**Zusammenfassung**

Der Einfluß der 8 untersuchten Herbizid-Handelspräparate auf Bodenbakterien- und -streptomyceten ist selbst in Konzentrationen, die weit über den nach praxisüblicher Herbizidanwendung in der Bodenlösung vorhandenen liegen, äußerst gering. Nur Propham (IPC) erwies sich in der sehr hohen Konzentration von 200 ppm als stärker hemmend. Das Pilzwachstum wird dagegen durch Herbizidlösung in hoher Konzentration stärker beeinflußt. Selbst die Wuchsstoffherbizide können bei einer Konzentration von 200 ppm auf bestimmten Nährsubstraten bis zu 70%ige Wachstumshemmungen bedingen. Hedolit (DNOC) und Propham (IPC) hemmen das Myzelwachstum völlig. Diese hemmende Wirkung läßt aber mit abnehmender Konzentration nach, außerdem ist gerade für diese Herbizide bekannt, daß ihr hemmender Einfluß schnell abklingt und sogar in einen fördernden umschlagen kann. Die Wirkung der Herbizide auf Pilze hangt in starkem Maße vom Nährsubstrat ab. Eine Beziehung zwischen Gutwüchsigkeit und Herbizidwirkung konnte jedoch nicht festgestellt werden.

**Резюме**

Влияние 8 исследованных комерческих гербицидных препаратов на почвенные бактерии и стрептомицеты даже в концентрациях сильно превышающих концентрации имеющиеся в почвенном растворе после применения гербицидов в практике весьма незначительно. Только профам (IPC) в очень высокой концентрации 200 ппм оказался более сильно тормозящим веществом.

Более сильно действие на рост грибков оказывают растворы гербицидов высокой концентрации. Даже стимулирующие рост гербициды в концентрациях 200 ппм могут вызвать на известных средах 70%ное торможение роста. Гедолит (DNOC) и профам (IPC) вполне тормозят рост мицелия. Это тормозящее действие однако смягчается при убывающих концентрациях, кроме того относительно какраз этих гербицидов известно, что их тормозящее действие скоро исчезает и даже может превратиться в стимулирующее. Действие гербицидов на грибки в сильной мере зависит от питательного субстрата. Однако связи между хорошим ростом и гербицидным действием пока еще не удалось установить.

**Summary**

The influence of the 8 investigated herbicide products on the bacteria and streptomycetes living in the soil is a very weak one even in concentrations that are by far above those present in the solution of the soil after the applying of herbicides usual in practice. Only Propham (IPC) at the very high concentration of 200 ppm proved to be inhibitive to a larger degree. In contrast to that the growth of the fungi is strongly influenced by solutions of herbicides at a high concentration. Even the herbicides on the basis of growth regulators can produce inhibitions of growth up to 70% at a concentration of 200 ppm on special nutrient media. Hedolit (DNOC) and Propham (IPC) check the growth of the mycelium totally. This inhibiting effect slackens with the decreasing concentration. It is well known, moreover, that this lowering influence quickly fades away and may even be reversed to a promoting one. The effect of the herbicides on fungi depends to a high degree on the nutrient base. A correlation of quick growing and herbicidal effect, however, could not be ascertained.

**Literaturverzeichnis**

FLETCHER, W.: The effect of herbicides on soil micro-organisms. (Sammelreferat, vorgetragen auf dem Symposium on Herbicides and the soil, Oxford, 7. April 1960) Blackwell Scientific Publications Ltd. 1960

VODERBERG, K.: Über die Gerbstoffabgabe keimender Samen. Wiss. Z. Humboldt-Univ. Math.-Nat. R. IX. 1959/60. S. 267

# Über die Wirkung von Hexachlorcyclohexan auf die Bodenbiozönose unter besonderer Berücksichtigung der *Acarina*

Von W. KARG

Aus der Biologischen Zentralanstalt Berlin der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Zu den weit verbreiteten chemischen Mitteln, die gegen tierische Bodenschädlinge empfohlen und angewandt werden, gehören die Präparate auf der Basis von Hexachlorcyclohexan. Nachdem wir über die Anwendungsmöglichkeiten gegen Schädlinge gut unterrichtet sind, erschien es besonders notwendig, auch die Wirkung auf die nützliche Fauna des Bodens zu überprüfen. Die Tiere des Bodens stehen in enger wechselseitiger Verbindung mit ihrer Umwelt. Störungen im Stoffkreislauf des Bodens müssen sich daher in der Reaktion der edaphischen Tiere bemerkbar machen.

Es war festzustellen, ob anfangs eine vollständige Vernichtung der Nützlinge durch HCH erfolgt und erst allmählich eine Wiederbesiedlung einsetzt, wie dies KELLER (1952) für Collembolen ermittelte. Den von verschiedenen Autoren (BAUDISSIN, 1952; GREGORJEWA, 1952; SHEALS, 1955) erwähnten Übervermehrungen in behandelten Flächen sollte nachgegangen werden. Besonders wichtig erschien es, die edaphischen Milben in die Untersuchungen mit einzubeziehen. Sie treten in einem besonderen Artenreichtum auf. Ihre ökologischen Beziehungen sind sehr vielseitig. Die Systematik der *Acarina* ist bisher im besonderen Maße vernachlässigt worden, so daß eingehende systematische Studien erforderlich waren. Eine spezielle Bearbeitung erfolgte für die Familiengruppe der Gamasiden (KARG, 1960). Die übrigen Gruppen wurden soweit bearbeitet wie zur Zeit Bestimmungsliteratur vorliegt. Dazu wurden die Arbeiten von STACH (1947–57), GISIN (1943), BAKER

Tabelle 1

| Ort | Bodeneigenschaften | Feldfrucht | Datum der Begiftung | Gammagehalt pro Ar | Applikationsform des Gammapräparates |
|---|---|---|---|---|---|
| Stahnsdorf/Berlin | Humoser Sandboden | Klee-Gras-Gemisch | 5. 6. 1956 | 25; 50; 100 g | als Suspension mit Gießkannen ausgegossen (10 Liter Wasser/m²) |
| Linow/Rheinsberg | Humoser Sandboden, schwach lehmig, flachgründig, steinig | Rüben | 9. 4. 1958 | 16 g | m. d. Hand ausgestreut in Schälfurche, dann geeggt, m. d. Frühjahrsfurche eingepflügt |
| Langenstein/Halberstadt | lehmiger Humusboden | 1958: Luzerne<br>1959: Gemenge | Herbst 1958 | 50 g | m. d. Hand ausgestreut, 1 Tag danach m. d. Scheibenegge eingeeggt, einige Tage darauf m. d. Winterfurche eingepflügt |
| Langenstein/Halberstadt | lehmiger Humusboden | 1958: Mais<br>1959: Rüben | Herbst 1958 | 50 g | |
| Wohla/Löbau | Sandiger Lehmboden, sehr fest und trocken | Rotklee u. Weidelgras | 28. 3. 1957 | 10; 20 g | m. d. Hand ausgestreut und eingegrubbert (Etwa 10 cm tief) |
| Sachsendorf/Frankfurt/Oder | Bruchboden, sehr lehmig | 1959: Futterrüben | Frühjahr 1959 | 15 g | m. d. Hand ausgestreut und in 2 Richtungen eingeeggt. |

u. WHARTON (1952), v. VITZTHUM (1929), SELLNICK (1928), WILLMANN (1931), S. THOR (1933), v. d. HAMMEN (1952), STAMMER (1957) herangezogen.

Um Einblicke in biozönotische Zusamenhänge zu gewinnen, war es notwendig, einen bestimmten Standort genauer zu untersuchen. Eine Grünlandfläche der BZA Berlin zwischen Teltow und Stahnsdorf bei Berlin wurde für eine Dauеruntersuchung ausgewählt und 3 Jahre laufend durch insgesamt 45 Probenserien überprüft.

Collembolen- und Milbenformen wurden determiniert und ihre Anzahl in behandelten und unbehandelten Flächen ermittelt. Im ersten Versuchsjahr 1956/57 wurden 3 HCH-Konzentrationen (25, 50 und 100 g Gamma pro Ar) in 10 Probenserien untersucht. Die Konzentrationen entsprachen Präparatemengen, wie sie von G. RICHTER (1957) für die praktische Engerlingsbekämpfung empfohlen wurden. Da sich zeigte, daß bereits durch die niedrigste Dosis von 25 g Gamma/a bei der Mehrzahl der Formen eine maximale Wirkung erreicht wird, wurde vor allem diese Wirkungsstoffmenge bei den Bodenprüfungen herangezogen. Weiterhin wurden möglichst Bodenbehandlungen mit geringeren Wirkstoffmengen (15–16 g Gamma/a) untersucht. Um den Einfluß verschiedener Bodenarten festzustellen, wurden 1959 außerdem Bodenbehandlungen an anderen Standorten überprüft (Tab. 1). Es wurden ausschließlich Gammapräparate untersucht, bei denen das HCH einen Gammagehalt von 80 – 100% besitzt. Dies entspricht auch den Anforderungen der Praxis, da die übrigen Isomeren beim Erntegut Geschmacksbeeinträchtigungen verursachen. Um Nebenwirkungen durch Emulgatoren zu vermeiden, wurde für den Dauerversuch eine Suspension verwendet.

## Methodik

Die Verteilung der Tiere im Boden ist heterogen. *Collembola* und *Acarina* leben in Kolonien, für die KÜHNELT (1950) einen Durchmesser von 8 – 30 cm angibt. Um zu vergleichbaren Abundanzwerten zu kommen, ist es notwendig, möglichst viele Proben zu entnehmen. Die Vergleichsflächen sollen möglichst gleichartige, ebene Lagen sein, die dieselbe Düngung, Bodenbearbeitung und -nutzung erfahren haben. Parzellen werden im Zufallsquadrat angeordnet. Zur Untersuchung werden Erdsäulen von 2 cm ⌀ und 5 cm Höhe mit Hilfe von Stahlzylindern ausgestochen. Die Stahlrohre besitzen seitlich einen Schlitz zum Herausschieben der Erde. Um auch die Tiefenwirkung überprüfen zu können, wird die Erde in 3 Tiefen, A: 1 – 5 cm, B: 5 – 10 cm und C: 10 – 15 cm Tiefe, entnommen. Unterhalb dieser Tiefe werden Vertreter der betreffenden Tiergruppen nur noch spärlich gefunden.

