

# Über Getreidekonservierung. 2. Mitteilung, Insektenbekämpfung mit insektiziden Stäubemitteln

Autor(en): **Zinkernagel, Robert / Gasser, Rudolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft =  
Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the  
Swiss Entomological Society**

Band (Jahr): **19 (1943-1946)**

Heft 12

PDF erstellt am: **30.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-400969>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Über Getreidekonservierung

### 2. Mitteilung: Insektenbekämpfung mit insektiziden Stäubemitteln

von

Robert Zinkernagel und Rudolf Gasser.

Toxikologische Bearbeitung

von

Robert Domenjoz.

Wissenschaftl. Laboratorium der J. R. Geigy A.-G., Basel.

- A. Methoden der Insektenbekämpfung.
- B. Getreidekonservierung mit insektiziden Stäubemitteln.
- C. Versuche mit DDT-Stäubemitteln:
  - a) Die Applikation des Stäubemittels
  - b) Laboratoriums- und Praxisversuche
  - c) Anwendungsmöglichkeiten von DDT-Präparaten.
- D. Toxikologie der DDT-Stäubemittel.
- E. Die wichtigsten Getreideschädlinge.

#### A. Methoden der Insektenbekämpfung.

Der bisher am intensivsten bearbeitete Teil der Getreidekonservierung ist die Insektenbekämpfung. Sie ist seit vielen Jahren mit Systematik und in großem Maßstabe betrieben worden. Um Insekten-schäden zu verhindern, nahm man im primitivsten Fall das Umschaukeln des Getreides auf den Schüttdöden vor, weil Bewegung des Getreides der Käferentwicklung unzutraglich sein soll. Wie weitgehend diese Behauptung den Tatsachen entspricht, ist nie exakt bewiesen worden. Im Zusammenhang mit anderen Beobachtungen läßt sich vermuten, daß auch die Temperaturschwankungen, die beim

Umwälzen des Kornes auftreten, der Entwicklung des Käfers unzutraglich sind.

Eine weitere, entwickeltere Form des Umschauflens stellt das in den Silo übliche Umlaufen oder Umbechern in Förderanlagen dar.

In den Jahren nach dem Weltkrieg 1914—18 hat dann die Bekämpfung mit chemischen Mitteln eingesetzt. Die Behandlung der Siloräume mit Anilinöl zur Kornkäuferbekämpfung, die nach Ext (1943) noch 1923 durchgeführt wurde, setzte sich wegen der Giftigkeit und der Gefährdung der Arbeiter nicht durch. Auch die Verwendung von Kieselfluornatrium und Arsenpräparaten in Ködern konnte nicht befriedigen. Eine wesentliche Verbesserung brachte die Methode mit gasförmigen Chemikalien. Die bekanntesten Mittel sind unter der Bezeichnung

Zyclon (Blausäure)  
 Areginal (Methylformiat)  
 Cartox (Aethylenoxyd)

im Handel gewesen. In der Schweiz wird in der gleichen Weise wie diese Mittel zur Durchgasung das S-Gas-Verfahren (Methylbromid) in großem Maßstabe verwendet. Zur Schädlingsbekämpfung in offenen Schüttböden hatte sich das Delicia-Verfahren, das auf Phosphor-Wasserstoff-Entwicklung beruht, eingebürgert. Alle Vergasungsverfahren haben neben der großen Gefährlichkeit für Warmblüter auch den Nachteil aufzuweisen, daß relativ kostspielige Installationen zu deren Anwendung nötig sind und daß die Wirkung nur von kurzer Dauer ist, indem sie gegen neue Infektionen keinen Schutz bieten.

Diese Mängel sind dann durch Methoden überwunden worden, die zuerst in Deutschland (Zacher und Kunicke, 1930), dann in den U.S.A. (Hockenjos, 1933, Chiu, 1939) und während des jetzigen Krieges von Engländern (Kitchener, Alexander und Briscoe, 1943, Briscoe, 1943, Alexander, Kitchener und Briscoe, 1944) weiter entwickelt und wissenschaftlich weiter belegt wurden. Die von den Engländern verwendeten und mit « inert dusts » bezeichneten Stäubemittel sind in derselben Weise wirksam wie das früher von Zacher verwendete Quarzmehl. Der Wirkungsmechanismus beruht nicht auf einer chemischen Aktivität, sondern auf physikalisch-chemischen Eigenschaften des Pulvers.

Die Methode der Beimischung von feinen Pulvern zur Getreidekonservierung ist keine Errungenschaft der modernen Technik. Sie findet sich schon in Ägypten. Die Bauern mischen dort ihr Getreide, bevor sie es in die bienenkorbartigen Silogefäße lagern, mit Asche (Zacher, 1936).

Außerdem sind Stäubemittel nicht nur als insektizide Mittel angewandt worden. So beschreibt Thomas (1940) Möglichkeiten der Entdampfung von Getreide durch Stäubemittel. Seinen Ausführungen folgend, ist nur aktive Kohle zur Entdampfung geeignet, wäh-

rend die übrigen inerten Stäubemittel den Entdampfungsprozeß lediglich verlangsamen können, aber nicht verhindern.

Es ist auch sicher belegt, daß durch diese inerten Stäubemittel ein Austrocknen des bestäubten Getreides nicht stattfindet. Da derartige Stäubemittel in hohen Konzentrationen verwendet werden müssen, fühlt sich solches Getreide rauh an, täuscht aber im Griff nur eine Trockenheit vor, die nicht vorhanden ist.

Der inert dust beschleunigt hingegen den Wasserverlust für Insekten wesentlich, indem aller Wahrscheinlichkeit nach die Epicuticula, eine feine, die äußerste Schicht des Insektenintegumentes bildende Lage (Kuhnelt, 1928, und Wiggelsworth, 1933 und 1944) durch mechanische Wirkung teilweise zerstört und deswegen der Wasserhaushalt der Insekten entscheidend beeinflußt wird. Die Wirkung der Stäubemittel ist abhängig von der relativen Luftfeuchtigkeit und dem Wassergehalt des Stäubemittels, von der Korngröße, der Härte und von der Temperatur.

Als besonders wirkungsvoll erwiesen sich Silicate und Carborundum einerseits und aktive Kohle resp. aktives Aluminiumoxyd andererseits, wobei letztere beiden Stoffe einen etwas andern Wirkungsmechanismus aufzuweisen scheinen als die Stoffe mit hohem Härtegrad.

Diese Stäubemittel sind mindestens in 1prozentiger Konzentration dem Korn beizumischen, wenn genügend Wirkung erreicht werden soll. Die folgende Tabelle gibt ein klares Bild über die Wirkung von Carborundum gegen Kornkäfer.

Veränderung der « Toxicität » von Carborundum  
bei verschiedener Luftfeuchtigkeit gegen Insekten im Hungerversuch  
(nach Alexander und Mitarbeiter):

| relative Feuchtigkeit    | Stäubemittel | % tote Käfer nach Tagen: |    |     |     |    |    |
|--------------------------|--------------|--------------------------|----|-----|-----|----|----|
|                          |              | 1                        | 2  | 3   | 5   | 7  | 11 |
| 0 %<br>(über NaOH)       | Carborundum  | 2                        | 78 | 100 | —   | —  | —  |
|                          | Kontrolle    | 0                        | 0  | 10  | 67  | 98 | —  |
| 25 %<br>(über 38 % NaOH) | Carborundum  | —                        | 25 | 95  | —   | —  | —  |
|                          | Kontrolle    | —                        | 0  | 0   | 10  | 45 | —  |
| 45 %<br>(über 32 % NaOH) | Carborundum  | —                        | 20 | 83  | 100 | —  | —  |
|                          | Kontrolle    | —                        | 0  | 0   | 7   | 24 | 85 |
| 70 %<br>(über 25 % NaOH) | Carborundum  | —                        | 3  | 62  | 98  | —  | —  |
|                          | Kontrolle    | —                        | 0  | 0   | 10  | 25 | 70 |
| 85 %<br>(über 15 % NaOH) | Carborundum  | —                        | 2  | 22  | 64  | 86 | 92 |
|                          | Kontrolle    | —                        | 0  | 0   | 0   | 3  | 12 |

Versuchsanordnung: 20 Insekten wurden in Glasschalen von 5 cm Durchmesser, die in einem Exsikkator bei angegebener Feuchtigkeit standen, gehalten.

Die Zahlen geben ein deutliches Bild über die Abhängigkeit der Wirkung von der Feuchtigkeit. Die Temperatur beträgt während des Versuches 23° C.

