



Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes

Herausgegeben von der BIOLOGISCHEN BUNDESANSTALT
FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT BRAUNSCHWEIG

unter Mitwirkung der PFLANZENSCHUTZÄMTER DER LÄNDER

VERLAG EUGEN ULMER · STUTTGART

13. Jahrgang

August 1961

Nr. 8

Inhalt: Untersuchungen über die Wirksamkeit von Metaldehydködern auf Nacktschnecken unter Berücksichtigung ihrer Verhaltensreaktionen (Godan) — Köderstoffe und ihre Anwendung im Pflanzenschutz (Mayer) — Der Einfluß von Heizöl im Boden auf die Pflanzenentwicklung (Kloke und Sahn) — Mitteilungen — Literatur — Stellenausschreibung — Neues Merkblatt der Biologischen Bundesanstalt — Neues Flugblatt der Biologischen Bundesanstalt.

DK 632.936.22 + 632.951.1 Metaldehyd: 632.64
594.382.5: 591.512.13

Untersuchungen über die Wirksamkeit von Metaldehydködern auf Nacktschnecken unter Berücksichtigung ihrer Verhaltensreaktionen

Von Dora Godan, Biologische Bundesanstalt, Institut für Zoologie, Berlin-Dahlem

Der toxische Wirkstoff der mollusciden Handelspräparate ist Metaldehyd. Obwohl seine Giftigkeit für Schnecken außer Zweifel steht (Mayer 1957), wird dennoch häufig über eine ungenügende Wirksamkeit der Mittel im Freiland und Gewächshaus Klage geführt (Plate und Frömming 1952, Frömming 1955, Böhm 1957 u. a.). Nur in seltenen Fällen liegt der Grund für dieses Versagen in den Präparaten selbst, meistens wird die Witterung als Ursache angesehen (Mayer 1957, Godan 1960).

Einzelne Beobachtungen ließen aber vermuten, daß auch verhaltensbedingte Reaktionen der Schnecken den Erfolg des Köderverfahrens beeinträchtigen können, doch ist die Verhaltensweise schädlicher Schnecken bisher nur wenig untersucht worden; besser bekannt sind Wasserschnecken, z. B. Ampullarien, Lymnaeen (Fischel 1931) und *Physa* (Thompson 1917) sowie Tiere der Gezeitenzone (Arey und Crozier 1918 u. a.) und einige Landgastropoden (Garth und Mischell 1926, Humphrey 1930, Fisher 1950 u. a.).

Um Einblick in das Verhalten einiger als Schädlinge bekannter Nacktschnecken zu gewinnen, wurden Untersuchungen an mehreren Hundert *Limax maximus* L., *L. flavus* L. und *Deroceras reticulatum* Müll. (Fam. *Limacidae*) durchgeführt. Die a. a. O. (Godan 1958) näher beschriebene Aufzucht der Schnecken erfolgte bei 75% bis 80% rel. Feuchtigkeit und etwa 15°C; das Futter bestand aus Kartoffel, Mohrrübe, Kasein und Hefe.

I. Das Verhalten der Schnecken gegen Metaldehyd

Bei den Landgastropoden wird der Grad der Aktivität weitgehend durch den Wassergehalt ihres Körpers bestimmt (Fischer 1950), der wiederum von der Feuchtigkeit ihrer Umgebung abhängig ist. Daher variieren bei ihnen Ruhe und Tätigkeit mit den klimatischen Bedingungen des Biotops, in dem sie leben. Für die Nacktschnecken trifft das in noch höherem Maße zu als für die gehäusetragenden, die sich durch Einziehen des Körpers in das Schneckenhaus vor Trockenheit schützen können. So geht *Arion empiricorum* Fér. kurz vor Son-

nenuntergang auf Nahrungssuche und kehrt erst kurz nach Sonnenaufgang in sein Versteck zurück (Fischer). Auch *Deroceras reticulatum* Müll., *Milax budapestensis* Hazay und *Arion hortensis* Fér. werden nur zu bestimmten Nachtstunden aktiv (White 1959). Jedoch kann dieser Rhythmus durch Regen während der Tageszeit abgeändert werden, so daß die Schnecken dann auch tagsüber außerhalb ihrer Verstecke zu finden sind. Die Weinbergschnecke (*Helix pomatia* L.) hat sich in ihren Ruhe- und Aktivitätsperioden als arhythmisch erwiesen (Szymanski 1918, zit. bei Calhoun 1944); unter den Umweltfaktoren wird dem Regen eine stimulierende Wirkung beigemessen (Wells 1944).

Von Bedeutung für die Aktivität der Feldschnecken sind nach Dainton (1954) Änderungen der Temperatur, die zusammen mit der relativen Feuchtigkeit auf den Wasserhaushalt der Schnecke einwirkt. Als Vorzugstemperatur für *Deroceras agreste* L. wurde in einer Temperaturorgel 17°—19°C ermittelt. Unterhalb dieser kann *Deroceras* noch recht lange aktiv bleiben; erst bei 0°C wird die Schnecke bewegungslos, ist aber noch nicht tot. Oberhalb der Vorzugstemperatur liegt die Aktivitätsgrenze schon bei 25°C; der Tod tritt bei 35°C ein (Carrick 1942).

So wird die Aktivität der Nacktschnecken durch meteorologische Faktoren andauernd beeinflusst und geändert, so daß Fischer (1950) sie als unberechenbar angibt. Daher ist auch das Verhalten dieser Tiere gegen Köder schwierig vorauszubestimmen und vielen, nicht von vornherein erkennbaren Zufälligkeiten unterworfen. Bei *Milax gracilis* Leydig hat Thomas (1948) festgestellt, daß feuchte und warme Nächte große Fänge an den Metaldehydködern ergeben, weil die Schnecken bei dieser Witterung lebhaft umherkriechen, während kalte und trockene Nächte nur geringe Fänge bringen. Die beste Köderwirkung und damit den größten Erfolg bei der Bekämpfung ergeben feuchte, warme Nächte, auf die ein warmer, trockener Tag folgt. Bei leichtem Regen ist die Menge der an den Ködern angetroffenen Nacktschnecken größer (Barnes und Weil 1942, 1945), wäh-

rend dagegen bei starkem Regen die Fänge kleiner sind, weil die Aktivität gehemmt ist (Thomas 1948).

Nach Freilanduntersuchungen von Barnes und Weil (1942) sowie Speyer (1954) wurden durch Metaldehyd in reiner Form nur sehr geringe Fangergebnisse an Ackerschnecken erzielt. Auch Lange und Sciaroni (1952) fanden, daß hohe Metaldehydkonzentrationen gegenüber niedrigen das Fangergebnis nicht verbessern. In eigenen Versuchen wurde nun beobachtet, das selbst noch so geringe Suspensionen, wie 1,0% und 0,1%, *Limax maximus* L. zur Flucht veranlassen. Einjährige Schnecken wurden hierbei auf behandelte Erde gesetzt, die auf einer Fläche von 50 × 60 cm mit 50 ccm der genannten Suspensionen besprüht war. Nach kurzer Zeit nahmen die stark erregten Tiere eine lang gestreckte Gestalt an, wobei sie bis zu 16 cm maßen, während nichterregte Schnecken gleichen Alters höchstens bis zu 12 cm lang sind. Die Schnecken krochen in den Schalen lebhaft umher und versuchten, aus der Gefahrenzone zu entweichen. Bereits nach 15 Minuten befanden sich alle 20 Schnecken an den giftfreien Rändern der Schalen und blieben dort bis zum Versuchsschluß nach 4 Stunden. Diese Schreckreaktion auf stärkere Metaldehydkonzentrationen ist aber nicht eine Folge der Fernwirkung durch Geruchsreize, sondern beruht auf einem Erregungseffekt infolge Kontakt, der die Schnecken veranlaßt, sobald wie möglich sich von der Reizquelle zu entfernen. So versuchten sie die Berührung mit dem Metaldehyd zu vermeiden, indem sie als Rückweg die eigene Schleimspur oder die einer Artgenossin wählten. Auch Anheben der vorderen Sohlenpartie und Einziehen des Kopfes wurden bei *Limax* und *Helix* beobachtet. Zusammenfassend kann als gesichert angesehen werden, daß die Schnecken das Bestreben haben, mit hohen Metaldehydkonzentrationen begiftete Flächen zu meiden.

