 167, 174–179.
- FORNALLAZ, C., 1992: Demökologische Grundlagen und praktische Durchführung der mikrobiellen Bekämpfung des Maikäfers *Melolontha melolontha* L. mit dem Pilz *Beauveria brongniartii* (Sacc.) PETCH. Dissertation ETH Zürich, 127 S.
- FRÖSCHLE, M., 1994: Der Feldmaikäfer (*Melolontha melolontha* L.) muß in Baden-Württemberg wieder ernst genommen werden. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 46, 6–9.
- GIARD, A., 1892: *L'Isaria densa* (Link) Fries, Champignon parasite du Hanneton vulgaire (*Melolontha vulgaris* L.) Paris, London, Berlin, 112 S., 4 Tafeln.
- HAVELKA, P., K. RUGE, 1988: Auswirkungen der Bekämpfung des Waldmaikäfers (*Melolontha hippocastani* F.) im Forstbezirk Karlsruhe-Hardt auf die Avi-Fauna. Mitt. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg/B., H. 132, 117–139.
- HURPIN, B., P. H. ROBERT, 1972: Comparison of the activity of certain pathogens of the cockchafer *Melolontha melolontha* in plots of natural meadowland. J. Invert. Pathol. 19, 291–298.
- HURPIN, B., C. VAGO, 1958: Les maladies du Hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.). Entomophaga 33, 285–330.
- KARPINSKI, J. J., 1950: The problem of controlling the beetle *Melolontha* by the fungus *Beauveria densa* Pie. Ann. Univ. Marie-Curie-Sklodowska, Section E, Lublin 5, 29–75 (poln. mit engl. Zusammenfassung).
- KELLER, S., 1974: Über die Krankheiten des Maikäfers (*Melolontha spec.*) und die Möglichkeiten seiner mikrobiologischen Bekämpfung. Mitt. Schweiz. Landwirtschaft 22, 73–85.
- KELLER, S., 1978: Infektionsversuche mit dem Pilz *Beauveria tenella* an adulten Maikäfern (*Melolontha melolontha* L.). Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 51, 13–19.
- KELLER, S., 1983: Die mikrobiologische Bekämpfung des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.) mit dem Pilz *Beauveria brongniartii*. Mitt. Schweiz. Landwirtschaft 31, 61–64.
- KELLER, S., 1989: The use of blastospores of *Beauveria brongniartii* to control *Melolontha melolontha* in Switzerland. Int. Conf. on Biopesticides-Theory and Practice, Ceske Budejovice, CS, 25.–28. 9. 1989, 91–97.
- KELLER, S., E. KELLER, J. A. L. AUDEN, 1986: Ein Grossversuch zur Bekämpfung des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.) mit dem Pilz *Beauveria brongniartii* (Sacc.) PETCH. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 59, 47–56.
- KELLER, S., E. KELLER, E. RAMSER, 1979: Ergebnisse eines Versuches zur mikrobiologischen Bekämpfung des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.) mit dem Pilz *Beauveria tenella*. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 52, 35–44.
- KELLER, S., B. PÄRLI, C. JACOB, 1996: The influence of soils on the growth of *Beauveria brongniartii*. IOBC/WPRS Bulletin 19 (2), 74–78.
- KELLER, S., C. SCHWEIZER, E. KELLER, H. BRENNER, 1992: Ergebnisse der Untersuchungen zur Maikäferbekämpfung mit dem Pilz *Beauveria brongniartii*. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 8, 99–103.
- KELLER, S., C. SCHWEIZER, E. KELLER, H. BRENNER, 1997: Control of white grubs (*Melolontha melolontha* L.) by treating adults with the fungus *Beauveria brongniartii*. Biocontrol Science and Technology 7, 105–116.
- MACLEOD, D. M., 1954: Investigations on the genera *Beauveria* (Vuill.) and *Tritirachium* Limber. Can. J. Botany 32, 818–898.
- MARCHAL, M., 1976: Sensibilité à *Beauveria brongniartii* (Fungi imper-

fecti, Moniliales) des larves de *Melolontha melolontha* L. (Col.: Scarabaeidae) parasitée par *Pseudomonocystis* sp. (Sporozoaire, Eugregarinaria). Comptes Rend. Séances Soc. Biologie **170**, 295–299.

MUGNAI, L., P. D. BRIDGE, H. C. EVANS, 1989: A chemotaxonomic evaluation of the genus *Beauveria*. Mycol. Research **92**, 199–209.

MÜLLER-KÖGLER, E., 1965: Pilzkrankheiten bei Insekten. P. Parey, 444 S.

MÜLLER-KÖGLER, E., G. ZIMMERMANN, 1986: Zur Lebensdauer von *Beauveria bassiana* in kontaminiertem Boden unter Freiland- und Laboratoriumsbedingungen. Entomophaga **31**, 285–292.

NEUVÉGLISE, C., Y. BRYGOO, B. VERCAMBRE, G. RIBA, 1994: Comparative analysis of molecular and biological characteristics of *Beauveria brongniartii* isolates from insects. Mycol. Research **98**, 322–328.

ROHDE, M., U. BRESSEM, 1996: Untersuchungen zur Bekämpfung des Waldmaikäfers in Südhessen 1994. Teil A. Forschungsbericht Hess. Landesanst. Forstweir., Waldforsch. und Waldökol., Hann.-Münden, 66 S.