Es müssen mindestens pro Vergleichslage jeweils 20 Einstiche im Abstand von 20 – 50 cm erfolgen. Bei jedem Einstich werden, entsprechend den Tiefenstufen, 3 Erdsäulen ausgehoben, so daß insgesamt pro Vergleichslage 3 × 20 = 60 Proben vorliegen. 20 Erdsäulen von 5 cm Höhe kommt ungefähr ein Volumen von 1/3 Liter zu.

Die Erde muß möglichst schnell und ohne auszutrocknen in das Laboratorium transportiert werden. Sehr geeignet dazu sind Kunststoffbüchsen. Bei Insektizidprüfungen kommt es darauf an, festzustellen, welcher Anteil der Bodentiere eine HCH-Einwirkung ohne Schädigung übersteht. Bodenauslese-Verfahren, bei denen sowohl tote, als auch nicht mehr aktive Organismen von den noch lebenden Tieren nicht unterschieden werden können, sind für diese Fragestellung ungeeignet. Die Auslese der Tiere erfolgte daher durch einen Berlese-Automaten. Hier wandern die Tiere selbst infolge positiver Hygrotaxis und negativer Phototaxis aus den Erdproben aus. Der Berlese-Automat bietet den Vorteil, daß gleichzeitig eine große Anzahl Proben ausgelesen werden kann, wie dies bei der vorliegenden Arbeit erforderlich war. Um eine langsame Austrocknung der Erde zu erreichen, wurde in Anlehnung an BARING (1954) für die Beleuchtung Kaltlicht (Neonröhren) verwendet. Die Maschenweite der Siebe im Berlese-Automaten betrug 0,5 – 1 mm. Anfangs wurden 20 Proben, später 10 und schließlich nur noch 4 Proben auf einem Sieb zu einer Mischprobe vereinigt. Je kleiner die Proben, um so geringer sind die Verluste im Berlese-Automaten.

Tabelle 2

Individuensummen von Collembolen aus dem Grünland bei Stahnsdorf
1956/57 aus 10 Probenserien (je 120 Einzelproben)
1958 aus 22 Probenserien (je 120 Einzelproben)

| Gammagehalt in g pro Ar | 1956/57 | | 1958 | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 25 | 0 | 25 |
| *Ceratophysella armata* (Nicolet 1841) | 46 | 67 | 8 | 18 |
| *Onychiurus armatus* (Tullberg 1869) | 2 | – | 426 | 13 |
| *Willemia anophth alma* Börner 1901 | 38 | 26 | 350 | 221 |
| *Friesea mirabilis* (Tullberg 1871) | 14 | 4 | 8 | 1 |
| *Tullbergia krausbaueri* Borner 1901 | 308 | 215 | 3745 | 1100 |
| *Folsomia fimetaria* (L. Tulb. 1872) | 212 | 44 | 1511 | 194 |
| *Isotoma notabilis* Schäffer 1896 | 80 | 5 | 1743 | 508 |
| *Isotomodes productus* (Axelson 1906) | 23 | 23 | 20 | 4 |
| *Proisotoma bipunctata* (Axelson 1903) | 6 | – | 101 | 34 |
| *Entomobryidae* Börner 1913 (*Entomobrya nivalis* (Linné 1758)) | 5 | 1 | 59 | 11 |
| *Sminthuridae* Lubbock 1862 | 165 | 1 | 211 | 288 |

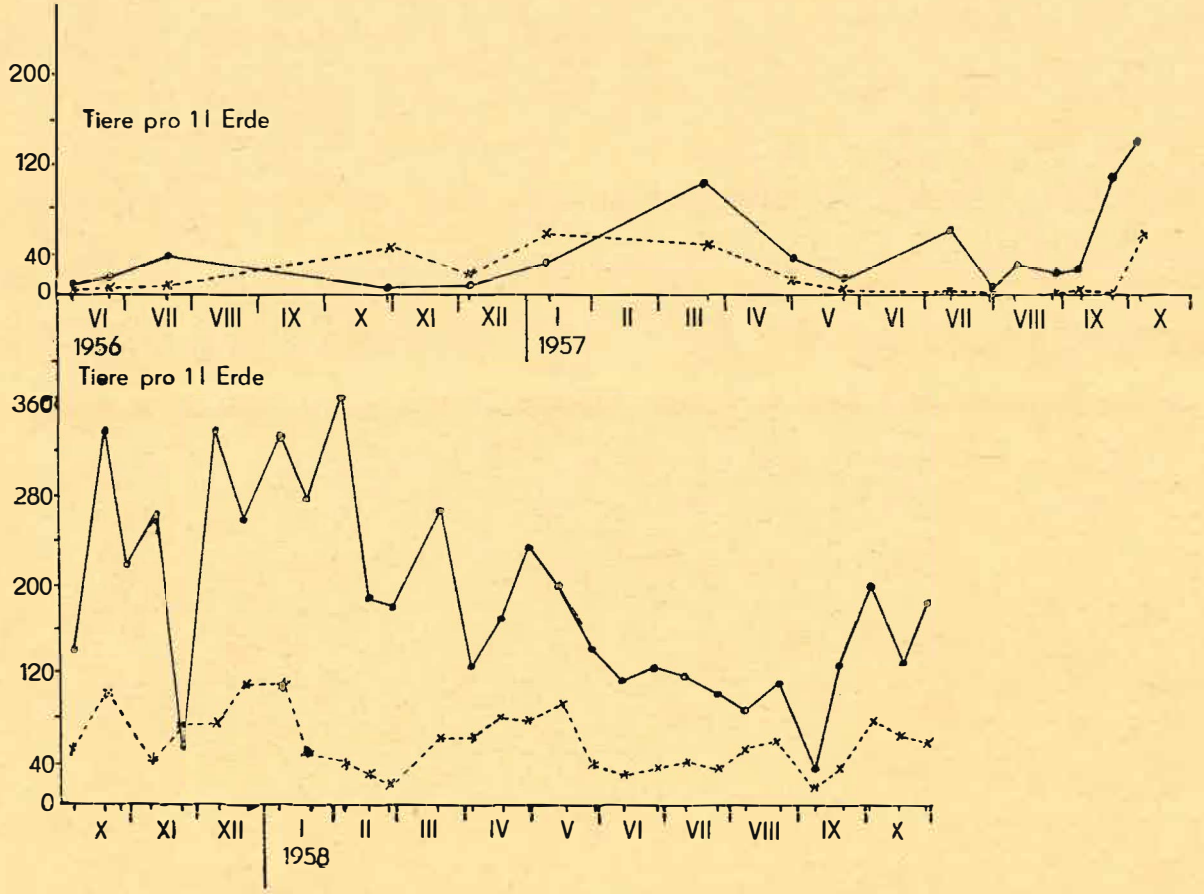


Abb. 1. Populationsschwankungen von *Tullbergia krausbaueri* in einem Grünland ___ unbehandelt, . . . . mit HCH (25 g Gamma/a) behandelt

Die Tiere wurden in Kristallisierschalen in einem Gemisch von 50% Äthylenglykol, 50% Wasser und einem Netzmittel (FW 6) aufgefangen. Die Fänge wurden über einem bunten Streifenraster durchmustert und *Collembola* sowie *Acarina* bis zur Gattung oder Familie bei 40 – 100facher Vergrößerung vorbestimmt. Zur weiteren Determination wurden die Tiere mit Hilfe einer Öse oder kleinen Schaufel auf Hohlschliffobjektträger in ein Aufhellungsgemisch von 4 Teilen Eisessig und einem Teil Glyzerin gebracht. Diese mit einem Deckglas versehenen provisorischen Praparate wurden 4 Tage lang in einem Wärmeschrank einer Temperatur von 50° C ausgesetzt. Die Artbestimmung erfolgte bei 420 – 2025facher Vergrößerung. Unter mehreren geprüften Aufhellungsverfahren (KOH, Milchsäure, Nelkenöl) erwies sich die geschilderte Methode für große Serienuntersuchungen als am besten geeignet. Die Tiere lassen sich sofort, ohne Auswaschen, von den provisorischen Präparaten in Dauerpräparate (Berlese- oder Faure-sches Gemisch) überführen. Es erfolgt keine Schrumpfung, Trübung und kein Auskristallisieren wie bei anderen Vorbehandlungen.

## Die überprüften Tiergruppen des Bodens und ihre Reaktion auf HCH-Einwirkung

*Collembola*

Die dominierende Art unserer Acker- und Wiesenböden ist *Tullbergia krausbaueri* Börner 1901. Die Populationsschwankungen dieser Art in den behandelten und unbehandelten Flächen des Stahnsdorfer Versuches zeigt Abb. 1. Zeitweise lagen sehr starke Schädigungen vor. Nur im Oktober – Dezember des ersten Halbjahres der Behandlung war eine Übervermehrung zu verzeichnen. Überprüft man die Tiefenwirkung, so ist zu erkennen, daß sie zur Tiefe hin abnimmt (Abb. 2 a). Die Übervermehrung erfolgte in der tieferen Schicht. Eine derartige Übervermehrung in der Tiefe trat auch bei einer Probenentnahme bei

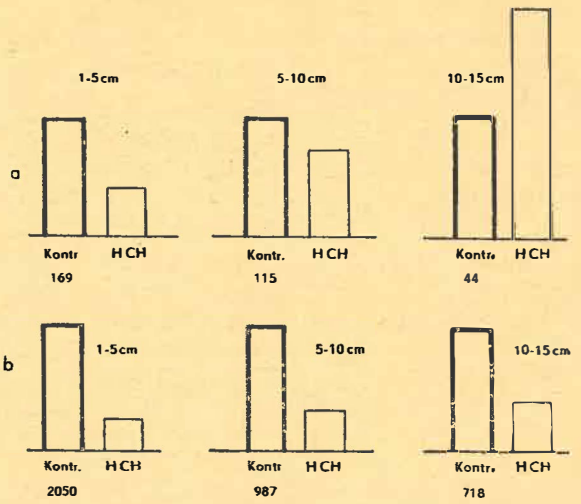


Abb. 2: Tiefenwirkung von HCH (25 g Gamma/a)
a) Tiersummen von *Tullbergia krausbaueri*, Juni 1956 bis Juli 1957;
b) Januar bis Dezember 1958 (die Zahlen unter der Kontrolle geben absolute Tiermengen an)