Aber starke Konzentrationen bieten erst die Gewähr für den Bekämpfungserfolg, und es kann auf sie nicht verzichtet werden. Doch sind sie nach den obigen Feststellungen nicht geeignet, die Schnecken anzulocken und zum längeren Verweilen zu veranlassen. Diesem Befund stehen zwar Beobachtungen im Schrifttum (Speyer 1954, Bruel und Moens 1958 a) entgegen, nach denen z. B. Metaldehyd-Kleie-Gemische, die bekanntlich mindestens 4—6% Wirkstoff enthalten, eine größere Fangwirkung haben als Köder aus reiner Kleie. Aber bereits 1957 hat Mayer darauf hingewiesen, daß dieser Attraktiveneffekt vorgetäuscht ist, weil die begifteten Schnecken nur bewegungsunfähig sind, so daß sie nicht mehr fliehen können und daher in der Nähe des Köders liegen bleiben. Der Grund für diese Bewegungsunfähigkeit liegt meines Erachtens in Folgendem:

Die Schnecken beantworten den Metaldehydreiz mit übermäßiger Schleimabsonderung. So wurde in eigenen Versuchen mit *L. maximus* bei einer rel. Luftfeuchtigkeit von 90%—95% schon 10 Min. nach Einwirkung von 0,02%iger Metaldehydkonzentration ein Gewichtsverlust bis zu 46,1% (im Mittel bei 10 Tieren 33,3%) des Ausgangsgewichtes und nach 30 Min. ein Verlust bis zu 52,9% festgestellt. Da der Schleim der Nacktschnecken etwa 98% Gewichtsteile Wasser enthält (Dainton 1954), ist leicht einzusehen, daß ein so starker Wasserverlust zu einer Hemmung der Aktivität führen muß und die Schnecken in der Nähe des Köders liegenbleiben. Der Hemmungsgrad entspricht der Höhe des Wasserverlustes. So wird auch verständlich, weshalb einige Schnecken sich noch weit von dem Köder entfernen und verstecken können. Möglicherweise ist die Menge der Schleimabsonderung und damit des Wasserverlustes individuell und vielleicht auch artverschieden, so daß die Stärke der Aktivitätshemmung bei den in einem bestimmten Areal vorhandenen Schnecken nicht einheitlich ist. So betrogen in meinen Versuchen die

Wegstrecken, die *L. maximus* nach Kontakt mit dem Metaldehydköder unter starker Schleimproduktion noch zu kriechen vermochte, bis die Aktivität erloschen war, von 0 cm bis maximal 85 cm.

Nach Dainton kann *L. maximus* trotz übermäßiger Schleimabgabe und einem Gewichtsverlust bis zu 50% des normalen Körpergewichts, wobei das Tier bewegungslos ist, innerhalb von zwei Stunden wieder seine völlige Aktivität erlangen, wenn der Gewichtsverlust durch Aufnahme von Wasser (im Regen oder in feuchter Luft oder auf feuchtem Erdboden) rückgängig gemacht wird. Dasselbe habe ich bei meinen Versuchstieren beobachtet. Die Schnecken überlebten diesen starken Wasserverlust ohne sichtbare Schädigung, wenn sie nach dem Versuch mit Wasser abgespült und in hohe Feuchtigkeit (90%—95% rel. F.) gebracht wurden. Dieser Befund deutet auf die außerordentliche Fähigkeit der Nacktschnecken hin, sich nach Eintritt günstiger Umstände zu erholen.

Wie bereits früher bei Insektiziden festgestellt wurde (Godan 1959), haben viele chemische Stoffe bei hoher Konzentration eine Abschreckwirkung und bei niedriger Dosierung einen Anlockungseffekt. Dazwischen liegt die Umkehrkonzentration, bei welcher 50% der Versuchstiere abgeschreckt und 50% angelockt werden. Während der vorliegenden Untersuchungen wurden auch entsprechende Versuche mit verschiedenen Metaldehydkonzentrationen durchgeführt. Hierbei mußte das Versuchstier zwischen zwei Kartoffelscheiben wählen, von denen die eine zwei Stunden lang in die Metaldehydverdünnung und die andere ebenso lange in reines Wasser getaucht worden war. Einjährige *L. flavus* zeigten dabei folgendes Verhalten (Temperatur 20°—22° C): 1,0%ige und 0,1%ige Metaldehydsuspensionen wurden von den Schnecken gemieden, dagegen die 0,0001%ige Lösung aufgesucht. Bei dieser wählten sie sogar die Metaldehydgetränkte Kartoffel als Ruheplatz und legten auch Eier hier ab. In dem Bereich der 0,01% bis 0,001%igen Verdünnungen liegt die oben erwähnte Umkehrkonzentration.

Die Wirkung des Köderverfahrens beruht auf der Fernorientierung durch Geruchsreize, die auch bei Landgastropoden nachgewiesen worden ist (Kittel 1956). Metaldehyd jedoch wirkt anscheinend nicht auf den Geruchssinn ein, da Zubereitungen von Metaldehyd mit geruchlosen Stoffen, wie Seesand, selbst in nur 1 cm Entfernung nicht gewittert werden. So habe ich bei *Limax maximus* und *L. flavus* beobachtet, daß die Schnecken dicht an den Ködern ohne jede Reaktion vorbeikriechen. Daher werden den Handelspräparaten auf den Geruchssinn wirkende attraktive Stoffe, z. B. Weizenkleie, zugesetzt. Doch wirkt die Kleie nur auf diejenigen Schnecken anlockend, die Knollen- und Wurzelfresser sind, wie *Limax maximus* L. und *L. flavus*, oder diese Nahrung nur gelegentlich aufnehmen, wie *Dero-ceras reticulatum* Müll. Aber auch für *L. flavus* wird die Lockwirkung der Kleie noch von Frömming (1957) bestritten. Ausgesprochene Grünblatffresser, wie viele Arioniden und Gehäuse-schnecken, verhalten sich jedoch indifferent: es bleibt dem Zufall überlassen, ob diese Schnecken das Metaldehyd-Kleie-Präparat finden oder nicht. Hier bringt das Streuverfahren im Vergleich zur Anköderung mittels Häufchen bessere Ergebnisse. Denn die Wahrscheinlichkeit, daß die Schnecke bei dem Umherkriechen während der Nahrungssuche auf den Köder trifft, ist bei dem Streuverfahren wesentlich größer als bei den Häufchen. Bestätigt wurden diese Überlegungen durch eigene Gewächshausversuche, bei denen ein Handelspräparat und ein Metaldehyd-Kleie-Gemisch (1:1) im Häufchen- sowie Streuverfahren geprüft wurden (Tab. 1). Zur Anwendung gelangten im Streuverfahren je 20 g und bei den Häufchen je 8 (je 2,5 g im Abstand von 40 cm) auf insgesamt sechs Parzellen (Temperatur

15°—16° C; etwa 70% rel. F.). Die Beete waren zur Hälfte mit Chrysanthenen und Azaleen bepflanzt. Die Bestandsaufnahme vor dem Versuch ergab in dem Gewächshaus (4 × 14 m) etwa 300 Nacktschnecken, meist *Deroceras reticulatum* Müll. und vereinzelt *Limax maximus* L. und eine *Arion*-Art.