Die für die Käferbekämpfung günstige Konzentration bringt den Nachteil mit sich, daß ganz erhebliche Mengen dieser Stäubemittel dem Getreide zugesetzt werden müssen. Wenn die zur Verwendung solcher Substanzen nötige Apparatur auch sehr einfach sein kann, so werden doch Quantitäten umgesetzt, die großen Arbeits- und Raumverschleiß bedingen.

An diese Kategorie der Konservierungsmittel schließt das Stäubemittel an, das unter der Bezeichnung Geigy 33 in den Handel gebracht worden ist.

### B. Getreidekonservierung mit insektizischen Stäubemitteln.

Bei dem Produkt Geigy 33 handelt es sich nicht um ein inertes Pulver, sondern um ein insektizides Stäubemittel. Es ist ein DDT-Produkt. Die Wirkungssubstanz

#### *4,4'-Dichlor-diphenyl-trichlor-methylmethan\**

ist ein in Wasser unlöslicher, in Ölen und vielen organischen Lösungsmitteln löslicher, synthetisch dargestellter Kohlenwasserstoff von außerordentlicher Beständigkeit. Die Verbindung kristallisiert in farblosen Kristallen, schmilzt bei 109° C, sublimiert unterhalb 109° C nur langsam ab und ist gegen chemische Einflüsse relativ beständig. (Läuger, Martin, Müller, 1944.)

Die Substanz erwies sich für Insekten äußerst toxisch. Sie wirkt hauptsächlich als Kontaktgift. Die Giftwirkung manifestiert sich dadurch, daß das getroffene Insekt in tremorartige Zuckungen verfällt, die schließlich in einen krampfartigen Zustand überführen, aus dem das Insekt sich nicht mehr erholen kann.

Die Latenzzeit ist für die verschiedenen Insekten-Ordnungen, sogar für verschiedene Arten verschieden lang. Da höhere Dosierung der Wirksubstanz über einen gewissen Schwellenwert, der für die verschiedenen Insektenarten verschieden hoch liegt, keine Verkürzung der Latenzzeit herbeiführt, darf geschlossen werden, daß die verschiedene Latenzzeit auf quantitative und qualitative Unterschiede in der Beschaffenheit des Insekt-Integumentes hinweist.

Der Wirkungsmechanismus in dieser Schicht wird in den Arbeiten Läuger, Martin, Müller (1944) und Wiesmann (1945) diskutiert. Die Eintrittspforte des Giftes wird in der besonderen Beschaffenheit der Epicuticula gesehen. In der Gestaltung und Anordnung der primären und sekundären Sinneszelle werden die artspezifischen

\* Statt des langen chemischen Namens 4,4'-Dichlor-Diphenyl-Trichlor-Methylmethan führen wir die Bezeichnung DDT ein.

Unterschiede zu erfassen versucht und seine Erklärung für die Wirkung gegeben.

Auf die Toxikologie gegenüber Säugetieren wird später näher eingetreten.

Die Eigenschaften des 4,4'-Dichlor-diphenyl-trichlor-methylmethan sind für die insektizide Getreidekonservierung außerordentlich günstige. Wirkungsdauer und Wirkungsbereich ermöglichten, in der Form von « Geigy 33 » ein Präparat auszuarbeiten, das durch seine leichte Anwendbarkeit und seine Haltbarkeit als bisher günstigstes Kontakt-Insektizid für Getreidekonservierung bezeichnet werden darf.

Die Aktivsubstanz wirkt als Kontaktgift ohne jegliche Fernwirkung, da sie sich im Getreidekorn nicht lösen kann, bleibt sie auf der Kornoberfläche liegen. Sie kann daher nur dann auf Insekten einwirken, wenn die Tiere auf der Kornoberfläche mit der Wirksubstanz in Berührung kommen. Dieses Moment ist für das Verständnis der sich aus den Praxisversuchen ergebenden Kurvenbildern wichtig. Alles, was sich im Getreidekorn abspielt, kann sich unbehindert entwickeln. Im Moment, da das Insekt die schützende Getreidehülle verläßt, ist es der Giftwirkung ausgesetzt. Es kann sich nur noch der Prozeß vollziehen, der sich innerhalb der Latenzzeit abwickeln läßt.

Dieses Wirkungsprinzip gilt auch für die oben angeführten « inert dusts ». Der Fortschritt des DDT-Präparates gegenüber inerten Stäubemitteln liegt darin, daß von diesem nur kleinere Mengen nämlich nur 1 Gew. ‰ dem Getreide beigemischt werden müssen.

Da auf die Verwendung einer flüssigen DDT-Aufarbeitung später spezieller eingetreten werden soll, beschränken wir uns im folgenden auf die Diskussion der Applikation von « DDT-Stäubemittel » zum Getreide.

### C. Versuche mit DDT-Stäubemitteln.

#### a) Die Applikation des Stäubemittels.

Wenn von den « inert dusts » 1 Gew. ‰ auf das Getreidegewicht beigemischt werden muß, so bietet das vor allem raumtechnische Schwierigkeiten. Diese fallen bei der Verwendung von DDT-Stäubemitteln dahin, weil nur 1 Gew. ‰ Stäubemittel zugefügt wird. Diese geringe Zufügung kompliziert die gleichmäßige Dosierung und die gute Durchmischung mit dem Getreide.

Das Problem stellte sich darin, unter Vermeidung unnötiger Beifügung fremder Substanzen eine maximale Oberflächenverteilung der geringen notwendigen Menge der Wirksubstanz auf der Getreideoberfläche zu erreichen. Das bedingte erstens ein optimales Verhältnis von Trägersubstanz zur Aktivsubstanz. Ohne

Trägersubstanz wäre es ausgeschlossen gewesen, die geringe Quantität aktiver Substanz auf die Kornoberfläche zu verteilen. Zweitens mußte die Trägersubstanz derart beschaffen sein, daß sie sich leicht auf der Kornoberfläche verteilen ließ, dem Korn keinen fremdartigen Griff vermittelt und das Hektoliter-Gewicht nicht beeinflußt.

Das DDT-Stäubemittel ist unter diesen Gesichtspunkten ausgearbeitet, so daß ein Präparat vorliegt, das neben seiner anhaltend insektiziden Wirkung keine in Rechnung fallende Gewichtsvermehrung verursacht und damit keine Lagerraumvermehrung voraussetzt. Dem Getreide wird durch die Beimischung kein befremdender Griff verliehen, und sein Hektolitergewicht wird nicht beeinflußt.

Hektolitergewichts-Tabelle:

| Konz. DDT-Stäubemittel pro 300 g Weizen | Gew. 1/4 lt in g best. | Hl-Gew. in kg bestäubt | Gew. 1/4 lt in g gesiebt | Gew. 1/4 lt in g gesiebt | Aspekt           |
|---|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|
| 150 mg                                  | 186,5                  | 74,6                   | 188,50                   | 75,4                     | leicht matt      |
| 300 mg                                  | 185,5                  | 74,2                   | 187,00                   | 74,8                     | matt             |
| 450 mg                                  | 185,00                 | 74,0                   | 186,50                   | 74,6                     | leicht matt-weiß |

Das Gewicht des bestäubten Weizens ist 75,2 kg oder 188,5 g<sup>1/4</sup> Lt. Die in der Tabelle angegebenen Zahlen der Kolonnen 2 und 4 sind Durchschnittswerte aus je 3 Bestimmungen. Die in den Kolonnen 3 und 5 eingetragenen Zahlen sind errechnet. Die Siebung erfolgte mit Handsieb ohne Aspiration.

Wie unsere Versuche gezeigt haben, ist die Mischung des Getreides mit derartigen staubförmigen Mitteln relativ gut durchzuführen. In kleinen Verhältnissen kann sie durch Umschaukeln oder Rotation in Zylindern nach dem System der Beiztrommeln durchgeführt werden. Schwieriger gestalten sich die Verhältnisse, wenn große Getreidemengen zu behandeln sind und große Arbeitsleistungen verlangt werden. Hier müssen Beton- und andere Mischmaschinen zu Hilfe herangezogen werden. Einfacher gestaltete sich die Beimischung in maschinell gut eingerichteten Silo, wo das Getreide durch Elevatoren und Reedleranlagen maschinell umgebechert werden kann. Die später beschriebenen Praxisversuche boten Gelegenheit, abzuklären, in welchem Moment ein solches Stäubemittel am vorteilhaftesten im Umwälzungsprozeß eingeführt werden kann. Im Versuch 1 wurde das Stäubemittel im Reedler unmittelbar vor dem Elevator zugegeben. Im zweiten Versuch erfolgte die Beimischung im Separator ohne Ventilation. Das Getreide floß anschließend durch eine Reedleranlage in den Elevator und von dort in die Zellen. Im dritten Versuch wurde das Stäubemittel im Zellen-

einlauf zugesetzt. Im vierten Versuch erfolgte die Zugabe im Auslaufrohr der alten Zelle, so daß das Stäubemittel den ganzen Weg über Reedleranlage, Elevator und Transportband mitmachte.