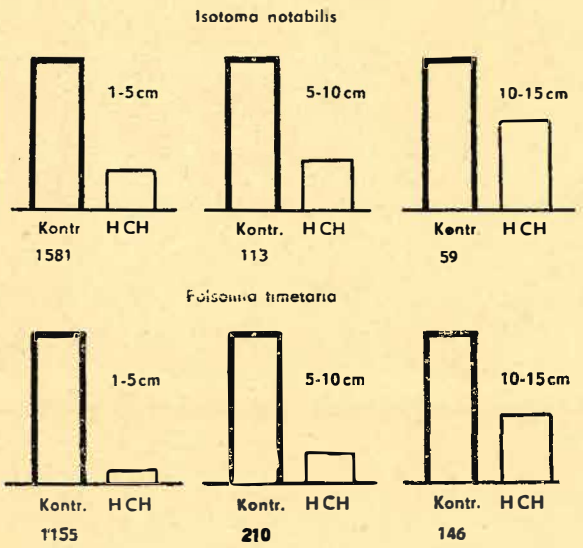


Abb. 3 Tiefenwirkung von HCH (25 g Gamma/a). 2 Collembolenarten als Testtiere. Tiersummen von Januar bis Dezember 1958 (die Zahlen unter der Kontrolle geben absolute Tiermengen an)

Rheinsberg auf. Im 3. Jahr war das Präparat weiter in den Boden eingedrungen, so daß eine fast gleichmäßige Dezimierung erreicht wurde (Abb. 2 b). Am 14. 11. 1959, nach 3½ Jahren, lag immer noch eine über 50%ige Schädigung von *Tullbergia krausbaueri* vor (Tab. 4 c).

Im Grünland traten häufig *Isotoma notabilis* Schäfer 1896 und *Folsomia fimetaria* (L, Tullb. 1872) mit hohen Dominanzwerten auf. Diese Arten waren anhaltend stark geschädigt (Tab. 2). Auch nach 3½ Jahren war dies sicher nachzuweisen (Tab. 4 c). Wie die Insektizidwirkung zur Tiefe hin nachläßt, veranschaulichen die Tiersummen der beiden Arten in Abb. 3. Einen Überblick der Insektizidwirkung auf die wichtigsten Collembolenarten gibt Tab. 2 wieder. Außer den genannten Arten war *Onychiurus armatus* (Tullb. 1869) stark dezimiert. Nicht so empfindlich sind *Proisotoma bipunktata* (Axelson 1903) und *Willemia anophthalma* Börner 1901. Als resistent erwies sich *Ceratophysella armata* (Nicolet 1841). Die Sminthuriden erfuhren im ersten Jahr nach der Behandlung eine starke Dezimierung. Im dritten Jahr dagegen verhielten sie sich resistenter. Eine Überprüfung anderer Böden führte zu ähnlichen Ergebnissen. Auf dem Bruchboden bei Frankfurt/O. erwies sich, wie im humosen Sandboden, *Ceratophysella armata* als äußerst resistent gegenüber 15 g Gamma/a. *Tullbergia krausbaueri* war bei dieser Konzentration kaum beeinflußt (Tab. 4 d). Sehr empfindlich dezimiert wurde *Folsomia quadrioculata* (Tullberg 1871) (75%ig), ein Collembole, der in diesem Boden dominiert.

Überprüft man die Wirkung verschiedener Konzentrationen, so zeigt es sich, daß für die meisten Arten bereits durch 25 g Gamma/a eine Maximalschädigung erreicht wurde (Abb. 4). Nur der wenig empfindliche Collembole *Ceratophysella armata* ließ eine Wirkungsabstufung entsprechend den angewandten Konzentrationen erkennen. Durch niedrige Wirkstoffmengen wurde eine Übervermehrung erzielt.

Acarina

a) Gamasides und *Uropodina*

Auf HCH reagieren die Gamasiden sehr empfindlich. Bereits 25 g Gamma/a verursachte eine starke Schädigung, die sich durch 50 und 100 g nicht erhöhte (Abb. 5). Nach 3¼ Jahren war immer noch eine Dezimierung zu verzeichnen (Tab. 4 b). Abgesehen

**Tabelle 3**

Individuensummen von Milben aus dem Grünland bei Stahnsdorf
1956/57 aus 10 Probenserien (je 120 Einzelproben)
1958 aus 22 Probenserien (je 120 Einzelproben)

| Gammagehalt in g pro Ar | 1956/57 0 | 1956/57 25 | 1958 0 | 1958 25 |
|---|---|---|---|---|
| a) Gamasides | | | | |
| *Pergamasus septentrionalis* (Oudms. 1902) | – | – | 21 | 27 |
| *Pergamasus crassipes* (Linné 1758) | 3 | 3 | 25 | 26 |
| *Pergamasus runcatellus* Berlese 1903 | – | – | 2 | 10 |
| *Rhodacarellus silesiacus* Willm. 1936 | 40 | 18 | 573 | 218 |
| *Rhodacarus roseus* Oudemans 1902 | 8 | 8 | 51 | 3 |
| *Dendrolaelaps rectus* Karg 1960 | 55 | 3 | 624 | 178 |
| *Dendrolaelaps zwoelferi* (Hirschm. 1951) | – | – | 42 | 83 |
| *Dendrolaelaps strenzkei* (Hirschm. 1951) | – | – | 18 | 4 |
| *Asca bicornis* (Can. et Fanz. 1877) | 2 | – | 6 | 11 |
| *Alliphis siculus* (Oudemans 1905) | 25 | 7 | 27 | 38 |
| *Arctoseius pratensis* Hirschm. 1951 | 64 | 4 | 14 | 14 |
| *Platyseius montanus* (Willmann 1949) | 25 | 2 | 14 | 7 |
| *Typhlodromus obtusus* (Koch 1839 non Berlese 1889) | 10 | 6 | 1 | 1 |
| *Veigaia nemorensis* (Koch 1836) | – | – | 34 | 23 |
| *Veigaia leruthi* Willmann 1935 | – | – | 6 | – |
| *Prozercon fasciatus* (Koch 1839) | 1 | – | 31 | 19 |
| b) Uropodina, *Uropodidae* Berl. | 4 | 2 | 59 | 32 |
| c) Prostigmata | | | | |
| *Microtydeus* + *Coccotydeus* Thor 1931 | 341 | 206 | 889 | 1302 |
| *Tydeus* C. L. Koch 1836 + *Retetydeus* Sig Thor 1931 | 77 | 95 | 180 | 196 |
| *Eupodes* Koch 1836 | 4 | – | 37 | 22 |
| *Nanorchestidae* Grandjean 1937 | – | – | 4 | 4 |
| *Rhagidia* Oudemans 1922 | 1 | 2 | 21 | 1 |
| Sonstige Prostigmata *(Raphignatidae, Erythraeidae, Trombidiidae, Bdellidae)* | – | – | 148 | 139 |
| d) Oribatei | | | | |
| *Oppia nova* (Oudemans 1902) | 13 | 4 | 70 | 143 |
| *Oppia minus* (Paoli 1908) | 4 | 4 | 14 | 15 |
| *Tectocepheus velatus* (Michael 1880) | 15 | – | 359 | 30 |
| *Scheloribates laevigatus* (Koch 1836) | 4 | – | 76 | 151 |
| *Scheloribates latipes* (Koch 1844) | 2 | 1 | 55 | 103 |
| *Scutovertex minutus* (Koch 1836) | 9 | 1 | 17 | 3 |
| *Trichoribates trimaculatus* (Koch 1836) | 8 | 2 | 108 | 56 |
| *Liebstadia similis* (Michael 1888) | – | – | 14 | 3 |
| *Brachychthonius berlesei* (Willmann 1928) + *B. brevis* (Michael 1888) | 47 | 4 | 1262 | 56 |
| Oribatiden-Nymphen | 29 | 7 | 277 | 95 |

**Tabelle 4**

Individuensummen einiger häufiger Collembolen- und Milben-Arten aus verschiedenen Probenserien (Tierzahlen pro 1 Liter Erde)
a) Probenentnahme im Grünland von Stahnsdorf 24 Stunden nach der Behandlung.
b) und c) Die zwei letzten Probenentnahmen nach 3¼ Jahren.
d) Probenentnahme im Bruchboden bei Frankfurt/O.