Tabelle 1. Vergleich zwischen Häufchen- und Streuverfahren. Befund und Fangergebnis.

Mittel	Verfahren	Nach 1 Tag			Nach 3 Tagen			Nach 7 Tagen			Gesamt-fänge
		0	∅	+	0	∅	+	0	∅	+	
Handelspräparat	Häufchen Streu	0	6	24	4	1	2	1	0	0	38
		0	1	61	5	3	3	8	1	21	103
Metaldehyd-Kleie-Gemisch	Häufchen Streu	19	0	11	7	0	0	3	0	0	40
		12	2	67	0	3	17	7	1	29	138

Befund der Schnecken: 0 = gesund, ∅ = geschädigt, + = tot

Bei gleichmäßiger Behandlung einer Fläche ist die Wirksamkeit des Präparats allein von dem Toxizitätsgrad der Wirkstoffkonzentration und nicht von der Lockwirkung des Köderstoffes abhängig. Daher können in diesem Falle auch starke Konzentrationen, welche die Schnecken sonst meiden, zum Erfolg führen, wie z. B. die von Lange und Sciaroni (1952) empfohlenen Stäubungen mit 10%igem Metaldehyd gezeigt haben. Neuerdings gelangt auch das Spritzen mit Suspensionen zur Anwendung.

II. Die Gewöhnung der Schnecken an Metaldehyd

Da die Tiere im Freiland nach Aufnahme subletaler Metaldehydkonzentrationen sich meist erholen können, sind häufige Bekämpfungen in einem Befallsgebiet notwendig. Hierbei kommen die Schnecken in der Regel mehrmals mit dem Metaldehyd in Berührung. Eine Gewöhnung an den Wirkstoff muß daher in Betracht gezogen werden, zumal bei Gastropoden Gewöhnungen an bestimmte Reize festgestellt worden sind (Humphrey 1930). Für eineinhalbjährige *L. maximus* hatte sich in eigenen Versuchen die 0,0001%ige Metaldehydlösung als eine auch über längere Zeit ohne sichtbare Schädigung verträgliche Dosis erwiesen. Fünf Wochen lang wurden die Versuchstiere mit einer Metaldehyd-Kleie-Paste aus 20 g Weizenkleie, getränkt mit 20 ccm einer 0,0001%igen Metaldehydkonzentration, gefüttert. Jede Schnecke erhielt 0,5 g des Gemisches (Gruppe I), das zur Kontrolle der Freßlust täglich erneuert wurde; schlechte Fresser wurden ausgesondert. Gruppe II bekam entsprechend wassergetränkte Kleie vorgesetzt. Von den 40 Schnecken in jeder Gruppe blieben bis zum Ende der Fütterungsperiode bei I 30 und bei II 31 am Leben. Zwischen

Tabelle 2. *Limax maximus* L.: Fangwirkung der Köder in Abhängigkeit von der Gewöhnung an Metaldehyd.

Gruppe	Anzahl der Tiere	Tiere an den Ködern	N ¹⁾	\bar{x} ²⁾ %	P	Befund
I	30	63,3%	26	54%	> 0,05	indifferent
II	31	90,3%	31	68%	< 0,05	attraktiv

1) $N = f_1 + f_2$
 f_1 = Anzahl der Tiere am Metaldehydköder
 f_2 = Anzahl der Tiere am Kleieköder

2) $\bar{x} = \frac{f_1}{N}$

den Sterblichkeiten in beiden Gruppen bestand also kein Unterschied.

Der Test selbst wurde als Wahlversuch durchgeführt, in welchem sich jede Schnecke zwischen reiner Kleie und einem trocknen Metaldehyd-Kleie-Gemisch (2:1) entscheiden konnte. Fraß und Schleimspuren an den Häufchen (je 1,5 g) wurden nach 30 Min. registriert. Das Ergebnis zeigt Tab. 2.

Die mit reiner Kleie gefütterten Schnecken der Gruppe II hatten sich nach 30 Min. Versuchsdauer dem Metaldehyd-Kleie-Köder zugewandt, während bei den Versuchstieren der Gruppe I, die an den Wirkstoff gewöhnt war, keine Bevorzugung festgestellt werden konnte.

Auch die Sterblichkeit wird durch Vorbehandlung der Schnecken mit einer subletalen Metaldehyddosis beeinflusst: die behandelten Tiere der Gruppe I sind empfindlicher als die unbehandelten der Gruppe II. Nach Abschluß des 16 Stunden dauernden Tests waren von 30 Versuchstieren der Gruppe I 25 tot (= 83%; $P < 0,01$), von 31 der Gruppe II dagegen nur 12 tot (= 39%; $P > 0,05$). Nach Beendigung der Tests wurden die Schnecken im Wasserstrahl abgespült, von dem noch anhaftenden gifthaltigen Schleim und den Erdpartikeln befreit und einzeln in Schalen mit feuchter Erde und Futter (Kartoffel) weiter beobachtet. 21 Tage später waren von Gruppe I nur noch zwei geschädigte am Leben, während von Gruppe II dreimal soviel Tiere überlebten. Dieser Befund widerspricht der Erwartung, nach welcher Tiere, die an subletale Dosen gewöhnt sind, widerstandsfähiger als Normaltiere sein müßten. Spätere Untersuchungen werden zeigen, ob dieser Befund auf einer akkumulativen Wirkung des Metaldehyds beruht.

III. Lage des Köders

In Versuchen mit *L. maximus* sollte ermittelt werden, ob auch der Ort, an welchem sich der Köder befindet, Einfluß auf die Fangwirkung hat. Der Test erfolgte in Schalen (50 × 60 cm), deren Bodenflächen in den ersten Versuchen mit feuchter Erde, in den späteren aber mit feuchter, brauner Pappe, auf welcher die Schleimspuren besser sichtbar blieben, bedeckt wurden. An dem einen Rand der Schale befand sich ein Unterschlupf für die Tiere, eine auf etwa 1 cm hohen Holzklötzchen ruhende Sperrholzplatte (4 × 8 cm). Die Versuche erfolgten bei 18°—19° C und 85—90% rel. Feuchtigkeit. Die während der nächtlichen Aktivität der Schnecken auf der Pappe hinterlassenen Schleimspuren wurden am nächsten Morgen durch Nachzeichnen auf einer Cellophanfolie oder einer Glasplatte registriert. Die Köder, aus Kartoffel, Kleie oder einem Metaldehyd-Kleie-Gemisch (6% Wirkstoff), befanden sich entweder in der Mitte der Schale oder am Rande gegenüber dem Unterschlupf. Meist wurden die Versuche mit dem gleichen Tier durchgeführt, um zu ermitteln, ob der Köder bei Lageveränderung noch an der alten Stelle gesucht wird. Wie aus Abb. 1 ersichtlich, wurden bessere Fangergebnisse erzielt, wenn sich die Köder am Rande der Schalen befanden.