Im allgemeinen erwies sich die Durchmischung von Getreide und Stäubemittel auf dem längsten Transportweg als die vorteilhafteste. Wo es nicht möglich ist, das Pulver dem Getreide auf dem Transportwege beizumischen, und das Schutzmittel gleichzeitig mit dem Getreide in die Silozelle fallen gelassen werden muß, ist es angebracht, einige handvoll Stäubemittel vor dem Einfluß des Getreides in die Silozelle hineinzuworfen, damit auch die ersten einfallenden Getreidepartien genügend Stäubemittel erhalten. Das ist deswegen zu empfehlen, weil sich das Pulver besonders wegen der starken Luftbewegung, die in der Silokammer durch das fallende Korn verursacht wird, viel langsamer absetzt als das Getreide.

Besondere Sorgfalt mußte auch der Dosierungs-Apparatur geschenkt werden. Im ersten Praxisversuch erfolgte die Dosierung durch einen aus einer Tablettiermaschine umgearbeiteten Apparat. Er funktionierte nur halb automatisch und genügte nicht. Im zweiten und dritten Versuch wurde ein Naaki-Beimischapparat verwendet. Der Apparat ist für die Beimischung viel größerer Pulvermengen konstruiert und versagte für unsere Zwecke auch bei ständiger Überwachung.

In Zusammenarbeit mit der Firma Soder in Niederlenz, Schweiz, haben unsere Ingenieure einen Dosierungsapparat konstruiert, der es erlaubt, in kontinuierlichem Betrieb und bei Fördermengen von 1 bis 50 Tonnen Getreide pro Stunde die richtige Dosierung vollautomatisch durchzuführen.

Die Apparatur wiegt 34,5 kg und besitzt die Ausmaße von 34 · 44 · 94 cm (Grundbrett: 34 · 36 cm). Sie ist mit Warnlampe und Beobachtungsfenster ausgerüstet und kann an jedes Lichtnetz angeschlossen werden und bietet die Möglichkeit für richtige Dosierung. Die für die Zumischung eines insektiziden Stäubemittels notwendige Installation ist somit sehr einfach und verlangt geringen Aufwand (Abb. 6).

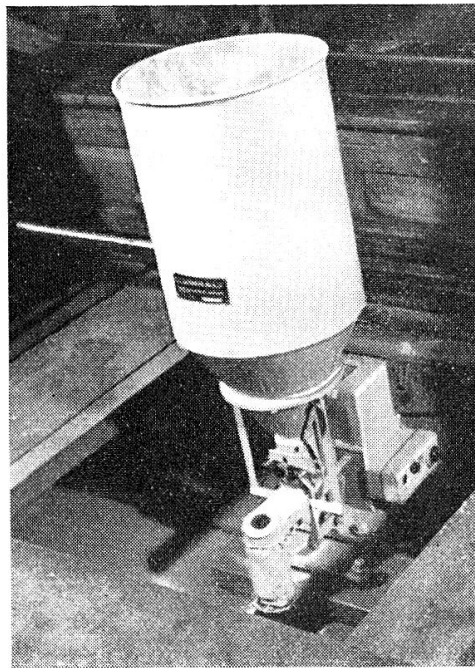
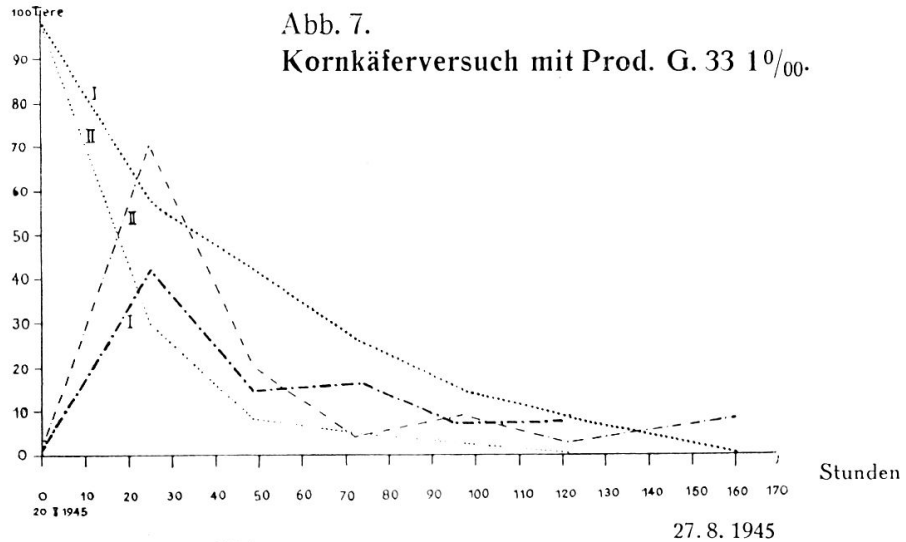


Abb. 6.  
Dosierungsapparat für Geigy 33.  
Konstr.: Soder-Geigy.

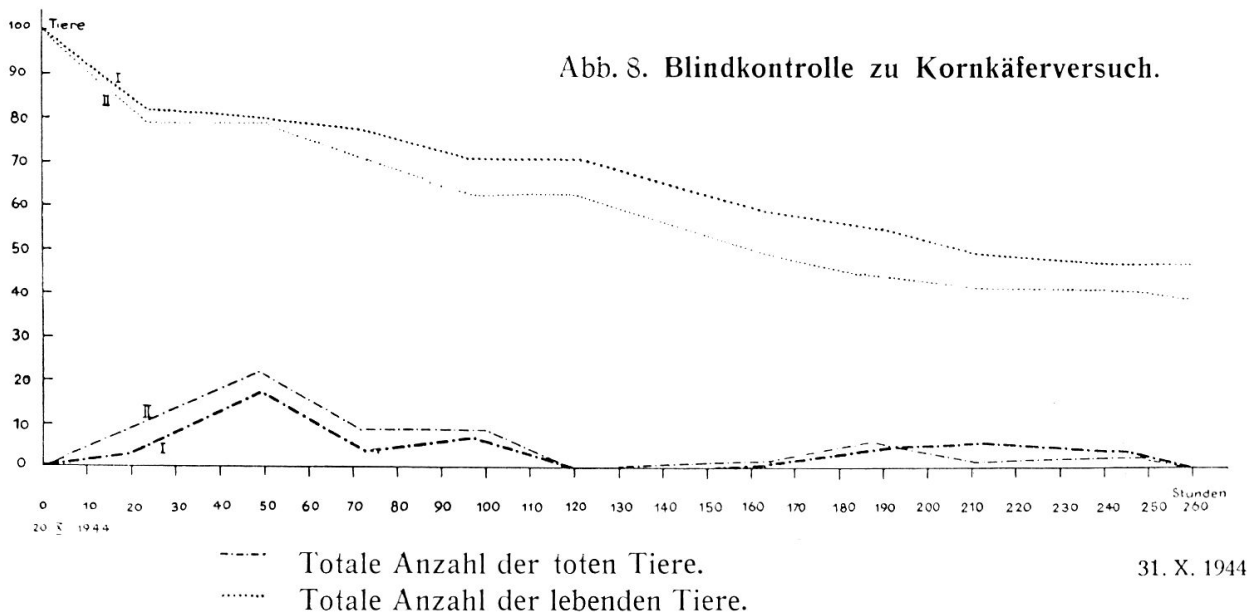


## b) Laboratoriums- und Praxisversuche.\*

Die Wirkung des DDT-Stäubemittels im Laboratoriumsversuch zeigen die Kurven in Abbildung 7 und 8. Das Kurvenbild ist charakteristisch für den Laboratoriumsversuch mit Getreide, das mit Geigy 33 behandelt worden ist. Das Bild ändert sich nicht, wenn der



Temperatur 23° C; maximale rel. Luftfeuchtigkeit, I Parallelversuch zu II.



Temperatur 23° C; maximale rel. Luftfeuchtigkeit, I Parallelversuch zu II.

\* Die Versuche wurden unter Mitwirkung von R. Wyniger durchgeführt, dem wir auch an dieser Stelle für seine wertvolle Mitarbeit danken.

Versuch mit demselben Korn auch ein Jahr später angestellt wird. Das Mittel bleibt unverändert aktiv.

Nachdem im Laboratoriumsversuch die Möglichkeit der Verwendung von DDT zur Getreidekonservierung prinzipiell abgeklärt war, konnte an die Durchführung von Praxisversuchen herangetreten werden.