| Gammagehalt in g pro Ar | a) 6. 6. 59 0 | a) 6. 6. 59 25 | b) 4. 9. 59 0 | b) 4. 9. 59 25 | c) 14. 11. 59 0 | c) 14. 11. 59 25 | d) 8. 1. 60 0 | d) 8. 1. 60 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Collembola | | | | | | | | |
| *Onychiurus armatus* | – | 6 | 1 | 6 | 1 | – | 19 | 54 |
| *Tullbergia krausbaueri* | – | – | 31 | – | 39 | 2 | 18 | 2 |
| *Ceratophysella armata* | 11 | 7 | 43 | 36 | 163 | 60 | 105 | 95 |
| *Folsomia fimetaria* | 3 | 1 | 35 | 16 | 61 | 6 | – | 5 |
| *Folsomia quadrioculata* | – | – | – | – | – | – | 129 | 18 |
| *Isotoma notabilis* | – | – | 24 | 4 | 7 | – | 20 | 6 |
| Acarina | | | | | | | | |
| Gamasides | | | | | | | | |
| *Dendrolaelaps rectus* | – | – | 29 | 14 | 2 | 19 | – | – |
| *Rhodacarus roseus* | 1 | 4 | 11 | – | 7 | – | – | 1 |
| *Rhodacarellus silesiacus* | – | – | 12 | 7 | 6 | 2 | 9 | – |
| *Veigaia nemorensis* | – | – | 19 | 8 | 10 | 3 | 3 | – |
| Tarsonemini | | | | | | | | |
| *Pyemotidae* | – | 1 | 43 | 44 | 69 | 76 | 42 | 10 |
| *Scutacaridae* | 1 | – | 13 | 31 | 16 | 18 | 11 | 20 |
| *Tarsonemidae* | 14 | 13 | 2 | 6 | 11 | 8 | 2 | 24 |
| Prostigmata | | | | | | | | |
| *Microtydeus-Coccotydeus* | 45 | 51 | 164 | 418 | 238 | 251 | 34 | 16 |
| *Tydeus-Retetydeus* | 9 | 6 | 73 | 56 | 73 | 29 | 110 | 155 |
| Acaridiae | | | | | | | | |
| *Tyrophagus* | 85 | 8 | – | – | 1 | 1 | 4 | 13 |
| Hypopus-Stadien | – | – | 1 | 2 | – | – | 12 | 358 |
| Oribatei | | | | | | | | |
| *Brachychthonius* | – | – | 39 | 10 | 32 | 3 | – | – |
| *Tectocepheus velatus* | 1 | – | 5 | – | 10 | – | 11 | – |

vom ersten Halbjahr nach der Behandlung, ließ im Zeitraum von Oktober bis Dezember regelmäßig die Giftwirkung nach, vergleiche 1957, 1958 (Abb. 6) und 1959 (Tab. 4 c). Unter den Gamasiden scheinen die *Pergamasus*-Arten und *Dendrolaelaps zwoelferi* (Hirschmann 1951) weniger empfindlich zu sein (Tab. 3 a). Die Reaktion der Arten im lehmigen Humusboden (Halberstadt) und im festen, trockenen Lehmboden (Löbau) war ähnlich. Zieht man die Gamasiden als Testobjekte für die Tiefenwirkung heran, so ist

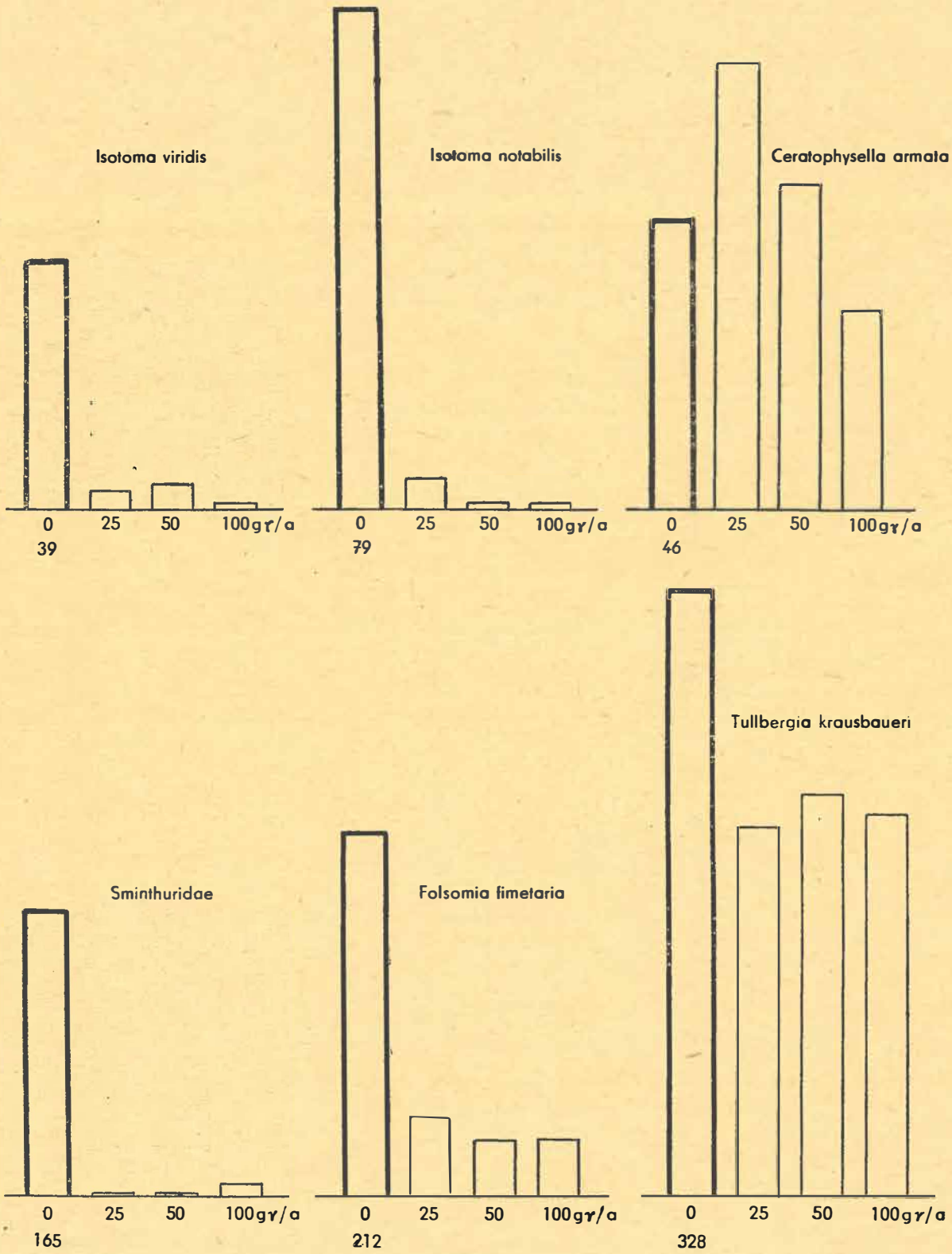


Abb. 4: Die Wirkung verschiedener HCH-Konzentrationen auf Collembolenarten. Tiersummen von Juni 1956 bis Juni 1957 (die Zahlen unter der Kontrolle geben absolute Tiermengen an)

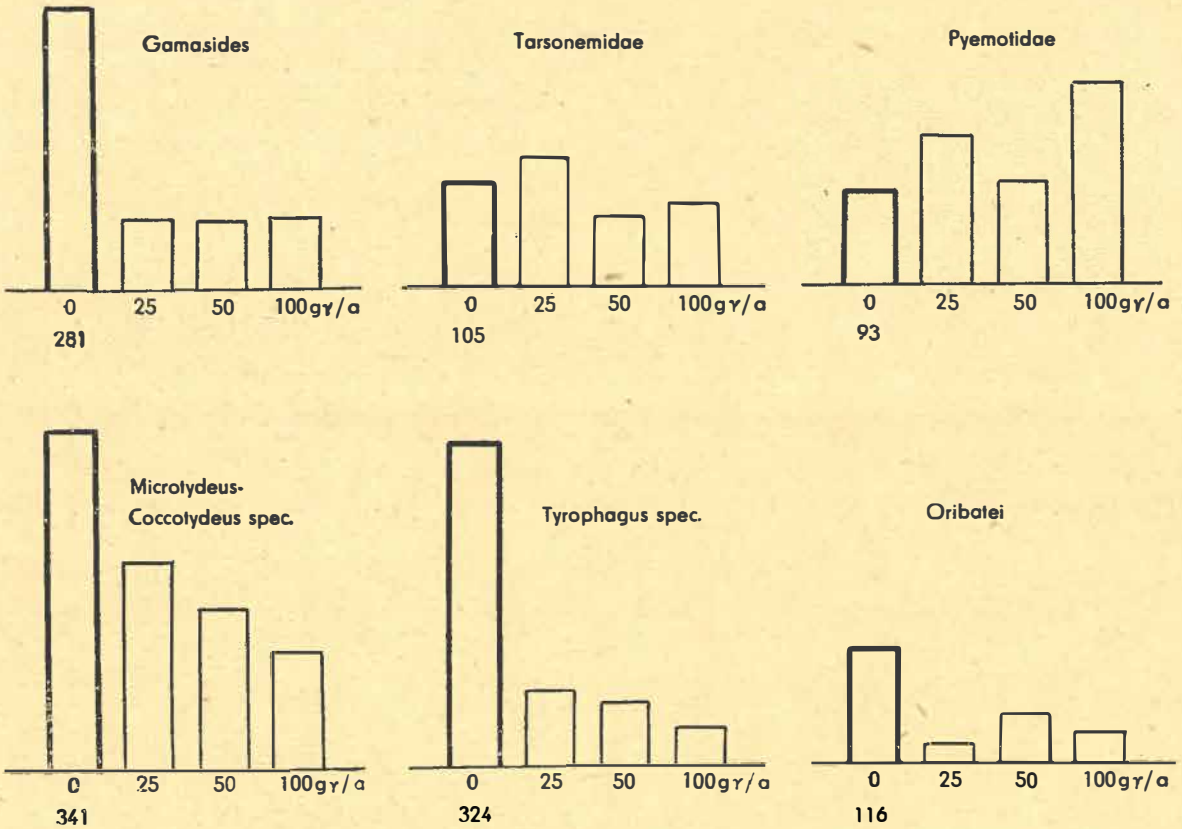


Abb. 5: Die Wirkung verschiedener HCH-Konzentrationen auf einzelne Milbengruppen. Tiersummen von Juni 1956 bis Juli 1957 (die Zahlen unter der Kontrolle geben absolute Tiermengen an)

wie bei Collembolen zu erkennen, daß das Mittel im Laufe der Zeit tiefer in den Boden eingedrungen ist (Abb. 7).

Systematisch mit den Gamasiden verwandt sind die *Uropodina*. Während die Gamasiden aber vorwiegend Räuber sind, ernähren sich diese Milben nach eigenen Beobachtungen saprophag. Durch HCH waren sie fast 50%ig geschädigt (Tab. 3 b).

b) *Tarsonemini*

Zur Gruppe der *Tarsonemini* werden die Familien *Pyemotidae, Scutacaridae* und *Tarsonemidae* gestellt. Die häufigsten im Boden des Stahnsdorfer Grünlandes ermittelten Pyemotiden sind *Pygmephorus sellnicki* Krczal 1954 und *Pygmephorus gracilis* Krzal 1954*).