Die Schnecke hat also das Bestreben, möglichst am Rand der Schale entlang zu kriechen und freie, ungeschützte Flächen zu meiden. Die Zeichnungen in Abb. 2 geben ein Bild von den beobachteten Schleimspuren (242 Versuchstiere). Wurde eine Schnecke zum ersten Male in die ihr fremde Umgebung versetzt, verliefen die Spuren zunächst am Schalenrande entlang. Erst nach mehrmaliger Verwendung desselben Tieres in der gleichen Schale befanden sie sich auch in der Mitte. Einzelbeobachtungen bei *Lehmannia marginata* Müll., *Deroceras laeve* Müll. und *D. reticulatum* Müll. sowie *Helix pomatia* L. lassen ein ähnliches Verhalten vermuten. So

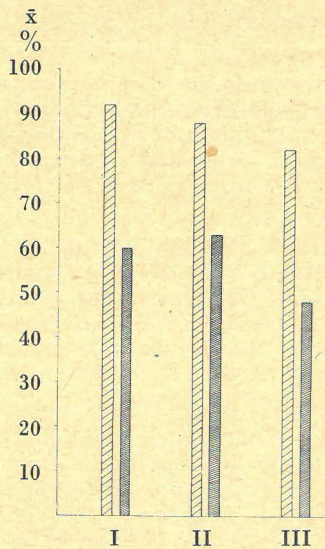


Abb. 1. Einfluß der speziellen Lage des Köders auf die Fangwirkung; \bar{x} = % Satz der Schnecken (*Limax maximus* L.) am Köder; gestrichelt = Randlage; schwarz = Mittellage des Köders (Erklärung im Text).

I Kartoffel, 80 Tiere

Rand: bevorzugt $P < 0,001$

Mitte: nicht bevorzugt $P > 0,05$

II Kleie, 82 Tiere

Rand: bevorzugt $P < 0,001$

Mitte: nicht bevorzugt $P > 0,05$

III Metaldehyd-Kleie (6% Wirkstoff), 80 Tiere

Rand: bevorzugt $P < 0,001$

Mitte: nicht bevorzugt $P > 0,05$

sind Fangwirkung des Köders und Bekämpfungserfolg zu einem großen Teil davon abhängig, ob sich der Köder auf freier Fläche befindet oder in der Nähe einer Wand, Beeteinfassung, eines Mauervorsprunges, unter Pflanzen u. ä.

Außerdem suchen die Schnecken den Köder an der alten Stelle. Das zeigte sich bei etwa der Hälfte der 242 Versuchstiere, wenn die Lage der Köder am dritten Tage verändert wurde (Abb. 2, c). Daher sollten im Verlauf einer Bekämpfungsaktion die Köder stets an der gleichen Stelle ausgelegt werden, wenn sie erneuert werden müssen.

Die Entfernung, bei welcher die Nahrung noch geruchlich wahrgenommen wird, ist in bewegter Luft in

Richtung des Luftstromes wesentlich größer als bei Windstille. So wurde Kohl von *Helix pomatia* in 40 cm Entfernung bei bewegter Luft, aber nur in 6 cm Entfernung bei ruhender Luft gewittert (Fischer). Da zwischen dem meist dichten Pflanzenbestand des Schneckenbiotops in Erdbodennähe in der Regel keine oder nur sehr schwache Luftbewegung herrscht, ist für die vorliegenden Untersuchungen das Geruchsvermögen bei *L. maximus* in ruhender Luft von Interesse. Eine Entfernung von 12 cm scheint die Grenze zu sein, bis zu der noch eine Wahrnehmung erfolgt und damit eine größere Wahrscheinlichkeit für die Annahme des Köders besteht. Bei weiterer Entfernung ist der Erfolg nur vom Zufall abhängig. So haben z. B. von 50 Tieren nur 14% den Köder gefunden. Im Vergleich mit dem oben genannten Wert von 6 cm bei der Gehäuseschnecke ist die hier ermittelte weit größere Entfernung von 12 cm bemerkenswert.

So kann also die Beachtung der verschiedenen Verhaltensweisen der Schnecken im Bekämpfungsplan die Erfolgsaussichten verbessern. Bei einer sehr wanderlustigen Schnecke wie *Arion rufus* L. genügen Schutzstreifen zwischen ihrem Schlupfwinkel und den Fraßpflanzen quer über das Areal; dagegen muß bei der trägen und sebhafte *Deroceras reticulatum*, die nur weiter wandert, um eine neue Futterquelle nach Versiegen der alten aufzusuchen, die Behandlung des Areals in seiner Gesamtheit durchgeführt werden (Brüel und Moens 1958 a).

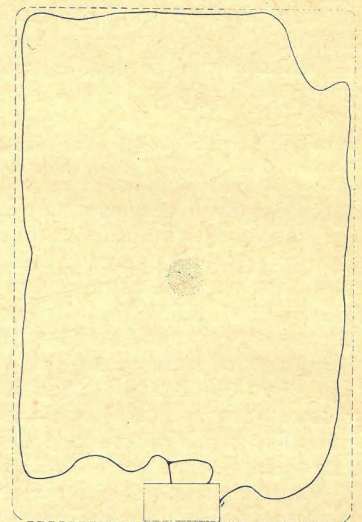
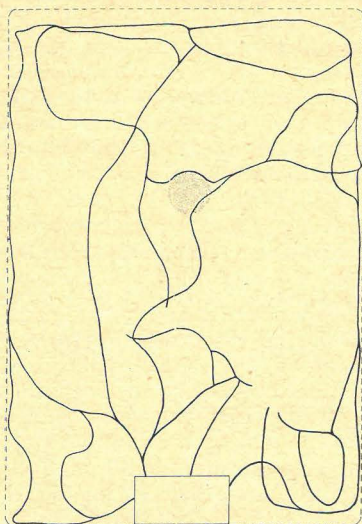
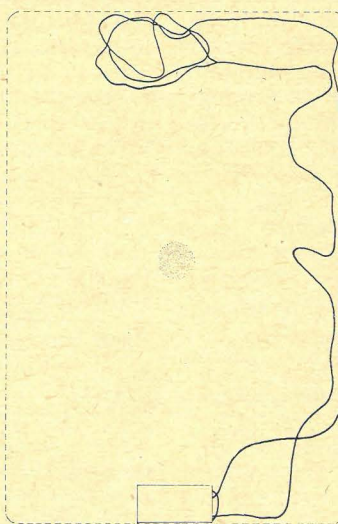


Abb. 2. Darstellung einiger Kriechspuren von *Limax maximus* L.; Viereck = Unterschlupf für die Schnecke; Punkthaufen = Köder; gestrichelt = vergiftete Schnecke.