Durch das Entgegenkommen der Eidg. Getreideverwaltung und der Schweiz. Genossenschaft für Getreide- und Futtermittel (GGF) wurde uns ermöglicht, mit großen Getreidepartien Praxisversuche durchzuführen. Da die gespannte Versorgungslage des Landes eine Gefährdung des Getreidelagerbestandes durch neue Experimente nicht gestattete und die von uns vorgeschlagene Methode in der Praxis keine Probe bestanden hatte, konnten von den verantwortlichen Instanzen nur solche Partien zur Disposition gestellt werden, die schon starken Käferbefall aufwiesen. Außer einem Versuch mit 125 Tonnen Weizen mit mittlerem Käferbefall wurden drei Versuche mit 103 Tonnen Gerste, resp. 406 Tonnen Gerste, resp. 113 Tonnen Weizen mit stark verkäfernten Partien angelegt. Ein Großversuch mit unbefallenem Getreide ist bisher nicht zustande gekommen.

Durch diese Umstände ist unser ursprüngliches Versuchsprinzip abgeändert worden. Das primäre Ziel war, eine *p r ä v e n t i v e K o n s e r v i e r u n g s m e t h o d e* auszuarbeiten. Die Praxis zwang uns, mit dem *c u r a t i v e n V e r s u c h s p r i n z i p* unsere primäre Arbeits-Hypothese zu beweisen. Dies ist auch gelungen, indem die verschiedenen Praxisversuche gezeigt haben, daß vom Käfer befallenes Getreide durch nachträgliche Behandlung mit DDT-Stäubemitteln käferfrei wird und die durch « Geigy 33 » vermittelte Schutzwirkung über Monate und Jahre hinaus anhält.

1. *V e r s u c h*: Eine Partie von 130 Tonnen befallener Gerste wurde am 28. Januar 1943 mit dem DDT-Präparat bestäubt. Nach der Behandlung erfolgte die Beobachtung der Partie kontinuierlich während 365 Tagen. Proben von je 500 ccm Gerste wurden mittelst eines Stechhebers jeweils an 4 Stellen entnommen, und zwar 2 Proben in 10—20 cm Tiefe und 2 Proben in 1—1,5 cm Tiefe, und auf den Käferbefall untersucht. Außerdem wurden an diesen Stellen durch Maximum-Thermometer die Temperaturen ermittelt.

Die Proben vom 27. Januar 1943, d. h. am Tage vor der Behandlung, ergaben folgende Zahlen:

|                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| <i>Calandra</i> :    | lebend 32, tot 71 |
| <i>Rhizopertha</i> : | lebend 10, tot 32 |
| <i>Latheticus</i> :  | lebend 14, tot 50 |

Wie sich das Bild des Käferbefalles nach der Behandlung während der Beobachtungszeit von 365 Tagen verändert hat, zeigen die Kurven der graphischen Darstellung (Abb. 9).

Die in der Abszisse angeführten Zahlen geben die Tage nach

Versuchsbeginn an, an denen Proben entnommen waren. Während die Ordinate das Total der gefundenen Käfer und die Temperatur verzeichnet. Aus dieser Kurve ist zu schließen, daß die Zahl der Käfer in den ersten 7 Tagen abnahm, worauf dann eine neue Schlüpfperiode einsetzte, indem zwischen dem 7. und 12. Tag vor allem die Zahl von *Latheticus* und *Rhizopertha* stark zunahm, von denen aber der größte Teil in kurzer Zeit abgetötet wurde. Die Hauptschlüpfzeit aller drei Käferarten fiel zwischen den 35. und 60. Tag nach der Behandlung, wo eine große Zahl lebender und toter Käfer gefunden wurde. Sie müssen sich aus Eiern entwickelt haben, die schon vor der Behandlung in der Gerste abgelegt worden waren. Ein neuer Anstieg aller drei Käferarten ist dann wieder nach 160 Tagen zu konstatieren. Nach der Entwicklungszeit dieser Käfer zu schließen, können sie von Eiern stammen, die in der Periode des ersten starken Anstieges zwischen dem 35. und 60. Tag abgelegt worden sind. Es ist möglich, daß diese Käfer bei der dort herrschenden hohen Temperatur von über 30° C sehr rasch geschlechtsreif wurden und zum Teil noch zur Eiablage kamen, bevor sie durch den Kontakt mit dem Stäubemittel abgetötet worden waren. Es scheint auch nach diesen Versuchen, daß *Rhizopertha* am widerstandsfähigsten ist gegen « DDT », indem in der Folge immer wieder vereinzelt lebende Exemplare gefunden werden konnten, die noch zur Eiablage kamen. Der Anstieg der toten Tiere zwischen 300 und 350 Tagen ist möglicherweise so zu erklären. Von den übrigen Käfern konnten nach 193 Tagen keine lebenden Exemplare mehr vorgefunden werden.

Die Gerstenpartie wurde während der ganzen Versuchszeit von einem Jahr nur einmal am 63. Tage nach der Behandlung umgestochen. Bei dieser Gelegenheit wurden 6 Proben von je 1000 cm<sup>3</sup> entnommen und genau auf Käfer untersucht.

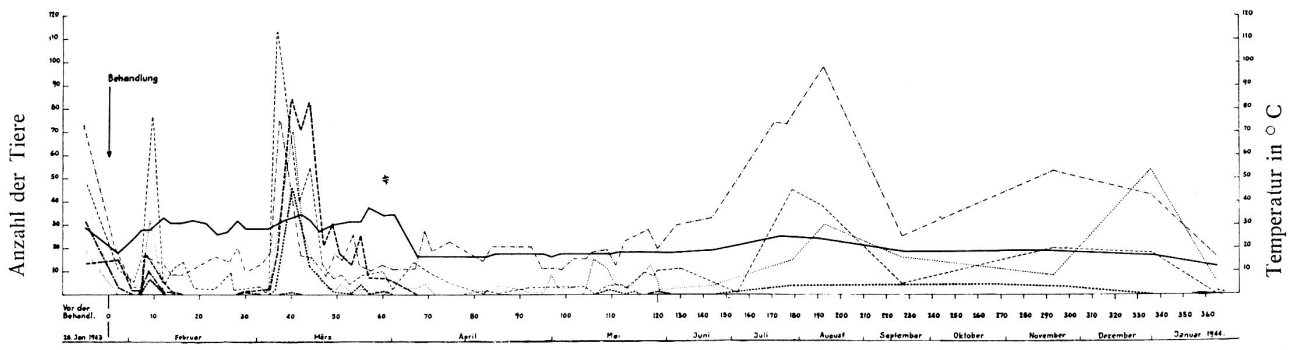
#### Anzahl Käfer pro 1000 cm<sup>3</sup> Gerste.

| Entnahme<br>nach Umlauf<br>von | <i>Calandra<br/>granaria</i> |     | <i>Latheticus<br/>oryzae</i> |      | <i>Rhizopertha<br/>dominica</i> |     | <i>Laemaphloeus<br/>ferrugineus</i> |     | <i>Trogium<br/>pulsatoria</i> |       |       |
|--------------------------------|------------------------------|-----|------------------------------|------|---------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|-------------------------------|-------|-------|
|                                | leb.                         | tot | leb.                         | tot  | leb.                            | tot | leb.                                | tot | leb.                          | tot   |       |
| 5 t                            | —                            | 9   | —                            | *    | 7                               | —   | 6                                   | —   | 3                             | —     | —     |
| 25 t                           | —                            | 10  | 28                           | (16) | 39                              | 6   | 8                                   | 5   | —                             | —     | viele |
| 45 t                           | —                            | 10  | —                            | —    | 30                              | —   | 21                                  | 1   | —                             | viele | —     |
| 70 t                           | —                            | 18  | 12                           | ( 5) | 29                              | 3   | 3                                   | —   | 2                             | —     | —     |
| 90 t                           | —                            | 12  | —                            | —    | 4                               | —   | 6                                   | —   | —                             | —     | —     |

\* In ( ) ist die Anzahl der Larven angegeben.