Die Reaktion der *Pyemotidae* auf HCH ist unterschiedlich. Im ersten Jahr des Dauerversuches waren sie Dosierungen von 25 – 100 g Gamma/a gegenüber resistent (Abb. 5). In tieferen Schichten waren Übervermehrungen entstanden. Im dritten Jahr war jedoch in allen Schichten eine bestimmte Giftwirkung festzustellen (Abb. 9). Testserien im vierten Jahr ließen erneut eine Übervermehrung erkennen (Tab. 4 c).

Die *Tarsonemidae* (Fadenfußmilben, Weichhautmilben) sind bekannt durch einige weit verbreitete Pflanzenschädlinge. Von geringeren Konzentrationen waren diese Milben unbeeinflußt, vergl. 25 g Gamma/a im humosen Sandboden (Abb. 5) und 15 g Gamma/a im Bruchboden (Tab. 4 d). In dem humosen Sandboden bei Stahnsdorf setzte eine geringe Schädigung bei 50 g Gamma/a ein (Abb. 5).

Die *Scutacaridae* erwiesen sich als etwas HCH-empfindlicher als die übrigen *Tarsonemini*.

c) *Prostigmata*

Die Familiengruppe umfaßt eine Fülle verschiedenartiger Formen. Durch HCH wurden *Microtydeus-Coccotydeus*-Arten anfangs vermindert. Die Schädigung erfolgte den aufgewendeten Wirkstoffmengen entsprechend (Abb. 5). Im zweiten und dritten Jahr verhielten sich aber diese *Tydeidae* sehr resistent, vergleiche Tab. 3 c. In tieferen Schichten kam es zu Übervermehrungen (Abb. 10). Eine Unempfindlichkeit von *Microtydeus-Coccotydeus* bzw. *Tydeus*-Arten konnte auch in anderen Böden festgestellt werden (Tab. 4 d).

d) *Acaridiae*

Die Gruppe war im humosen Sandboden von Stahnsdorf vor allem durch *Tyrophagus dimidiatus* (Hermann 1804) und *Tyrophagus infestans* (Berlese 1884)*) vertreten. Durch HCH wurden die Arten zeitweise fast völlig vernichtet. Ihre Entwicklung ist aber sehr stark temperaturabhängig. In der wärmeren Jahreszeit kam es zu hohen Vermehrungen (Abb. 11). Bei geringen HCH-Gaben traten dann Übervermehrungen auf, vergl. Abb. 11 bei 25 g Gamma/a im humosen Sandboden (Stahnsdorf). Konzentrationsunterschiede von 25 bis 100 g Gamma/a wirkten sich bei diesen empfindlichen Formen nur unbedeutend aus (Abb. 5). Bemerkenswert ist das Verhalten der Wandernymphen, der Hypopusstadien. Diese Formen sind stark

*) Herr Prof. Dr. H. J. STAMMER (Erlangen) war so entgegenkommend und vermittelte die Bestimmung einer Anzahl Pyemotiden durch Herrn Dr. H. KRCZAL, dem Spezialisten und Bearbeiter für diese Familie. Ich möchte an dieser Stelle noch einmal meinen herzlichsten Dank aussprechen.

*) Für die Bestimmung dieser Art bin ich Herrn Prof. Dr. H. J. STAMMER (Erlangen) zu Dank verpflichtet.

sklerotisiert und daher allgemein gegen Umwelteinflüsse widerstandsfähiger. Im Bruchboden traten sie in großen Mengen in der HCH-behandelten Fläche auf (Tab. 4 d).

e) *Oribatei*

Die Hornmilben sind vorwiegend Primärzersetzer (SCHUSTER, 1955). Blattnahrung scheint von den Oribatiden nur ungenügend ausgenutzt zu werden. Erst Sekundärzersetzer, vor allem Collembolen, führen dann die Verarbeitung des organischen Materials weiter durch. In den untersuchten Ackerböden waren diese Milben vorwiegend durch kleine Formen, wie *Brachychthonius*-Arten, *Oppia minus* (Paoli 1908), *Oppia nova* (Oudemans 1902) und *Tectocepheus velatus* (Michael 1880) vertreten. In einem mehrjährigen Grünland finden sich auch größere Arten ein. In Tab. 3 d sind die wichtigsten Formen im Grünland von Stahnsdorf aufgeführt. Die dominierenden Arten, *Brachychthonius*-Arten und *Tectocepheus velatus* wurden durch HCH bis auf einen geringen Prozentsatz (5 – 10%) abgetötet. 50 – 65%ig wurden *Trichoribates trimaculatus* (C. L. Koch 1836) und die Oribatiden-Nymphen dezimiert. Die *Scheloribates*-Arten und *Oppia nova* dagegen wiesen Übervermehrungen auf. Insgesamt sind die Hornmilben stark geschädigt (Abb. 12).

## Einschätzung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Initialwirkung

Der Stahnsdorfer Versuch zeigte, daß es auch bei einem gleichmäßigen Ausbringen von HCH nicht zu einer Totalvernichtung kommt. Tab. 4 a gibt die Testergebnisse 24 Stunden nach der Behandlung wieder. Nur bei Collembolen und bei den *Tyrophagus*-Arten ist eine Schädigung nachzuweisen. Die eigentliche Wirkung setzte erst im Laufe der nächsten 14 Tage ein. Nach dieser Zeit war eine starke Dezimierung sowohl bei *Collembola* als auch bei *Acarina* festzustellen (Tab. 2 und 3).

Wirkungsdauer

Nach Untersuchungen von BAUDISSIN (1952) wurde bei HCH-Behandlungen eines Sandbodens nach ca. 10 Wochen ein Ausgleich des Collembolenbesatzes von begifteten und unbegifteten Flächen erreicht. Bei Milben trat dies 3 Wochen später ein. BARING (1957) verfolgte die Auswirkung einer Bodenbehandlung (HCH, DDT u. a.) 1¼ Jahr lang

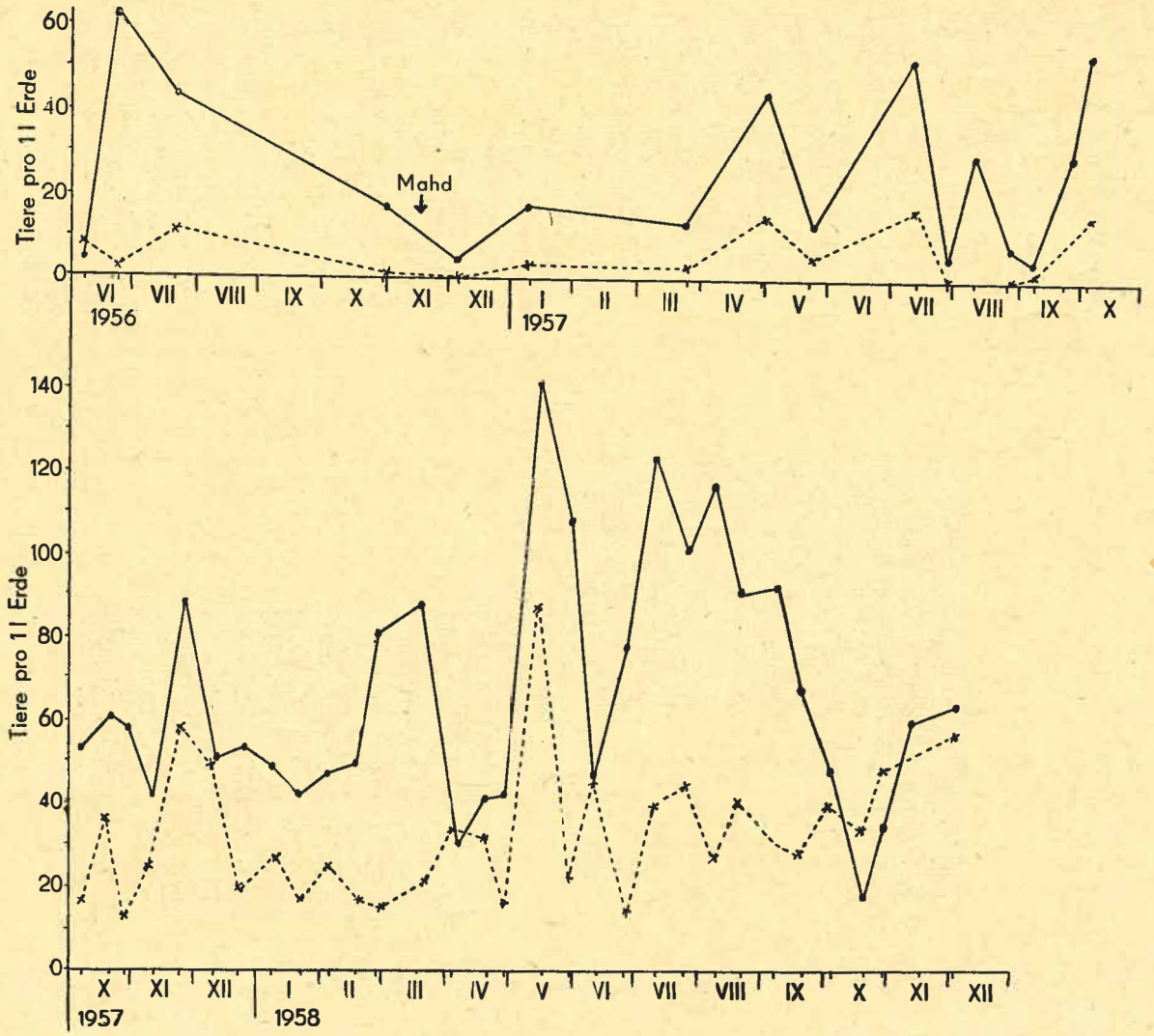


Abb. 6 Abundanzschwankungen der Gamasiden in einem Grünland. ____ unbehandelt, . . . . mit HCH (25 g Gamma/a) behandelt.

auf Milben. Der Autor kam zu dem Ergebnis, daß für den Gesamtmilbenbesatz eine Schädigungsdauer von mindestens 218 Tagen vorliegt. Aus den graphischen Darstellungen geht bei den genannten Autoren aber hervor, daß die Toxizität deutlichen Schwankungen unterliegt. Nur durch langjährige Überprüfungen können daher endgültige Aussagen über die Wirkungsdauer gemacht werden. Bei den eigenen Ermittlungen ist nach 3½ Jahren noch kein allgemeiner Ausgleich von behandelten und unbehandelten Flächen zu verzeichnen (Tab. 4 c).