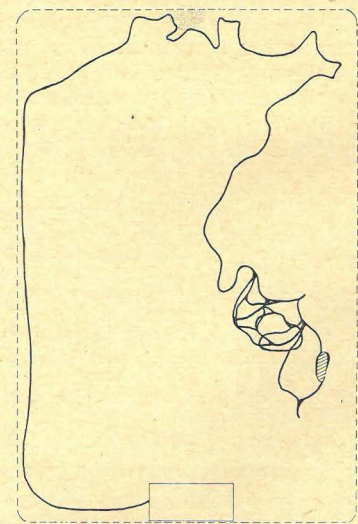
A: Schnecke in ihrer unbekannteren Umgebung; erster Versuch mit dem Tier



B: Schnecke in ihrer bekannteren Umgebung; dritter Versuch mit demselben Tier



C: Köder im vorhergehenden Versuch in Randlage; Schnecke sucht zunächst an alter Stelle



D: Metaldehyd-Kleie-Köder; Spur einer vergifteten Schnecke.

IV. Die Art der Nahrung

In den vorliegenden Untersuchungen sollte auch festgestellt werden, welchen Einfluß die Ernährung auf die Widerstandsfähigkeit der Schnecken gegen Metaldehyd ausübt. Als Versuchstiere dienten 9 Monate alte *L. maximus* und *L. flavus*, die, sofort nach dem Schlüpfen aus dem Ei, unter drei verschiedenen Ernährungsbedingungen aufgezogen wurden. Gruppe I erhielt eine kohlehydratreiche Nahrung (Kartoffel), Gruppe II Eiweiß (frisches Schabefleisch bzw. Kasein) und Gruppe III eine gemischte Kost, bestehend aus Kartoffel, Fleisch oder Kasein und Hefe. Die Tests erfolgten mit verschiedenen Metaldehydkonzentrationen (0,1%, 0,02% und 0,01%) bei 10 und 30 Min. Einwirkungsdauer. Dabei wurde Filterpapier (24 cm Durchmesser) mit 5 ccm der Metaldehydlösung oder -suspension getränkt und die Schnecken aufgesetzt, die nach dem Versuch in Schalen mit feuchter Erde weiter beobachtet wurden. Die Einwirkungszeiten wurden so kurz bemessen, daß der Vergiftungsgrad der einzelnen Tiere ermittelt werden konnte, da bei längerer Behandlungsdauer sofortiger Tod eingetreten wäre. Schleimproduktion und Beginn der Futteraufnahme wurden zur Beurteilung der Vergiftung und Erholungszeit herangezogen. 24 Stunden vor dem Test erhielten die Schnecken keine Nahrung mehr. Die Ergebnisse sind in den beiden Tab. 3 und 4 dargestellt.

Tabelle 3. *Limax flavus* L.: Einfluß der Ernährung auf die Empfindlichkeit gegen Metaldehyd; Erklärung der Ernährungsgruppen (I, II, III) im Text.

Metaldehydkonzentration %	Einwirkungsdauer (Min.)	Ernährungsgruppe	\bar{x}^1	Unterschied	\bar{x}^1	Unterschied	P
0,1	10	I	4,2	kein	4,4	signifikant	> 0,05
		II	4,5				
		III	10,0				< 0,01
0,02	10	I	2,4	kein	2,4	signifikant	< 0,02 ³⁾
		II	—				
		III	4,3				
0,01	10	I	3,2	kein	3,0	signifikant	> 0,05
		II	2,9				
		III	9,5				< 0,01
	30	I	5,2	kein	4,6	nicht signifikant ²⁾	> 0,05
		II	4,3				
		III	7,6				> 0,02 ³⁾

¹⁾ \bar{x} = Arithmetisches Mittel aus der Anzahl der Erholungstage

²⁾ Deutliche Tendenz zur Signifikanz

³⁾ Berechnet nach Waerden und Nievergelt (1956)

Die Schleimabgabe war in allen Fällen bei den Gruppen I und II annähernd normal, aber bei Gruppe III stark bis sehr stark.

Überraschenderweise erwiesen sich die Schnecken der Aufzucht mit gemischter Kost wesentlich empfindlicher als der mit reiner Kartoffel- oder reiner Eiweißfütterung. Die beiden extremen Gruppen (I und II) zeigten jedoch keinen Unterschied.

Auch die Gewichtsverluste infolge vermehrter Schleimabsonderung waren bei Gruppe III größer als

Tabelle 4. *Limax maximus* L.: Einfluß der Ernährung auf die Empfindlichkeit gegen Metaldehyd; Erklärung der Ernährungsgruppen (I, II, III) im Text.

Metaldehydkonzentration %	Einwirkungsdauer (Min.)	Ernährungsgruppe	\bar{x}^1	Unterschied	\bar{x}^1	Unterschied	P
0,1	30	I	3,5	kein	3,5	signifikant	> 0,05
		II	3,5				
		III	9,6				< 0,01
0,02	10	I	3,0	kein	3,0	signifikant	> 0,05
		II	3,0				
		III	6,7				< 0,02 ³⁾
	30	I	4,2	kein	3,9	signifikant	> 0,05
		II	3,2				
		III	7,1				< 0,01
0,01	30	I	4,0	kein	4,0	signifikant	> 0,05
		II	4,0				
		III	7,0				< 0,01

¹⁾ \bar{x} = Arithmetisches Mittel aus der Anzahl der Erholungstage

²⁾ Berechnet nach Waerden und Nievergelt (1956)

bei I und II, wie sich durch Wägungen der Schnecken kurz vor und nach dem Test herausgestellt hat. Bereits nach einer Einwirkungsdauer des Metaldehyds von nur 10 Min. wurde bei *L. maximus* von III ein Gewichtsverlust bis zu 46% ermittelt, aber bei I nur bis zu 27% und bei II bis zu 23% (rel. F.: 85—90%); nach 30 Min. waren die entsprechenden Zahlen 53%, 43% und wieder 23%.

Analoge Versuche mit Ackerschnecken (*Deroceras reticulatum* Müll.) brachten das in Tab. 5 dargestellte Ergebnis. Die drei Ernährungsgruppen für die Aufzucht dieser Tiere bestanden aus Kopfsalat (I), Kartoffeln (II) und einer gemischten Kost aus Salat, Kartoffeln und Hefe (III). Die Fütterung begann zwei Tage nach dem Schlüpfen aus dem Ei und wurde zweieinhalb Monate durchgeführt. Leider blieben von den insgesamt vorgesehenen 80 Tieren nur 5 in jeder Gruppe für den Test selbst übrig. Das Ergebnis weist aber die gleiche Tendenz auf wie die in Tab. 3 und 4 statistisch gesicherten Befunde. Daher kann auch bei Tab. 5 als Gesamtergebnis mit guter Wahrscheinlichkeit festgestellt werden, daß die Schnecken der Gruppe III empfindlicher gegen Metaldehyd sind als diejenigen von I und II. Der Test erfolgte an einem Metaldehyd-Handelspräparat (19°—20° C, 85%—90% rel. F.).

Tabelle 5. *Deroceras reticulatum* Müll.: Einfluß der Ernährung auf die Empfindlichkeit gegen Metaldehyd.

Gruppe	Befund nach					
	24 Stunden			9 Tagen		
	0	∅	+	0	∅	+
I	3	2	0	1	2	2
II	3	2	0	1	1	3
III	5	0	0	0	0	5

Bezeichnung:

0 = gesunde; ∅ = geschädigte; + = tote Schnecken

Die Körperlänge der Ackerschnecken von Gruppe III betrug etwa 2,5 cm (kriechend) und war etwas größer als diejenige von I und II.