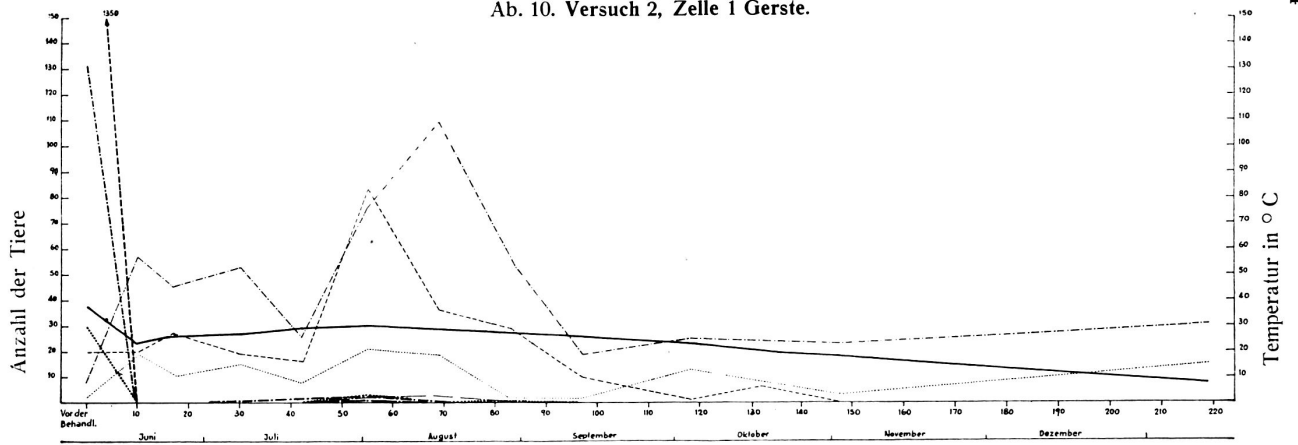
In der leeren Zelle waren in einer Höhe von zirka 4 m über dem Trichter 1½ m hohe Rückstände von total 80 kg Gewicht zu finden. (Beim Umlaufen während der Behandlung am 28. Januar 1943 war die Zelle, aus der diese Partie entnommen worden war, mit einem Rückstand von 1600 kg belegt.) Dieses Material war feucht, schimmelig und enthielt sehr viel Staub. Im übrigen war die Zelle frei und die Wände trocken. Die Ware war im Sommer 1944, als sie

Abb. 9. Versuch 1 mit 130 t Gerste.



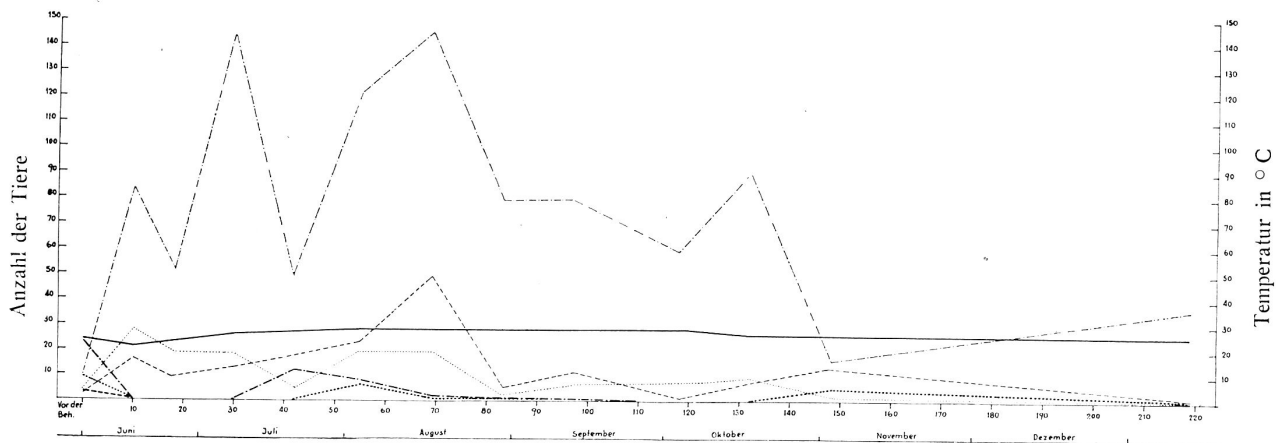
- 1 - - - - - *Calandra granaria und oryzae.*
- 2 - - - - - *Latheticus oryzae.*
- 3 ········ *Rhizopertha dominica.*
- Temperatur.
- Dick ausgezogene Linie = total der lebenden Tiere.
- Dünn ausgezogene Linie = total der toten Tiere.
- \* Umlauf.

Ab. 10. Versuch 2, Zelle 1 Gerste.



- 1 ..... *Calandra granaria und oryzae.*
- 2 - - - - - *Rhizopertha dominica.*
- 3 - · - · - *Latheticus oryzae.*
- 4 = = = = = *Laemophloeus ferrugineus.*
- Temperatur.
- Dick ausgezogene Linie = total der lebenden Tiere.
- Dünn ausgezogene Linie = total der toten Tiere.

Ab. 11. Versuch 2, Zelle 2 Gerste.



- 1 - - - - *Calandra granaria und oryzae.*
  - 2 ..... *Rhizopertha dominica.*
  - 3 - . - . *Latheticus oryzae.*
  - 4 = = = *Laemophloeus ferrugineus.*
  - Temperatur.
- Dick ausgezogene Linie = total der lebenden Tiere.  
 Dünn ausgezogene Linie = total der toten Tiere.

von der G.G.F. abdisponiert wurde, trotz des bedenklichen Zustandes, bei dem wir mit der Behandlung im Januar 1943 begonnen hatten, in bemerkenswert gutem Zustand.

Wir hatten Gelegenheit, Reste dieser Gerstenpartie im Sommer 1944 im Laboratorium zu prüfen und konnten uns davon überzeugen, daß die insektizide Wirkung nach 18 Monaten noch gleich groß war wie beim Versuchsbeginn.

2. Versuch: Eine Partie von 403 Tonnen stark verkäufelter Gerste war in 5 Zellen eines 12kammrigen Silos eingelagert. Da keine Vergasungsanlage zur Verfügung stand, drohte die Verseuchung der übrigen Silokammern. Die Behandlung mit DDT-Präparat erfolgte am 7.—9. Juli 1943. Vor der Behandlung ergab die Probeentnahme aus der Zelle 1 folgende Zahlen in 500 cm<sup>3</sup> Körnern:

|                      |        |       |     |    |
|----------------------|--------|-------|-----|----|
| <i>Calandra</i> :    | lebend | 132,  | tot | 9  |
| <i>Rhizopertha</i> : | lebend | 30,   | tot | 2  |
| <i>Latheticus</i> :  | lebend | 1350, | tot | 20 |

Zehn Tage nach der Behandlung war der Befall an lebenden Käfern in Zelle 1 vollständig zurückgegangen, wie beiliegende Kurve (Abb. 10) ausführt. Zwischen dem 40. und 50. Tag nach Versuchsbeginn setzte bei allen drei Käfersorten eine Schlüpfperiode ein. Die Käfer mußten aus den Eiern stammen, die vor der Behandlung abgelegt worden waren. Eine Anzahl Käfer blieb mehrere Tage am Leben, der größte Teil wurde sehr rasch abgetötet. Nach dieser Schlüpfperiode zwischen dem 40. und 50. Tag konnten während der weiteren Versuchsdauer, d. h. bis zum 220. Tage, keine lebenden Käfer mehr gefunden werden.

In der Zelle 2 ergab die Befallskontrolle vor Versuchsbeginn in 500 cm<sup>3</sup> Gerste folgende Zahlen:

|                      |        |     |     |   |
|----------------------|--------|-----|-----|---|
| <i>Calandra</i> :    | lebend | 23, | tot | 9 |
| <i>Rhizopertha</i> : | lebend | 9,  | tot | 4 |
| <i>Latheticus</i> :  | lebend | 3,  | tot | 2 |

Zehn Tage nach der Behandlung waren keine lebenden Käfer mehr anzutreffen, obwohl eine Schlüpfperiode besonders für *Calandra* eingesetzt hatte. Von dieser Periode konnten aber erst nach dem 30. Tage neben einer großen Anzahl toter Käfer auch lebende *Calandra* und nach dem 42. Tage lebende *Rhizopertha* gefunden werden, während von *Latheticus* nur tote Käfer nachzuweisen waren. *Rhizopertha* ließ sich auch am 134. Tage in vereinzelt, lebenden Exemplaren finden, während von *Calandra* nur ein Anstieg der Zahl der toten Tiere beobachtet werden konnte. Der immer wieder beobachtete Anstieg toter Exemplare weist darauf hin, daß die Latenzzeit für einzelne Käfer groß sein kann, so daß vereinzelt Eiablage immer noch möglich wird. Diese Produktion wird aber durch die langanhaltende Wirkung des Bestäubungsmittels jeweils wieder aufgefangen, so daß vereinzelt Auftreten von Käfern im behandelten

Getreide nicht darauf hinweisen kann, daß die Wirkung des Mittels zurückgegangen ist. Diese später auftretenden Käfergenerationen bleiben bedeutungslos.

Die Verhältnisse in Zelle 2 sind in Abb. 11 dargestellt.