Toxizitätsschwankungen, Selektivität, Resistenz

Die Gamasiden zeigen ein Abklingen und erneutes Eintreten der Giftwirkung während der gesamten Versuchsdauer. Nach 3¼ Jahren sind sie noch 35%ig dezimiert (Tab. 4 b). Im Sommer ist die Schädigung stärker, im Herbst läßt sie nach. Diese verringerte Schädigung bei Milben im Herbst beobachteten auch BARING (1957) und SCHMITT (1956). Wir führten eine genaue Populationsanalyse der dominierenden Gamasiden-Arten durch. Es zeigte sich, daß die stärkere Schädigung im Sommer auf eine größere Empfindlichkeit der Jugendstadien zurückzuführen ist (Abb. 8). Diese Jugendstadien überwiegen nämlich in der Zeit von Mai bis September. Bei Untersuchungen, die sich nur über ein Jahr erstrecken, können die Toxizitätsschwankungen zum Fehlschluß führen, daß am Jahresende eine „Erholung" eingetreten sei.

Wie bei den Untersuchungen von BARING (1957), ist auch bei den eigenen Ermittlungen eine Umschichtung des Formenspektrums festzustellen. Sie bleibt aber nicht konstant erhalten, wie die Reaktionen der *Pyemotidae* und *Tydeidae* beweisen. Hatten schon die früheren Untersuchungen eine Art-Selektivität von

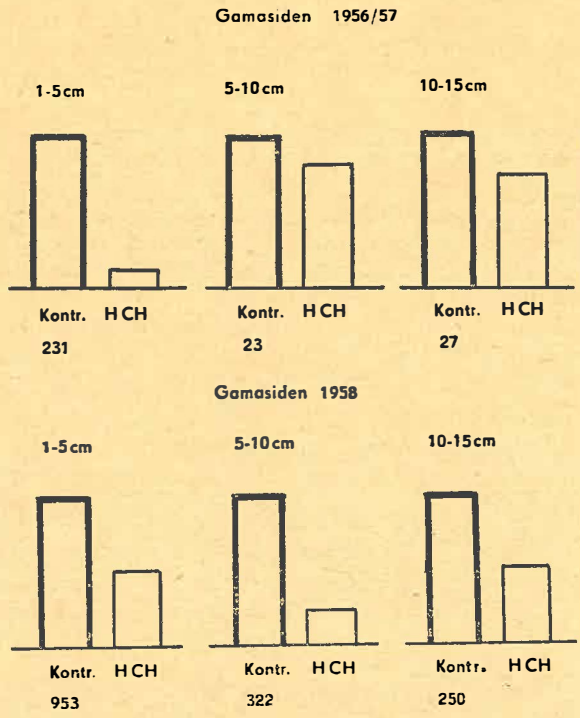


Abb. 7: Tiefenwirkung von HCH (25 g Gamma/a)
oben: Tiersummen von Gamasiden, Juni 1956 bis Juli 1957; unten: Januar bis Dezember 1958 (die Zahlen unter der Kontrolle geben absolute Tiermengen an)

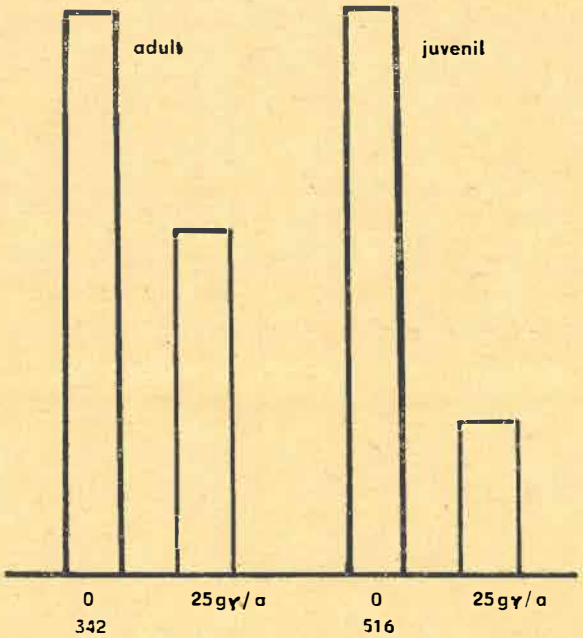


Abb. 8: Wirkung von HCH (25 g Gamma/a) auf adulte und juvenile Gamasiden (Raubmilben). Tiersummen aus 28 Probenserien 1957/58 mit je 1 Liter Erde = 60 Einzelproben

HCH für Collembolen aufzeigen können (KARG, 1956), so wird dies für diese Tiergruppe erneut bestätigt und außerdem auch für *Acarina* nachgewiesen. Soweit bei BARING (1957) die Formen determiniert wurden, lassen sich gut Übereinstimmungen mit unseren Ergebnissen feststellen. Stärkere Schädigung der Jugendstadien beruht nicht, wie BARING in Erwägung zog, auf unterschiedlichen Lebensräumen von juvenilen und adulten Stadien. Die Artdetermination von Larven, Proto-Nymphen, Deuto-Nymphen und Adulten ergab, daß die juvenilen Stadien in denselben Tiefenschichten auftreten wie die dazugehörigen Adulten (KARG, 1960). Als Ursachen für die Selektivität wurden von BARING Bevorzugung bestimmter Bodenschichten, Jahreszeit der Behandlung, artspezifische Empfindlichkeit und verschiedene Vermehrungspotenz der Milbenarten angegeben. Eine Überprüfung an den eigenen Befunden ergibt folgendes: Der Collembole *Isotoma notabilis* der oberen Bodenschicht ist stärker geschädigt als zum Beispiel die euedaphische Form *Tullbergia krausbaueri*. Andere Formen, die sich als resistent erwiesen haben, wie der Collembole *Ceratophysella armata*, die *Pergamasus*-Arten, die *Tarsonemini*, die Hornmilben *Oppia nova*, *Scheloribates laevigatus* und *Scheloribates latipes*, treten aber ebenfalls überwiegend in der oberen Schicht von 1–5 cm auf. Dies zeigt, daß die Tiefenwirkung bei der Selektivität eine geringe Rolle spielt. Die Jahreszeit der Behandlung ist bei der mehrjährigen Wirkung unbedeutend. Weiterhin kann die abgestufte Dezimierung der Arten nicht auf unterschiedliche Vermehrungspotenz zurückgeführt werden. Untersuchungen an Gamasiden (KARG, 1960) zeigten, daß zum Beispiel zwischen *Parasitidae* und *Laelaptidae* keine derartigen Differenzen bestehen, die das abweichende Verhalten gegenüber HCH erklären könnten. Die Hauptursache der Selektivität muß auf eine artspezifische Empfindlichkeit zurückgeführt werden. Dies würde auch die Übereinstimmung der Reaktion der Arten in verschiedenen Böden erklären. Die größere

Empfindlichkeit von zarthäutigen Larven und Nymphen (vergl. Gamasiden und Oribatiden) sowie weichhäutigen *Acaridiae* (im Gegensatz zum Hypopus-Stadium) weist darauf hin, daß die Sklerotisierungsstärke der Körperbedeckung bei der Resistenz entscheidend mitwirkt.

### Ursache von Übervermehrungen

Die Ursache der Übervermehrungen bestimmter Collembolen- und Oribatiden-Arten ist nach den eigenen Untersuchungen die starke Schädigung ihrer Hauptfeinde, der Gamasiden. Die Übervermehrung des Collembolen *Tullbergia krausbaueri* im Herbst 1956 (Abb. 1) läßt sich durch die gleichzeitige starke Dezimierung der Gamasiden (Abb. 6) erklären. Fütterungsversuche ergaben, daß sich ein großer Teil der Raubmilben, die mit dem Collembolen zusammenleben, mit *Tullbergia krausbauerei* erhalten läßt. Die Übervermehrung der erwähnten Oribatiden-Arten liegt ebenfalls in der Zeit, in der die Gamasiden stärker vermindert sind (Sommer). Die Fütterungsversuche zeigten, daß sich Raubmilben von juvenilen Oribatiden ernähren. In der Größenordnung und im Tiefenvorkommen müssen dabei Verfolger und Verfolgte übereinstimmen.