Diese Untersuchungen zeigen also, daß die Art der Nahrung von Einfluß auf die Empfindlichkeit der Schnecken gegen Metaldehyd ist. Ein Widerspruch scheint darin zu bestehen, daß gerade die Schnecken, die eine gemischte, eiweiß- und kohlehydratreiche Ernährung erhalten, weniger widerstandsfähig sind als die Tiere mit einseitiger Kost. Daß tatsächlich die Schnecken der Gruppe III besser ernährt waren, zeigte sich in Körpergröße und Gewicht, die wesentlich höhere Werte als in den beiden anderen Gruppen ergaben; I und II wiesen dagegen auch im Hinblick auf das Gewicht keinen Unterschied auf. So betrug am Ende der Fütterungsperiode das Körpergewicht bei den gewogenen *L. maximus* im Mittel für Gruppe I (16 Tiere) 5,38 g und II (6 Tiere) 4,97 g, dagegen für Gruppe III (17 Tiere) 9,28 g; bei *L. flavus* im Mittel für I (21 Tiere) 1,80 g, II (30 Tiere) 1,46 g und III (29 Tiere) 5,41 g.

Die stärkere Giftempfindlichkeit von Gruppe III könnte von der Körpergröße abhängig sein, insofern als die schwereren Schnecken beim Überkriechen der begifteten Fläche mit ihrer größeren Fußsohle auch eine größere Metaldehydmenge aufnehmen können, woraus sich die stärkere Schädigung dieser Schnecken im Vergleich mit denen der Gruppe I und II ergäbe. So war die Sohlenfläche bei Gruppe III mehr als doppelt so groß wie bei den Schnecken von I und II; sie betrug im Mittel von je 10 Tieren 700 mm² bzw. 280 mm². Falls diese Annahme zutrifft, müßten Jungtiere von III die gleiche Empfindlichkeit wie die Altschnecken von I und II aufweisen, wenn sie dieselbe Größe erlangt haben. Um das zu prüfen, wurden bei gemischter Kost aufgezogene *L. flavus* getestet, als sie etwa das gleiche Körpergewicht (d. h. die gleiche Sohlenfläche) wie die in Tab. 3 aufgeführten Gruppen I und II erlangt hatten, was nach rund 3 Monaten der Fall war. Die Jungschnecken besaßen jetzt ein Gewicht im Mittel von 1,5 g (50 Tiere). Der Test erfolgte mit 0,1%, 0,02% und 0,01%iger Metaldehydkonzentration bei 22° C und 85—90% rel. F. Entsprechend der Erwartung haben sich nun diese Jungschnecken von Gruppe III als ebenso widerstandsfähig gegen Metaldehyd erwiesen wie die gleich großen, aber erwachsenen Tiere der Ernährungsgruppen I und II (Tab. 6). Die Schleimabgabe war bei den Jungschnecken in allen Fällen nicht wesentlich erhöht.

Beim Überkriechen einer behandelten Bodenfläche ist die Empfindlichkeit einer Schnecke gegen Metaldehyd also weitgehend von der Sohlengröße des Schneckenfußes abhängig.

Die vorliegenden Untersuchungen geben einen interessanten Einblick in die Beziehung zwischen Körper-

größe (-gewicht), Ernährung, Alter und Metaldehydempfindlichkeit. Wie das Beispiel von *L. flavus* zeigt, lassen sich folgende Beziehungen aufstellen.

- A Körpergröße: unterschiedlich (Gewicht etwa 1,5 g bzw. über 5,0 g)
- Ernährung: unterschiedlich (Gruppen I; II; III)
- Alter: gleich (9 Monate)
- B Körpergröße: unterschiedlich (Gewicht etwa 1,5 g bzw. über 5,0 g)
- Ernährung: gleich (Gruppe III)
- Alter: unterschiedlich (3 bzw. 9 Monate)
- C Körpergröße: gleich (Gewicht etwa 1,5 g)
- Ernährung: unterschiedlich (Gruppen I; II; III)
- Alter: unterschiedlich (3 bzw. 9 Monate).

Die Ergebnisse führen zu nachstehenden Schlußfolgerungen:

A: Bei gleichem Alter wird die Empfindlichkeit durch die Ernährung beeinflusst, von welcher wiederum die Körpergröße abhängig ist. Schnecken bei gemischter Kost (kohlehydrat- und eiweißreich) benötigen eine längere Zeit zur Erholung als bei einseitiger Kost (z. B. Kartoffel oder Kasein). Die besser ernährten, größeren Schnecken (III) sind empfindlicher als die kleineren (I, II), einseitig ernährten.

B: Bei gleicher Ernährung sind die jüngeren und kleineren Schnecken weniger empfindlich als die älteren und größeren.

C: Bei gleicher Körpergröße sind die jüngeren, besser ernährten Schnecken ebenso empfindlich wie die älteren, einseitig ernährten. Die Ernährung hat in diesem Falle keine Bedeutung.

Diese Ergebnisse können zur Klärung einiger in der Literatur vorhandener Widersprüche über eine unterschiedliche Wirkung des Metaldehyds beitragen. Sie deuten aber auch die Schwierigkeiten an, mit welchen die Schneckenbekämpfung zu rechnen hat. So spricht Böhm (1957) von einem Versagen des Metaldehyds bei jungen und kleinen Schnecken, während dagegen andere Autoren (Münchberg 1950, zit. bei Böhm, Frömming) Jungschnecken für empfindlicher als ältere halten.

Diese Untersuchungen zeigen, wie sehr die Bekämpfungsmethoden dem Verhalten der schädlichen Schnecken angepaßt werden müssen, um Erfolge zu erzielen. Auch Bruel und Moens (1958b) haben darauf hingewiesen.

Zusammenfassung

Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, daß bei Anwendung der Metaldehydköder Mißerfolge durch das Verhalten der Schnecken bedingt sein können, was bei der Planung von Bekämpfungsmaßnahmen in Rechnung gestellt werden muß.

In Untersuchungen über die Wirksamkeit des Köderverfahrens wurde der Einfluß des Metaldehyds auf die Orientierung von Nacktschnecken (*Limax*-Arten) beobachtet. Hohe Konzentrationen werden von den Schnecken gemieden, dagegen sehr niedrige, von etwa 0,0001%, aufgesucht. Da aber nur hohe Dosierungen eine ausreichende toxische Wirkung besitzen, können

Tabelle 6. *Limax flavus* L.: Empfindlichkeit von Jungschnecken der Ernährungsgruppe III und Altschnecken gleicher Größe der Gruppen I und II gegen Metaldehyd.

Metaldehyd-konzentration %	Einwirkungs-dauer (Minuten)	\bar{x}	\bar{x}	Unterschied zwischen jung und alt	P
		jung	alt		
0,1	10	3,6	4,4	kein	> 0,05
0,02	10	4,1	2,4	kein	> 0,02 ¹⁾
0,01	10	3,0	3,0	kein	> 0,05
0,01	30	5,8	4,6	kein	> 0,05

¹⁾ Berechnet nach Waerden und Nievergelt (1956)

gute Fangergebnisse nur dann erzielt werden, wenn attraktive Stoffe beigemischt sind, die eine wenn auch nur auf wenige Schneckenarten begrenzte Köderwirkung ausüben. Aus diesem Grunde bringt das Köderverfahren mittels Häufchen geringere Fänge und weist schlechtere Erfolgsaussichten als das Streuverfahren, Stäuben und Spritzen auf.