In Zelle 3 ergab die Kontrolle einer Probe von 500 cm<sup>3</sup> vor der Behandlung folgende Zahlen:

|                     |            |        |
|---------------------|------------|--------|
| <i>Calandra:</i>    | lebend 7,  | tot 16 |
| <i>Rhizopertha:</i> | lebend 8,  | tot 6  |
| <i>Latheticus:</i>  | lebend 10, | tot 2  |

Auch in diesem Versuch war nach 10 Tagen kein lebender Käfer mehr nachzuweisen, obwohl sich die Käfer in einer Schlüpfperiode befanden. Die zwischen dem 30. und 70. Tage auftretenden Exemplare von *Calandra* und *Rhizopertha* sowie der Anstieg zwischen dem 55. und 88. Tag von *Rhizopertha* ist auf eine Generation zurückzuführen, deren Eier vor der Behandlung abgelegt worden sind. Einige Exemplare einer zweiten Generation nach der Behandlung haben sich entwickeln können. Es konnten aber hiervon nur einzelne *Rhizopertha* in lebendem Zustand nachgewiesen werden. Zur Zeit des Versuchsabbruches, d. h. nach 220 Tagen seit Versuchsbeginn, weisen die Proben keine lebenden Käfer mehr auf. Abb. 12 enthält die Verhältnisse der Zelle 3 in graphischer Darstellung.

Die Kontrolle in Zelle 4 vor der Behandlung ergab in 500 cm<sup>3</sup> Gerste folgenden Befall:

|                     |            |        |
|---------------------|------------|--------|
| <i>Calandra:</i>    | lebend 25, | tot 11 |
| <i>Rhizopertha:</i> | lebend 3,  | tot 19 |
| <i>Latheticus:</i>  | lebend 75, | tot 23 |

Der starke Befall in dieser Partie ging ebenfalls innerhalb der ersten 10 Tage nach Versuchsbeginn vollständig zurück. Die aus der Zeit vor der Behandlung stammenden Eier verursachten zwei Schlüpfperioden, die erste zwischen dem 20. und 50. Tag, die zweite zwischen dem 60. und 80. Tage nach Versuchsbeginn. Auch hier konnten nur *Rhizopertha* lebend gefunden werden. In der ersten Schlüpfperiode scheinen aber Käfer aller vier Arten noch zur Eiablage gekommen zu sein. Wie aus dem starken Anstieg der toten Exemplare zwischen dem 120. und 150. Tag nach der Behandlung geschlossen werden konnte. In Abb. 13 sind die Verhältnisse in Zelle 4 übersichtlich aufgetragen.

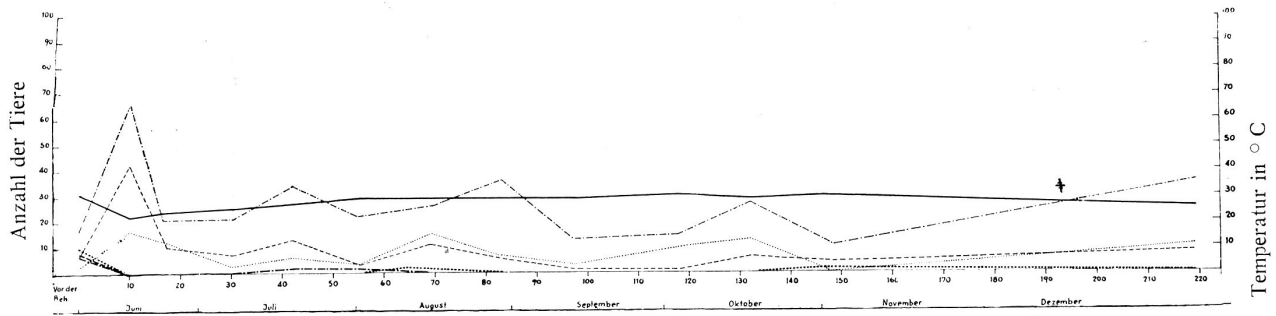
Zelle 5 wies den schwächsten Befall vor der Behandlung auf, wie aus einer Probe von 500 m<sup>3</sup> hervorgeht:

|                     |            |        |
|---------------------|------------|--------|
| <i>Calandra:</i>    | lebend 36, | tot 15 |
| <i>Rhizopertha:</i> | lebend 13, | tot 6  |
| <i>Latheticus:</i>  | lebend 12, | tot 2  |

Auch in dieser Zelle erschien zwischen dem 30. und 80. Tage nach Versuchsbeginn eine Käfergeneration, die aus Eiern, die vor



Abb. 12. Versuch 2, Zelle 3 Gerste



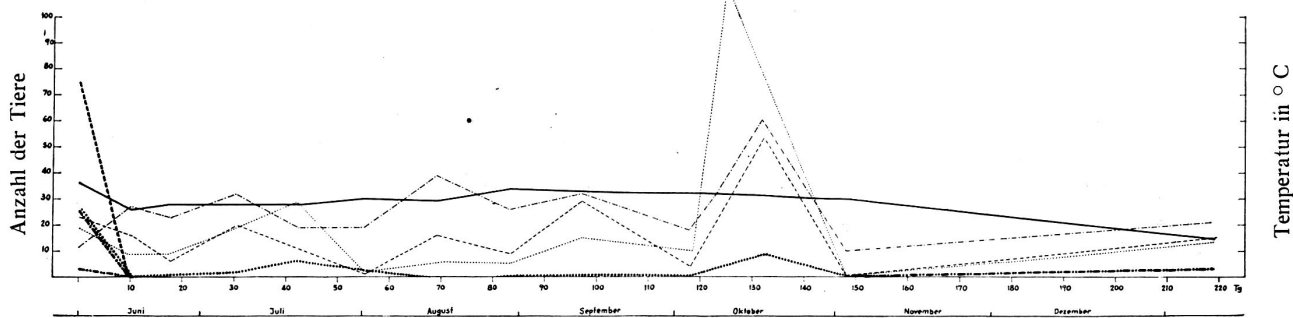
- 1 - - - - - *Calandra granaria und oryzae.*
- 2 - - - - - *Rhizopertha dominica.*
- 3 - - - - - *Latheticus oryzae.*
- Temperatur.

Dick ausgezogene Linie = total der lebenden Tiere.

Dünn ausgezogene Linie = total der toten Tiere.

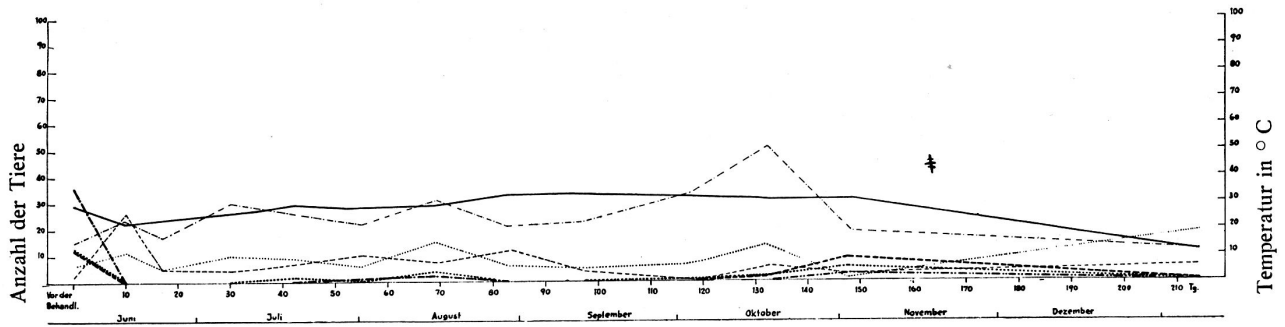
\* Umlauf.

Abb. 13. Versuch 2, Zelle 4 Gerste.



- 1 ——— *Calandra granaria* und *oryzae*.
- 2 ——— *Rhizopertha dominica*.
- 5 ——— *Latheticus oryzae*.
- 7 ——— *Laemophloeus ferrugineus*.
- Temperatur.
- Dick ausgezogene Linie = total der lebenden Tiere.
- Dünn ausgezogene Linie = total der toten Tiere.

Abb. 14. Versuch 2, Zelle 5 Gerste.



1 ———— *Calandra granaria* und *oryzae*.

2 ———— *Rhizopertha dominica*.

3 ———— *Latheticus oryzae*.

——— Temperatur.

Dick ausgezogene Linie = total der lebenden Tiere.

Dünn ausgezogene Linie = total der toten Tiere.

\* Umlauf.

der Behandlung abgelegt worden waren, stammen mußten. Interessant ist in diesem Fall, daß sich nach *Calandra* und *Rhizopertha* auch eine schwache neue Generation von *Latheticus* entwickeln konnte, was bei den übrigen Zellen nicht nachweisbar war. Auch in diesem Versuch sind nach Abbruch keine lebenden Käfer mehr zu finden. (Abb. 14.)