SCHAEFFENBERG, B., 1952: Die Möglichkeiten einer Maikäferbekämpfung mit Hilfe von Mykosen. I. *Beauveria densa* Link, ein Hauptparasit von *Melolontha* sp. Anz. Schädlingkunde **25**, 166–170.

SCHMID-VIELGUT, B., C. TRZEBITZKY, H. BOGENSCHÜTZ, 1992: Waldmaikäferpopulationen in Baden-Württemberg. Allg. Forstzeitschrift **13**, 718–720.

SHIMAZU, M., W. MITSUHASHI, H. HASHIMOTO, 1988: *Cordyceps brongniartii* sp. nov., the teleomorph of *Beauveria brongniartii*. Trans. mycol. Soc. Japan **29**, 323–330.

ST. LEGER, R. J., L. L. ALLEE, B. MAY, R. C. STAPLES, D. W. ROBERTS, 1992: World-wide distribution of genetic variation among isolates of *Beauveria* spp. Mycol. Research **96**, 1007–1015.

TRZEBITZKY, C., 1994: Antagonisten des Waldmaikäfers, *Melolontha hippocastani* F. (Coleoptera: Scarabaeidae) und ihr Einsatz in der biolo-

gischen Schädlingsbekämpfung. Dissertation Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 166 S.

WALLNER, K., 1988: Gefahren für die Honigbiene durch den Maikäferbekämpfungsversuch im Forstbezirk Karlsruhe-Hardt. Mitt. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg/B., H. 132, 155–163.

WIKÉN, T., P. BOVEY, H. WILLE, T. WILDBOLZ, 1954: Über die Ergebnisse der in der Schweiz im Jahre 1953 durchgeführten Freilandversuche zur mikrobiologischen Bekämpfung des Engerlings von *Melolontha melolontha* L. (= *Melolontha vulgaris* F.). Z. angew. Ent. **36**, 1–19.

WILLE, H., T. WIKÉN, P. BOVEY, 1962: Ergebnisse der in der Schweiz in den Jahren 1954 und 1955 durchgeführten Freilandversuche zur mikrobiellen Bekämpfung des Engerlings von *Melolontha melolontha* L. Entomophaga **7**, 161–174.

ZELGER, R., 1996: The population dynamics of the cockchafer in South Tyrol since 1980 and the measures applied for control. IOBC/WPRS Bulletin **19** (2), 109–113.

ZIMMERMANN, G., 1988: Zur biologischen Bekämpfung des Maikäfers. Allg. Forstzeitschrift **34**, 940–941.

ZIMMERMANN, G., 1992: Use of the fungus, *Beauveria brongniartii*, for the control of European Cockchafers, *Melolontha* spp., in Europe. In:

JACKSON, T. A., T. R. GLARE, (eds.), Use of Pathogens in Scarab Pest Management, Intercept Andover, Hampshire, 199–208.

Kontaktanschrift: Dr. Gisbert Zimmermann, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für biologischen Pflanzenschutz, Heinrichstr. 243, D-64287 Darmstadt, Tel. (061 51) 4 07-2 28, Fax (061 51) 40 72 90, E-Mail biocontrol.bba@t-online.de

Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., **50** (10), S. 256–258, 1998, ISSN 0027-7479.
© Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Dienststelle für wirtschaftliche Fragen und Rechtsangelegenheiten im Pflanzenschutz¹⁾, Institut für Pflanzenschutz im Forst²⁾

Haselnuß (*Corylus avellana*) durch Einschleppung von *Anisogramma anomala* gefährdet?

Hazelnut threatened by the introduction of *Anisogramma anomala*?

Von Günter Motte¹⁾ und Rolf Kehr²⁾

Zusammenfassung

In Nordamerika wird die aus Europa stammende, zur Nußproduktion angebaute Haselnuß (*Corylus avellana*) von dem Pilz *Anisogramma anomala* befallen und schwer geschädigt. In der Europäischen Gemeinschaft ist dieser Erreger noch nicht vorhanden. Der Artikel stellt die Biologie des Pilzes, die Erkrankungsgeschichte in Nordamerika sowie Nachweis- und Bekämpfungsmaßnahmen des Erregers vor. Weiterhin wird auf mögliche phytosanitäre Maßnahmen eingegangen.

Stichwörter: *Corylus avellana*, *Anisogramma anomala*, Haselnußanbau, Quarantäneregulungen

Abstract

European Hazelnut (*Corylus avellana*) planted for nut production in North America is severely damaged by eastern filbert

blight, a fungal disease caused by *Anisogramma anomala*. This fungus is not yet present in the European Community. The article presents information on the biology of the causal agent, disease history in North America and possible identification and control methods for the disease. In addition, possible phytosanitary measures are dealt with.

Key words: *Corylus avellana*, *Anisogramma anomala*, eastern filbert blight, quarantine measures

Die in weiten Teilen Europas heimische Haselnuß, *Corylus avellana* L., ist sowohl von ökologischer als auch von ökonomischer Bedeutung. Als Pioniergehölz mit hohem Stockausschlagsvermögen hat sie in früheren Jahrhunderten als Brennholzlieferant und Fruchtbaumart zwar eine größere Rolle gespielt, aber auch heute noch ist sie eine häufige Art in lichten Wäldern, an Waldrändern und in Hecken; örtlich bildet sie im Gebiet der Südalpen