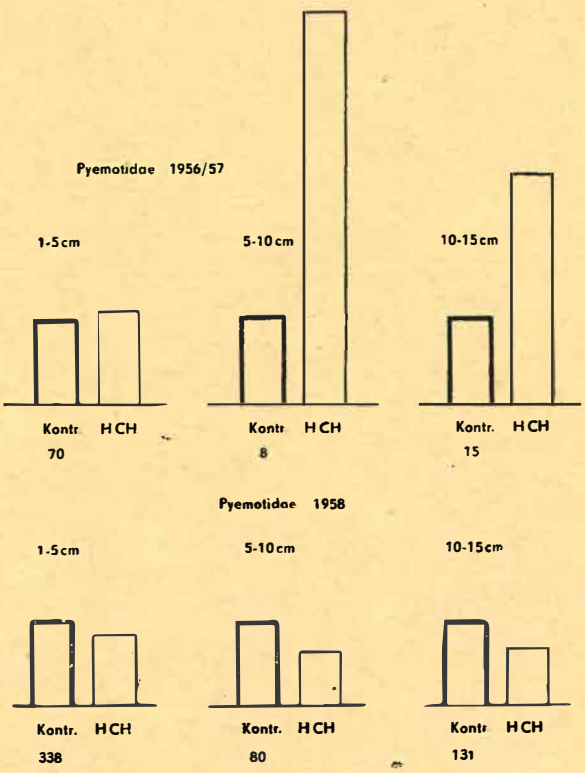


Abb 9: Tiefenwirkung von HCH (25 g Gamma/a)
oben: Tiersummen von Pyemotiden, Juni 1956 bis Juli 1957;
unten: Januar bis Dezember 1958 (die Zahlen unter der Kontrolle geben absolute Tiermengen an)

Bedingung für Übervermehrungen einer Art in behandelten Flächen ist eine gewisse Unempfindlichkeit gegenüber der angewandten Konzentration. Von sehr empfindlichen Formen wurde daher niemals eine Übervermehrung festgestellt. Die Bedeutung von räuberischen Gamasiden für Übervermehrungen von Collembolen wurde bereits von SHEALS (1955) nachgewiesen. Bei den Übervermehrungen der *Pyemotidae* und *Tydeidae* konnte bisher keine derartige

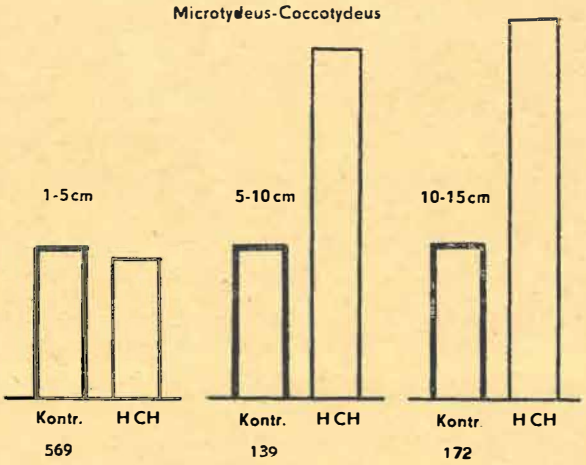


Abb. 10 Tiefenwirkung von HCH (25 g Gamma/a). 2 Staubmilbenarten *(Tydeidae)* als Testtiere. Tiersummen von Januar bis Dezember 1958 (die Zahlen unter der Kontrolle geben absolute Tiermengen an)

Beziehung gefunden werden. Hier könnte eine hohe Vermehrungspotenz, verbunden mit Resistenz und dem Eintritt günstiger Lebensbedingungen im behandelten Boden (Fehlen der Konkurrenten) von Bedeutung sein.

### Tiefenwirkung

Die Tiefenwirkung des Mittels reicht im ersten Jahr bis ungefähr 5 cm Tiefe. Dasselbe stellte auch BARING (1957) fest. Setzt man die Untersuchung weiter fort, so ist jedoch zu erkennen, daß das Präparat allmählich tiefer in den Boden eingedrungen sein muß. Vergleiche die Tiefenverteilung von 1956/57 und 1958 bei verschiedenen Tiergruppen (Abb. 2, 7, 9)! Der Boden lag während der gesamten Zeit in Ruhe. BAUDISSIN (1952) berichtete von E 605, daß es allmählich in den Boden eingewaschen wird. Von HCH liegen keine derartigen Angaben vor. Allerdings sind mehrjährige Tiefentestungen bisher nicht durchgeführt worden.

### Schlußfolgerungen für die Praxis

Bedeutsam für die praktische Anwendung der Gamma-Präparate bei Bodenbehandlungen ist ihre lange Dauerwirkung. Der Wirkstoff dringt im Laufe mehrerer Jahre bis zu 15 cm Tiefe ein und beeinflußt die gesamte Population empfindlicher Arthropoden-Arten. Die Übervermehrungen der weniger empfindlichen und resistenten Arten halten bei einer Konzentration von 25 g Gamma/a nur zeitweise an und können keinen allgemeinen Ausgleich herbeiführen. Aus

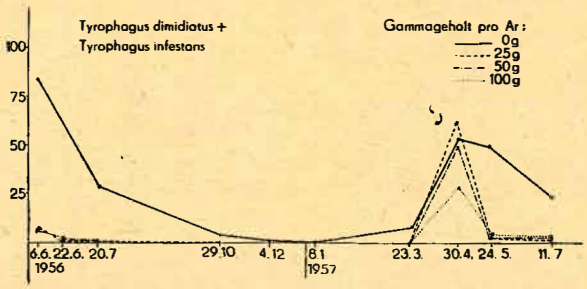


Abb. 11: Abundanzschwankungen von *Tyrophagus dimidiatus* und *T. infestans* (Abundanzwerte summiert) in einem Grünland bei verschiedenen HCH-Konzentrationen. Die Zahlen geben absolute Tiermengen pro 1 Liter Erde an

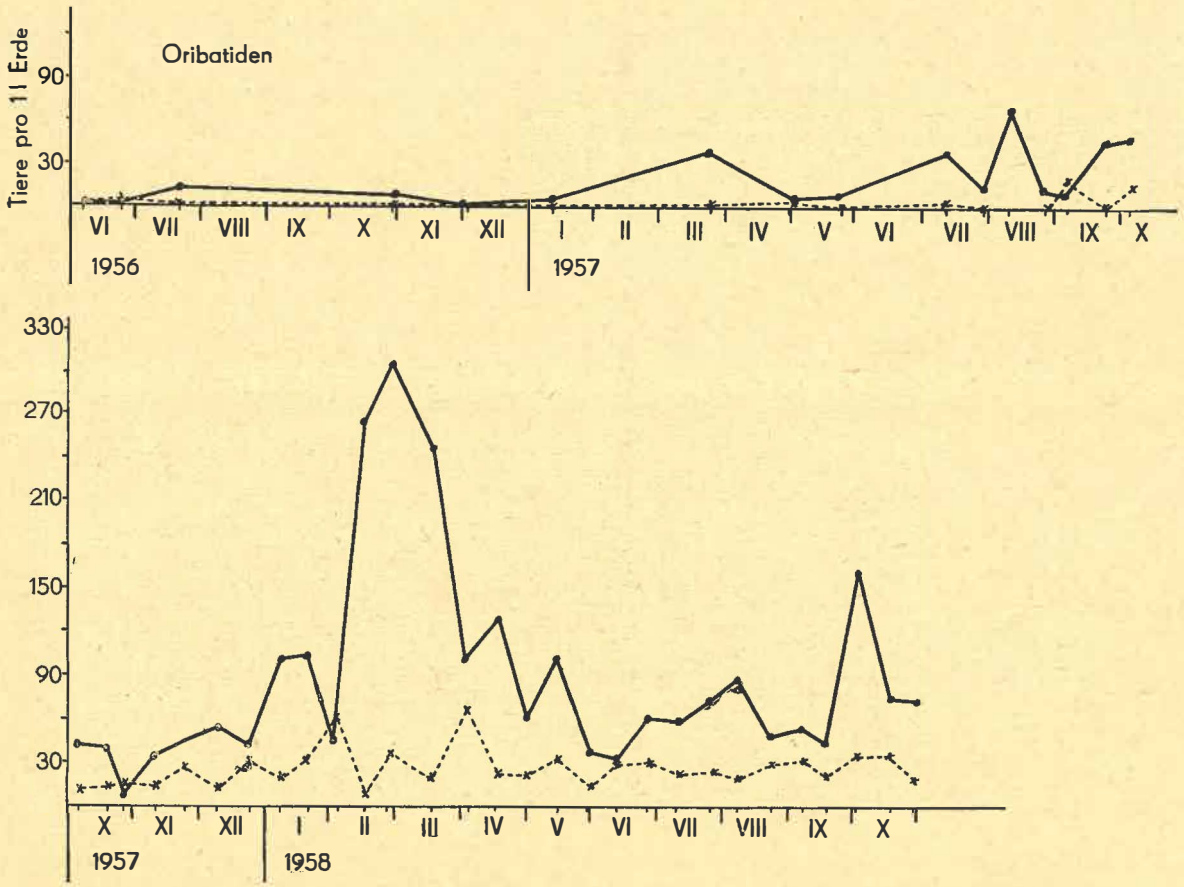


Abb. 12: Abundanzschwankungen der Hornmilben in einem Grünland. —— unbehandelt, . . . . mit HCH (25 g Gamma/a) behandelt

der Reaktion der Arten auf verschiedene Konzentrationen muß geschlossen werden, daß für jede Art die Schädigung bei einem bestimmten Schwellenwert einsetzt. Empfindliche Arten weisen bereits bei 25 g Gamma/a eine starke Mortalität auf, die durch höhere Gaben nicht ansteigt. Bei weniger empfindlichen Arten ist meist eine abgestufte Dezimierung entsprechend der Konzentration zu erkennen (Abb. 4 und 5). Testserien auf behandelten Böden mit Konzentrationen von 15 bis 16 g Gamma/a zeigen, daß hier häufiger Ausgleichsvorgänge auftreten. SCHMITT (1956) untersuchte die Wirkung geringer Wirkstoffmengen von 10 und 20 g Gamma/a auf Collembolen (Familien determiniert) und Milben (Unterordnungen determiniert): Während bei 20 g Gamma/a noch wesentliche Schädigungen auftraten, war bei 10 g Gamma/a die Beeinträchtigung der Nützlinge unwesentlich, bzw. wurde durch stärkere Vermehrung in der Tiefe innerhalb eines Jahres ausgeglichen.

Unsere Ermittlungen lassen erkennen, wie auf Grund der unterschiedlichen Empfindlichkeit das ursprüngliche Populationsgefüge verändert wird. Günstig ist, daß weniger empfindliche Formen sowohl unter Collembolen als auch bei Gamasiden, Tarsoneminen, Tydeiden und Hornmilben auftreten. Ob die resistenten Arten bodenbiologisch vollwertig die empfindlichen ersetzen können, ist zur Zeit nicht zu entscheiden. Dazu fehlen ökologische Kenntnisse über die einzelnen Arten. Weiterhin ist bisher unbekannt, wie lange eine Schädigung anhalten müßte, um die Bodenfruchtbarkeit empfindlich zu stören. Da die einzelnen Formen aber an verschiedenen Stufen der Bodenbildungsprozesse entscheidend beteiligt sind, muß bei höheren Konzentrationen über 15 g Gamma/a bei langer Dauerwirkung mit Schäden gerechnet werden. Die Bekämpfung von Bodenschädlingen muß daher planmäßig auf die empfindlichen Jugendstadien gerichtet sein. Weiterhin kann eine Konzentrationsminderung pro Flächeneinheit durch gezielte Anwendung der Präparate in Form von Streifen-, Pflanzlochbegiftungen oder Saatgutinkrustierungen erreicht werden. Vollbegiftungen mit hohen Konzentrationen über 15 g Gamma/a (ca. 75 kg/ha eines Gammapräparates) sollten vermieden werden.