An dieser Versuchsreihe ist hervorzuheben, daß die Gerste in den 220 Tagen während unserer Beobachtungszeit nicht umgebechert wurde. In allen Zellen stieg die Temperatur etwas an, wie aus den Kurven zu entnehmen ist. In 4 von 5 Zellen konnte sich eine schwache zweite Käfergeneration entwickeln, die ohne Bedeutung blieb, da sie nach Versuchsabschluß nicht mehr nachzuweisen war. Wäre die Gerste ohne die Behandlung geblieben und während so langer Zeit nicht umgebechert worden, so wäre die ganze Partie unbrauchbar gewesen.

3. Versuch: In diesem Versuch, der unter der Aufsicht und Leitung von Dr. Benz, Experte der E. G. V., durchgeführt wurde, gelangten am 20. 5. 1943 125 Tonnen Weizen zur Behandlung. Die Kontrolle des Käferbefalles konnte in diesem Versuch nicht auf gleiche Weise erfolgen, wie in den übrigen Praxisversuchen, da die regelmäßige Kontrolle der behandelten Partie in kurzen Zeitabständen nicht möglich war. Die Temperatur des Weizens dieses Versuches stieg während der Sommermonate teilweise sehr hoch. Die ganze Partie mußte deswegen am 14. Juni, 5. Juli, 6. August, 13. September und 7. Oktober zur Abkühlung umgebechert werden. Bei diesen Gelegenheiten wurden beim Auslauf des Silos in gleichen Zeitabständen Handproben entnommen und die Käfer ausgezählt. Es wurde lediglich zwischen Kornkäfern und Plattkäfern unterschieden. Der Befall vor der Bekämpfungsmaßnahme konnte von uns nicht ermittelt werden.

Folgende Tabelle verzeichnet den Käferbefall aus je zirka 150 Handproben und die mittlere Temperatur aus der am 20. 5. 1943 behandelten Weizenpartie bei der jeweiligen Umlaufkontrolle an den angeführten Daten.

| Kontrolle vom | Anzahl Tage nach der Behandlung | Calandra |     | Oryzaphilus |     | mittl. Temp. in C |
|---------------|---------------------------------|----------|-----|-------------|-----|-------------------|
|               |                                 | leb.     | tot | leb.        | tot |                   |
| 11. 6. 43     | 22                              | 66       | 277 | 44          | 105 | 28°               |
| 5. 7. 43      | 46                              | 11       | 375 | 5           | 19  | 31°               |
| 6. 8. 43      | 78                              | 0        | 36  | 0           | 0   | 37°               |
| 19. 8. 43     | 91                              | 0        | 0   | 0           | 0   | 31°               |
| 13. 9. 43     | 116                             | 0        | 0   | 0           | 0   | —                 |
| 7. 10. 43     | 140                             | 0        | 0   | 0           | 0   | 18°               |

Wie weiter oben schon verzeichnet, war der Weizen teilweise in zwei verschiedenen Zellen eingelagert. Die in der Tabelle angeführten

Zahlen sind die Summe der in beiden Zellen gefundenen Insekten. Die angegebene Temperatur ist das Mittel aus beiden Zahlen.

Auf Grund der Versuchsergebnisse kam der Experte der Getreideverwaltung zu folgenden Schlüssen:

- a) Durch einmaliges Einstäuben des Weizens mit Geigy 33 Stäubemittel konnte der Kornkäfer innerhalb von zwei Monaten vernichtet werden. Dieser Zeitraum ist groß, hängt aber mit der Entwicklungsdauer des Kornkäfers zusammen und wird in den kälteren Jahreszeiten noch größer sein. Das Präparat wirkt nur auf die ausgeschlüpften Käfer, nicht aber auf Eier, Larven und Puppen.
- b) Die Wirkung des Stäubemittels auf den Käfer ist gut. 6—8 Tage dauert es, bis der Käfer eingeht, nachdem er mit dem Stäubemittel in Kontakt gekommen ist.
- c) Der Plattkäfer ist resistenter als der Kornkäfer gegenüber diesem Präparat.
- d) Das Präparat hat eine monatelange Nachwirkung.

4. Versuch: Im Versuch 4, der am 28. 5. 1943 mit einer Partie Weizen von 113 Tonnen durchgeführt wurde, war der Käferbefall vor der Behandlung in einer Probe von 500 cm<sup>3</sup> folgendermaßen:

|                     |            |       |
|---------------------|------------|-------|
| <i>Calandra:</i>    | lebend 37, | tot 5 |
| <i>Rhizopertha:</i> | lebend 11, | tot 5 |
| <i>Latheticus:</i>  | lebend 3,  | tot 0 |

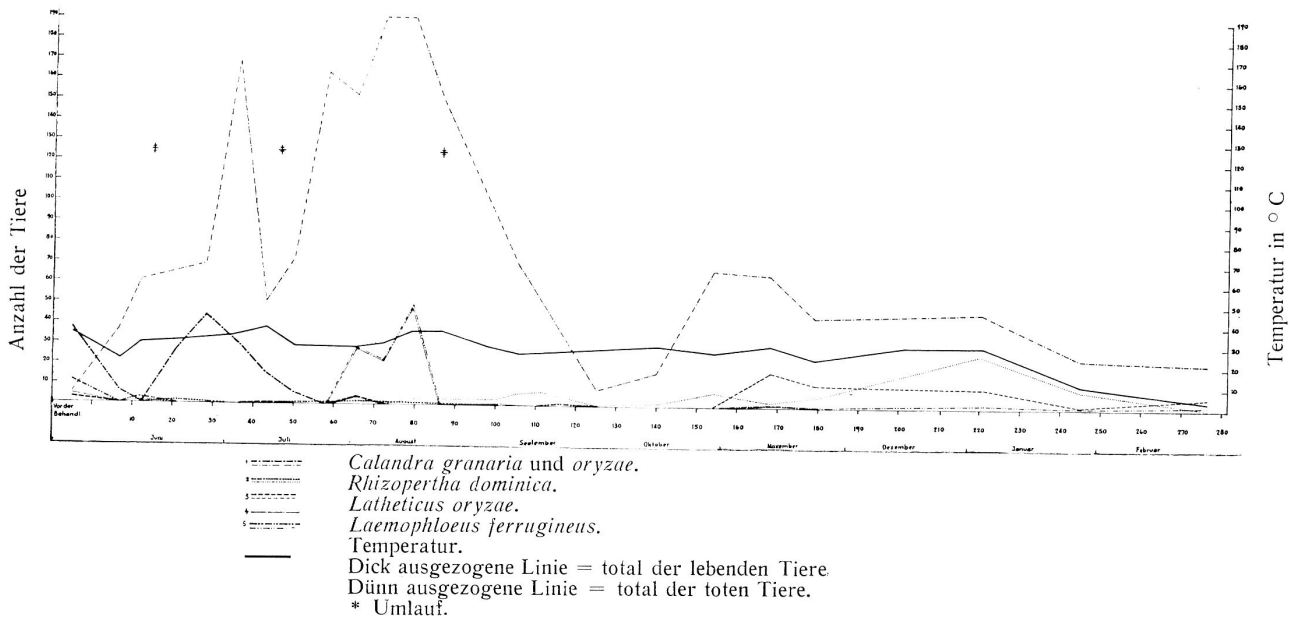
Das sich durch die periodische Kontrolle dieser Partie ergebende Befallsbild ist in Abb. 15 graphisch wiedergegeben.

Nachdem der Befall mit lebenden Käfern in der ersten Woche nach der Behandlung fast vollständig zurückgegangen war, ist vom 12. Tage an ein starker Anstieg der Kornkäfer, sowohl der lebenden wie der toten zu konstatieren. Dieser Anstieg ist wieder auf eine Legeperiode zurückzuführen, die vor der Behandlung stattgefunden haben muß. Am 28. Tag nach der Behandlung ließen sich 43 lebende Kornkäfer in einer Probe von 500 cm<sup>3</sup> Getreide nachweisen, am 72. Tage noch 190 tote Kornkäfer. Die Schlüpfperiode von *Rhizopertha* und *Oryzaephilus*, einer Generation, deren Eiperiode auf die Zeit vor der Behandlung fällt, fiel in den Abschnitt vom 58.—68. Tag nach der Behandlung und zeigte ein Maximum von 49 toten Käfern am 79. Tag nach der Behandlung. Lebende Käfer ließen sich nach dem 125. Tage nicht mehr nachweisen.

Bezeichnend ist, daß diese Weizenpartie relativ hohe Temperaturanstiege zeigte und am 14., 46. und 86. Tag nach der Behandlung umgebechert werden mußte. Auch hier erfolgte Temperaturerhöhung und starke Käferentwicklung wieder parallel.