Die Aktivität der Schnecken ist von dem Wassergehalt ihres Körpers und dieser von den Feuchtigkeitsverhältnissen (Luft, Erdboden) in ihrem Lebensraum abhängig. Die durch Metaldehyd bewirkte übermäßige Schleimabsonderung muß als erste Ursache für die Bewegungslosigkeit der an dem Köder und in dessen Nähe aufgefundenen Schnecken angesehen werden. Die Größe der Aktivitätshemmung entspricht der Stärke der Schleimabgabe, die einen Verlust an Wasser — äquivalent einer Minderung des Körpergewichts — bis über 50% bewirken kann.

Wiederholte Aufnahme geringer Metaldehydmengen beeinträchtigt die Fangwirkung der Schneckenköder. *Limax maximus*, die fünf Wochen lang mit einem Metaldehyd-Kleie-Gemisch in subletaler Wirkstoffkonzentration (0,0001%) gefüttert wurden, reagierten zwar nicht mehr auf die Reizwirkung des Köders; sie waren aber, wenn sie zufällig an diesen gelangten, wesentlich empfindlicher als normale Schnecken. Eine Schädigung der Reaktionsbereitschaft der Schnecken ist daher anzunehmen.

Auch der Ort, an welchem der Köder liegt, ist für das Fangergebnis von Bedeutung. Die Schnecken bevorzugen bei der Nahrungssuche Wege, auf denen ein seitlicher Kontakt mit Wänden (Schalenrand) möglich war. Bei Wahlversuchen zwischen Ködern verschiedener Lage zum Schalenrand wurden die auf freier Fläche befindlichen Köder von den Schnecken gemieden. Freilandversuche werden zeigen, ob der Bekämpfungserfolg durch Auslegen der Köder an Mauerrändern, Wänden, Zäunen, Beeteinfassungen u. ä. verbessert werden kann.

Ferner wird die Empfindlichkeit der Schnecken gegen Metaldehyd noch durch die Ernährung beeinflusst, wie Untersuchungen an *Limax maximus* L. und *L. flavus* L. ergeben haben. So waren die Schnecken nach Aufzucht mit gemischter, kohlehydrat- und eiweißreicher Nahrung empfindlicher als die einseitig ernährten, die entweder nur Stärke (Kartoffel) oder nur Eiweiß (frisches Schabefleisch oder Kasein) erhalten hatten. Auch Schleimabsonderung und die Zeit bis zur Erholung (Beginn der Futteraufnahme!) waren bei gemischter Kost größer als bei einseitiger Nahrung.

Zwischen Ernährung, Alter, Körpergröße (-gewicht) und Metaldehydempfindlichkeit können folgende Beziehungen aufgestellt werden, wie das Beispiel von *Limax flavus* L. gezeigt hat:

1. Bei gleichem Alter sind die mit gemischter Nahrung aufgezogenen Schnecken empfindlicher als die einseitig ernährten, kleineren.

2. Bei gleicher Ernährung sind die jüngeren, kleineren Schnecken weniger empfindlich als die älteren, größeren.

3. Bei gleicher Körpergröße sind die jüngeren, besser ernährten Schnecken ebenso empfindlich wie die älteren, einseitig ernährten.

Summary

Besides the climate the behaviour of slugs may cause a failure of the pest control. The behaviour of *L. maximus* L. and *L. flavus* L. (Fam. *Limacidae*) was studied with regard to metaldehyde. High concentrations proved as repellents, and the lower ones (about 0,0001%) were attractive. The activity of slugs depends on the water relation in their body. Because

metaldehyde will produce an extraordinary secretion of mucus containing about 98% water, the loss of water has such a degree that the activity is reduced and the slugs cannot creep further and are remaining motionless near the bait. The effectiveness of metaldehyde is influenced by habituation. So metaldehyde-bran-baits have a certain attraction to *Limax maximus* L., but it is reduced, when the slugs are fed about five weeks with bran containing 0,0001% metaldehyde as a sublethal dose. About that these limaces are also much more sensitive than normal slugs when coming in contact with metaldehyde. The sensibility is also influenced by nutrition. Slugs for rearing with carbohydrates, proteins and yeast in the food proved to be more sensitive than those which are getting a specialized diet, as only starch (potato) or only protein (fresh scraped meat or casein). The following relation between nutrition, age, weight of body and sensibility to metaldehyde are known, as obtained from experiments with *Limax flavus* L. At the same age, the big and better fed slugs are more sensitive than the smaller ones from a specialized diet. At the same weight of body, the younger and better fed slugs are just as sensitive as the older ones from a specialized diet. With the same food the younger and smaller slugs are less sensitive than the old big ones. The location of the baits is of importance for the effectiveness of control. Experiments in which the baits (potato, pure wheat-bran or bran with 6% metaldehyde) are to be placed at the border or at the center of great dishes, gave better results in the former instance.

Literatur

- Arey, L. B., and Crozier, W. J. (1918): The "homing habits" of the pulmonate mollusk *Onchidium*. Proc. Nat. Acad. Sci. **4**, 319—321.
- Barnes, H. F., and Weil, J. W. (1942): Baiting slugs using metaldehyde mixed with various substances. Ann. appl. Biol. **29**, 56—68.
- , — (1944/45): Slugs in gardens: their numbers, activities and distribution. Part 1 u. 2. J. animal Ecol. **13**. 1944, 140—175; **14**. 1945, 71—105.
- Böhm, O. (1957): Über Schnecken und Schneckenbekämpfung. Pflanzenschutzberichte **19**, 111—129.
- Bruel, W. E. van den, et Moens, R. (1958a): Nouvelles observations sur les propriétés des hélicides. Bull. Inst. agron. Stat. Rech. Gembloux **26**, 281—304.
- , — (1958b): Remarques sur les facteurs écologiques influençant l'efficacité de la lutte contre les limaces. Parasitica **14**, 135—147.
- Calhoun, J. B. (1944): Twenty-four hour periodicities in the animal kingdom. I. The invertebrates. J. Tennessee Acad. Sci. **19**, 179—200, 252—262.
- Carrick, R. (1942): The grey field slug *Agriolimax agrestis* L. and its environments. Ann. appl. Biol. **29**, 43—55.
- Dainton, B. H. (1954): The activity of slugs. I. The induction of activity by changing temperatures. J. exp. Biol. **31**, 165—187.
- Fischel, W. (1931): Dressurversuche an Schnecken. Zeitschr. vergl. Physiol. **15**, 50—70.
- Fischer, P.-H. (1950): Vie et moeurs des mollusques. Paris.
- Frömming, E. (1955): Der heutige Stand der Landschnecken-Bekämpfung mit chemischen Mitteln. Gesunde Pflanzen **7**, 261—266.
- (1957): Bericht über neue Versuche mit einem Metaldehydköder. Anz. Schädlingskde. **30**, 43—44.
- Garth, Th., and Mitchell, M. P. (1926): The learning curve of a land snail. J. comp. Psychol. **6**, 103—113.
- Godan, D. (1958): Über die Massenzucht von Nachtschnecken nebst einigen Bemerkungen zur Biologie. Zeitschr. angew. Zool. **45**, 497—504.
- (1959): Untersuchungen über den Einfluß organischer Phosphorpräparate auf das Verhalten von Insekten. Zeitschr. Pflanzenkrankh. **66**, 338—353.