**Zusammenfassung**

An verschiedenen Standorten wird durch Bodenprobenentnahme die Wirkung von Gammapräparaten auf Collembolen und Milben überprüft. Zirka 7000 Proben werden in 3 Tiefen (1–5, 5–10 und 10–15 cm Tiefe) getrennt entnommen. Das Material wird systematisch möglichst weitgehend analysiert. Zur biocönotischen Untersuchung wird vor allem ein humoser Sandboden herangezogen, wo eine Insektizidwirkung von 25 g Gamma/a 3¼ Jahr lang verfolgt wird. Außerdem werden Konzentrationen von 15-16 g, 50 g und 100 g Gamma/a untersucht. Für Collembolen und für verschiedene Milbengruppen wird die Beeinflussung der Arten und Artengruppen durch HCH festgestellt. Ein Totalausfall entsteht bei den angewandten Konzentrationen nicht. Jedoch sind nach 3¼ Jahren bei 25 g Gamma/a bestimmte Collembolen und Milben noch 50%ig geschädigt. Eine ausgegossene Suspension befindet sich anfangs bis 5 cm im Boden,

dringt aber im Laufe der Jahre bis 15 cm Tiefe ein. Die Dezimierung der einzelnen Arten ist sehr unterschiedlich und außerdem im Jahresablauf nicht gleichmäßig. Für Gamasiden (Raubmilben) wird nachgewiesen, daß dies dadurch zu erklären ist, daß Jugendstadien, die zu bestimmten Jahreszeiten überwiegen, empfindlicher sind. Das scheinbare Nachlassen der Toxizität kann bei einjährigen Untersuchungen zum Fehlschluß führen, daß eine „Erholung" eingetreten sei. In allen systematischen Gruppen sind weniger empfindliche und resistente Arten vorhanden. Bei resistenten Arten kommt es zu Übervermehrungen, die bei 25 g Gamma/a jedoch nicht anhalten. Sie werden für Collembolen und Hornmilben auf starke Schädigung antagonistischer Raubmilben zurückgeführt. Um quantitative, langandauernde Schäden zu vermeiden, muß auf Konzentrationen unter 15 g Gamma/a heruntergegangen werden.


**Резюме**

На различных местах произрастания путем взятия почвенных проб испытывалось действие препаратов гамма на коллембол и клещей. При использованных концентрациях от 15–100 г гамма/ар не получается полного выпадения. Однако, через 3¼ года при концентрациях 25 гамма/ар известные коллемболы и клещи еще повреждены на 50%. Уменьшение количества отдельных видов очень различно и в течение года не одинаково. Во всех систематических группах существуют менее чувствительные и даже устойчивые виды. У устойчивых видов встречаются переразмножения, которые, однако, при 25 г гамма/ар не продолжаются. Предполагается, что это происходит от сильных повреждений, вызванных антагонистическими хищными клещами. Во избежание количественных долговременных повреждений, нужно применять концентрации ниже 15 г гамма/ар.



**Summary**

In various places the effect of BHC $\gamma$ preparations on *Collembola* and *Acarina* is tested by means of taking soil samples. Loss total does not occur at concentrations of 15 to 100 g $\gamma$/a. After the elapse of 3¼ years, however, at concentrations of 25 g $\gamma$/a certain *Collembola* and mites are still damaged to a rate of 50%. The decimation of the various species is very different, besides that not the same one throughout the year. In all the systematic groups there are less susceptible and resistant species. With resistant species superpropagation takes place that does not last at 25 $\gamma$/a, however. For *Collembola* and *Oribatei* they are considered to be due to a heavy injury of antagonistic predacious mites. In order to avoid quantitative and lasting damage the concentrations must be lowered beneath 15 g $\gamma$/a.


**Literaturverzeichnis**


BAKER, W. E. und C. W. WHARTON: An Introduction to Acarology. 1952, New York, 465 S.

BALOGH, J.: Lebensgemeinschaften der Landtiere. 1958, Berlin, Akademie-Verlag, 560 S.

BARING, H. H.: Zur Verwendung von Kaltlicht und Heizrohr im Berlese-Automaten. Z. Pflanzenkr. 1954, *61*, 74–76

BARING, H. H.: Die Milbenfauna eines Ackerbodens und ihre Beeinflussung durch Pflanzenschutzmittel. I. Ökologische Betrachtungen über die Milbenfauna des Bodens im Leinetal. Z. angew. Entom. 1956. *39*, 410–44

BARING, H. H.: Die Milbenfauna eines Ackerbodens und ihre Beeinflussung durch Pflanzenschutzmittel. II. Der Einfluß von Pflanzenschutzmitteln. Z. angew. Entom. 1957, *41*, 17–51

BAUDISSIN, F. v.: Die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Collembolen und Milben in verschiedenen Böden. Zoolog. Jahrb. Abt. 3, System. Ökol., 1952, *81*, 47–90

FRANZ, J.: Das Gleichgewicht von Insektenpopulationen und die chemische Schadlingbekämpfung. Schädlingsvermehrungen als Folge von Insektizidanwendung. Autorisierte Übersetzung der Arbeit von SOLOMON. Z. angew. Entom. 1955, *37*, 110–121

GISIN, H.: Hilfstabellen zur Bestimmung holarktischer Collembolen. Verh. Nat. Ges. i. Basel, 1943. Bd. LVI, 130 S.

GREGORJEWA, T.: Wirkung des in den Boden eingebrachten Hexachlorans auf die Bodenfauna. Ber. allruss. Akad. Landw. Moskau 1952, *12*, 16–20

HAMMEN, L. v. d.: The Oribatei (Acari) of the Netherlands. Zool. Verh. Rijksmus. Leiden, 1952, No. 17, 1–139

HANDSCHIN, E.: Urinsekten oder Apterygota. In: Tierwelt Deutschlands. 1929, 16. Teil, 150 S.

KARG, W.: Untersuchungen über die Wirkung der Hexa-Behandlung landwirtschaftlich genutzter Sandböden und Wiesenböden auf die Mesofauna, insbesondere auf Collembolen. Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzd. (Berlin) NF *10*, 1956, 117–120

KARG, W.: Zur Systematik, postembryonalen Entwicklung und Ökologie der Gamasiden (Acarina, Parasitiformes) einiger landwirtschaftlich genutzter Böden. Nat. Diss. Berlin 1960

KELLER, H.: Über die Wirkung einer Bodenbegiftung mittels DDT- und Hexa-Mitteln auf die Kleinarthropoden, insbesondere Collembolen. Naturw. 1951, *38*, 480–481

KÜHNELT, W.: Bodenbiologie – Mit besonderer Berücksichtigung der Tierwelt. 1950, Wien, 368 S.

RICHTER, G.: Die Auswirkung von Insektiziden auf die terricole Makrofauna (Qantitative Untersuchungen begifteter und unbegifteter Waldböden). Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzd. (Berlin) NF 1953. 7, 61–72

RICHTER, G.: Engerlingsbekämpfung in Baumschulen. Dt. Gartenbau, 1954, H. 6

RICHTER, G.: Die Engerlingsbekampfung mit Hexa-Mitteln in der Forstwirtschaft. Inst. f. Forstwissenschaften Eberswalde, 1955 a, Merkblatt Nr. 18

RICHTER, G.: Die Engerlingsbekämpfung in Baumschulen mit Hexa-Mitteln. Dt. Gartenbau 1955 b, H. 4, 104–106

RICHTER, G.: Untersuchungen über die Stabilität von Hexa-Präparaten in verschiedenen Böden im Hinblick auf die Engerlingsbekämpfung. Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzd. (Berlin), NF, 1956, *10*, 7–13

RICHTER, G.: Die Maikäfer- und Engerlingsbekämpfung. Flugblatt Nr. 22, Biol. Zentralanst. der Dt. Akad. d. Landw. wiss. zu Berlin, März 1957

SCHMITT, F.: Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten von Hexachlorcyclohexan und Aldrin im Boden unter besonderer Berücksichtigung von Wirkungsdauer, Beeinflussung der Kleintierfauna und Geschmacksbeeinträchtigung von Bodenfrüchten. Diss. Hohenheim 1956

SCHUSTER, R.: Untersuchungen über die bodenbiologische Bedeutung der Oribatiden (Acari). Naturw. 1955. *42*, 108

SELLNICK, M.: Oribatei. In: Brohmer, Tierwelt Mitteleuropas III, 1928. 42 S.

SHEALS, J. G.: The effects of DDT and HCH on soil Collembola and Acarina. In: KEVAN, E.: Soil-Zoology, 1955, London 241–250

SORAUER, P.: Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Bd. IV, 1. T. 1. Lieferung, 1949, Berlin, Paul Parey Verlag

STACH, J.: The Apterygotan Fauna of Poland in Relation to the World-Fauna of this Group of Insects. 1947–1957. Krakow. Pol. Acad. Sc. 7 Teile

STAMMER, H. J.: Beiträge zur Systematik und Ökologie mitteleuropäischer Acarina. Bd. I, Teil 1: Tyroglyphidae. 1957. Leipzig, Akad. Verl. ges. 384 S.

THOR, S.: Tydeidae, Ereynetidae. Das Tierreich 1933, *60*, 1–57

VITZTHUM, H. v.: Acari. In: Die Tierwelt Mitteleuropas, Bd. III, 1929. 112 S.

WILLMANN, C.: Moosmilben oder Oribatiden (Cryptostigmata). Die Tierwelt Deutschlands, 22. Teil, 1931, Jena, 79–200