- (1960): Schneckschäden und ihre Abwehr. Gesunde Pflanzen **12**, 151—161.
- Humphrey, G. (1930): Le Chatelier's Rule and the problem of habituation and dehabituation in *Helix albolabris*. Psychol. Forsch. **13**, 113—127.
- Kittel, R. (1956): Untersuchungen über den Geruchs- und Geschmackssinn bei den Gattungen *Arion* und *Limax* (*Molusca: Pulmonata*). Zool. Anz. **157**, 185—195.
- Lange, W. H., and Sciaroni, R. H. (1952): Metaldehyde dusts for control of slugs affecting Brussels sprouts in Central California. J. econ. Ent. **45**, 896—897.
- Mayer, K. (1957): Die Schneckenbekämpfung mit Metaldehydpräparaten. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **9**, 36—41.
- Plate, H.-P., und Frömming, E. (1952): Quantitative Untersuchungen über die Wirksamkeit einiger Metaldehydpräparate gegenüber Landlungensnecken. Anz. Schädlingskde. **25**, 133—136.
- Speyer, W. (1954): Versuche mit Metaldehyd zur Nacktschneckenbekämpfung. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **6**, 134—137.
- Thomas, D. C. (1948): The use of metaldehyde against slugs. Ann. appl. Biol. **35**, 207—227.
- Thompson, E. L. (1917): An analysis of the learning process in the snail, *Physa gyrina* Say. Behav. Monogr. **3**, 1—89.
- Waerden, B. L. van der, und Nievergelt, E. (1956): Tafeln zum Vergleich zweier Stichproben mittels X-Test und Zeichentest. Tables for comparing two samples by X-test and sign test. Berlin.
- Wells, G. P. (1944): The water relations of snails and slugs. III. Factors determining activity in *Helix pomatia* L. J. exp. Biol. **20**, 79—87.
- White, A. R. (1959): Observations on slug activity in a Northumberland garden. Plant Pathol. **8**, 62—69.

Eingegangen am 27. Februar 1961.

DK 632.936.22

Köderstoffe und ihre Anwendung im Pflanzenschutz

Von Karl Mayer, Biologische Bundesanstalt, Institut für Zoologie, Berlin-Dahlem

Die Entdeckung neuer Insektenlockstoffe hat im praktischen Pflanzenschutz viel Beachtung gefunden. Glaubt man doch, mit ihrer Hilfe vielen die Anwendung von Insektiziden erschwerenden Nebenerscheinungen, wie Termingebundenheit, Rückstandsproblem, Biozönose-schädigung und Resistenzerscheinungen, ausweichen zu können, und erwartet dabei eine Erleichterung oder Verbesserung der Bekämpfungsmaßnahmen. Die Anwendung von Ködern ist schon sehr lange bekannt. In früheren Zeiten wurde überwiegend das Köderprinzip zum Schutz der Kulturen gegen Schädlinge mit wechselndem Erfolg angewendet. Hierbei werden die Schädlinge durch Attraktivstoffe in Fallen gelockt, aus denen sie nicht entweichen können, um in Fang- oder Insektizidlösungen unschädlich gemacht zu werden. Die Bezeichnung Köder- oder Attraktivstoffe besagt, daß die Präparate in größerer oder geringerer Entfernung wahrgenommen werden und eine auf sie gerichtete Orientierung auslösen. Um dies zu bewirken, müssen die Stoffe daher in die Reaktionsmechanismen der tierischen Funktionen eingreifen, m. a. W. eine „Bedeutung“ für das Tier besitzen. So wirken bestimmte Verbindungen nur bei der Nahrungssuche, andere bei der Eiablage oder im Kopulationsverhalten u. dgl.; auch kann ein Duftstoff in mehreren Funktionskreisen Orientierungswert besitzen.

Doch lassen sich keine Beziehungen zur chemischen Struktur aufstellen. Eine Gliederung nach ihrer funktionellen Bedeutung allein ist z. Z. noch nicht möglich, da diese bei vielen Stoffen noch nicht geklärt ist. Da die bisher verwendeten Bezeichnungen Lock- (Attractants) und Schreckstoffe (Repellents) die Köderwirkung nur unzureichend charakterisieren, haben Dethier, Browne und Smith (1960) eine Terminologie geschaffen, die, soweit gegenwärtig möglich ist, nicht nur die Richtung, sondern auch die Art der ausgelösten Verhaltensreaktionen berücksichtigt. Ihr Einfluß auf Ortsbewegung, Fraß, Paarung und Eiablage wird durch folgende Begriffe charakterisiert, wobei die Förderung als Arrestant, Stimulant und Attractant, die Verhinderung einer Verhaltensreaktion als Repellent und Deterrent bezeichnet werden. Natürlich können zunächst noch nicht alle Reaktionen berücksichtigt werden, die durch Änderung der Konzentration, ökologische Faktoren und besondere ethologi-

sche Verhältnisse, auf die weiter unter eingegangen wird, bedingt sind. Mit dem Fortschritt der ethologischen Forschung im Pflanzenschutz läßt die spezifische Funktionskreisanalyse eine Lösung des Lockstoffproblems erwarten.

Der chemische Reiz ist oft in seiner Wirkungsdauer begrenzt und erlischt, sobald die von ihm angeregte Funktion (z. B. Nahrungssuche mit der Nahrungsaufnahme und dergleichen) abgelaufen ist oder andere Reize die Reaktionsbereitschaft auf den Köderstoff auslösen. Da aber hier nicht alle Tiere eines Biotyps unter den gleichen Lebensbedingungen heranwachsen, ist die gleichzeitige Reaktion aller Individuen einer Population nie zu erwarten. Außerdem ist der chemische Reiz allein nicht immer entscheidend. Er bildet zusammen mit anderen Reizqualitäten, wie Farbe, Form, Licht, Temperatur und dergleichen, ein Reizfeld, dessen Struktur die Handlungsweise des Tieres bestimmt. Änderungen der Intensität oder Art der Reizqualitäten, wie sie z. B. schon allein durch das Wachstum der Wirtspflanze bedingt sind, haben ein unterschiedliches Verhalten zur Folge, das sich in der Größe der Fallenfänge mehr oder weniger stark auswirken kann. Durch Kombination mehrerer Reizqualitäten (Duft mit Farbe, Form, Licht und dergleichen) läßt sich die Fängigkeit der Fallen in gewissen Grenzen stabilisieren. Die Architektur des Fallenkörpers kann daher einen ebenso wichtigen Bestandteil der Falle darstellen, wie der Duftstoff selbst. Die zu wählende Reizkombination richtet sich nach den Lebensgewohnheiten des Schädlings. Auch die Wahl eines geeigneten Standortes trägt zur Erhöhung der optimalen Reizstruktur des Fallenfeldes bei, das sich in der Vertikalen durch die Art des Bodenwuchses und in der Horizontalen hauptsächlich durch klimatische Faktoren verändert. Die Kenntnis des Verhaltens der Schädlinge ist daher Voraussetzung für einen wirkungsvollen Einsatz des Köderverfahrens, wie an einigen Beispielen gezeigt werden kann.

Lepidoptera

Zur Ermittlung der Verbreitung des aus Europa eingeschleppten Schwammspinners hatten sich in den USA die von Weibchen erzeugten Sexuallockstoffe gut