Zur Beurteilung der Ergebnisse dieser Versuche sei nochmals angeführt, daß das DDT-Stäubemittel als Kontaktgift wirkt und

Abb. 15. Versuch 4, Weizen.

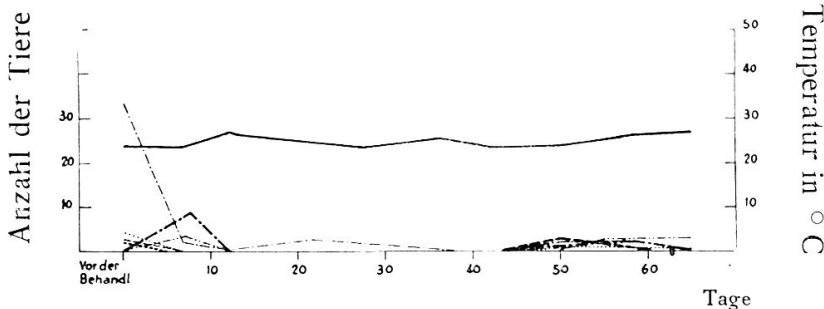


nicht in das Korn eindringt. Es ist also genau gleich lokalisiert wie die inerten Stäubemittel. Alles, was sich im Korn entwickelt, kann unbehindert von statten gehen. Außerhalb des Kornes läßt lediglich die Latenzzeit einen Spielraum für die eventuelle Weiterentwicklung für die Insekten.

### Vergleich mit der Vergasungsmethode.

In einem Falle hatten wir Gelegenheit, eine Partie Weizen, die am 28. 5. 43 vergast worden ist, näher auf Temperatur und Käferbefall zu verfolgen. Leider konnten die Beobachtungen nur während

Abb. 16. Vergasung mit S-Gas.



- 1 - - - - - *Calandra granaria* und *oryzae*.  
 2 - - - - - *Rhizopertha dominica*.  
 3 - - - - - *Latheticus oryzae*.  
 5 - - - - - *Laemophloeus ferrugineus*.  
 ——— Temperatur.

Dick ausgezogene Linie = total der lebenden Tiere.  
 Dünn ausgezogene Linie = total der toten Tiere.

65 Tagen nach der Vergasung durchgeführt werden, da die Ware dann abdisponiert wurde. Die Befalls-Verhältnisse in dieser Zelle sind graphisch dargestellt. (Abb. 16.)

Vor der Behandlung konnten in einer Probe von 500 cm<sup>3</sup> an lebenden Käfern einzig 2 *Rhizopertha* gefunden werden, daneben tote *Calandra* (34), *Rhizopertha* (4) und *Latheticus* (3). Gleich nach der Be-

handlung stieg der Befall an lebenden Kornkäfern an und erreichte am 8. Tag das Maximum mit 9 Käfern in einer Probe von 500 cm<sup>3</sup>. Vom 12. Tage an waren keine lebenden Tiere mehr zu finden bis zum 43. Tage, wo wieder lebende Kornkäfer und *Latheticus* auftraten. Bei längerer Lagerung wäre der Befall sicher wieder beträchtlich angestiegen, da ja das Gas, im Gegensatz zu DDT, keinen dauernden Schutz bietet.

Dieses Beispiel zeigt, daß durch das in der Praxis durchgeführte Vergasen meist keine 100prozentige Abtötung der Käfer und vor allem der Eier und Larven im Innern der Körner erzielt werden kann. Diese Beobachtung findet ihre Bestätigung auch darin, daß beim Überleiten des vergasteten Getreides durch den Separator im dort anfallenden Abfall immer wieder lebende Käfer gesichtet werden.

Neben den in diesem Abschnitt angeführten Versuchen sind vor allem von der GGF verschiedene Großanwendungen mit «Geigy 33»

durchgeführt worden, die von uns nicht speziell verfolgt werden konnten, die jedoch nach den Aussagen der zuständigen Stellen voll befriedigt haben.

### c) Anwendungsmöglichkeiten von DDT-Präparaten.

Wie wir schon ausgeführt haben, bestand unsere Absicht ursprünglich darin, ein insektizides Getreidekonservierungsmittel in präventivem Sinne auszuarbeiten. Erst die Praxis hat uns auf ein weiteres Versuchsprinzip gelenkt. Diese Praxisversuche bewiesen, daß DDT auch in kurativem Sinne verwendet werden kann, daß aber eine relativ lange Latenzzeit dieses Mittel gegenüber dem gasförmigen auszeichnet.

Unsere Überzeugung besteht nach wie vor darin, daß die beste und günstigste Anwendung des DDT-Stäubemittels präventiv erfolgt. Auf Grund unserer Laboratoriumsversuche und zum Teil auch der Praxisversuche steht fest, daß mit dem DDT-Präparat bestäubtes Getreide vor einem Befall von Insekten in jeder Weise geschützt ist und daß dieser Schutz Monate bis Jahre anhält.

Wegen seiner hohen Wirksamkeit ist die Grenze der Verwendung des DDT-Stäubemittels mit der Beimischung zum Getreide noch nicht erreicht. Das Stäubemittel kann auch dazu dienen, Lagerräume zu entkäfern. Es läßt sich in der Form von Barrieren dazu verwenden, das Überlaufen und Weiterwandern von Käfern von einem Stapel zum andern, aus einer Zelle in eine andere usw. zu verhindern.

Schließlich läßt es sich dazu benützen, um insektenfreie Stapelware mit einem gewissen Schutz vor Befall zu versehen.

Zur Desinfektion von Lagerräumen, Schuppen, Silozellen und Silogebäuden ist neben dem DDT-Stäubemittel noch eine in Wasser emulgierbare insektizide Lösung ausgearbeitet und unter der Bezeichnung « Geigy 33 flüssig » ausgegeben worden. Diese Lösung ist ebenfalls auf der DDT-Basis aufgebaut. Sie wird mit Wasser im Verhältnis 1 : 25 bis 1 : 30 verdünnt und dient dazu, Lagerräume jeglicher Art und Sackmaterial zu desinfizieren.

## D. Toxikologie der DDT-Stäubemittel.

Die weitgehend spezifische Giftwirkung der DDT-Substanz auf Insekten ermöglicht es, auch im Falle der Behandlung von Lagergetreide mit minimalen Mengen an Wirkstoff auszukommen. Wie bereits in den vorausgehenden Kapiteln dargelegt wurde, gelangt hierbei auf 1 kg Getreidekörner genau 1 Gramm des DDT-haltigen Stäubemittels « Geigy 33 » zur Verwendung, was einer Menge von nur 100 Milligramm DDT-Reinsubstanz entspricht. In diesem Zusammenhang ergibt sich die Frage, ob bei der Verwendung des behan-



delten Getreides zu Nahrungszwecken für den Verbraucher eine gesundheitliche Schädigung entstehen kann. Wie die nachfolgenden Ausführungen belegen werden, kann die Möglichkeit einer derartigen Schädigung mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Das zum Zwecke der Einlagerung behandelte Getreide kommt nicht direkt zum Verbrauch, sondern muß erst noch in eine küchenmäßig verwendbare Form übergeführt werden, ehe es durch Kochen und Backen als Nahrung präpariert wird. Bei dieser Weiterverarbeitung sind verschiedene technische Reinigungsprozesse eingeschaltet. So werden im Falle des Brotgetreides die Körner durch Windfegen, durch Bürsten- und Waschmaschinen bearbeitet, ehe der eigentliche Mahlprozeß beginnt. Wie wir unseren eigenen Untersuchungen und vor allem der Begutachtung durch den Basler Kantons-Chemiker, Dr. Viollier, entnehmen, ist der durch die üblichen Reinigungsmaßnahmen entfernte Anteil des eingestäubten « Geigy 33 » außerordentlich hoch. Auf Grund seiner mit Hilfe verschiedener analytischer Methoden gewonnenen Resultate gelangt Dr. Viollier in seinem Bericht vom 21. 2. 45 zur Feststellung, daß von dem zugesetzten Quantum « Geigy 33 » im fertig gereinigten Zustand nur rund 9 % zurückbleiben.

Folgende Tabelle, die wir dem erwähnten Bericht entnehmen, zeigt, in welchem Ausmaß die verschiedenen Reinigungsprozesse an der Eliminierung des Insektizids beteiligt sind:

|  | Gehalt an „Geigy 33“<br>pro 100 g Ware |
|--|--|
| Körner, entnommen aus dem Silo . . . . .             | 100—110 Milligramm                     |
| Körner, nach Windfegen . . . . .                     | 60 „                                   |
| Körner, nach Windfegen + Bürsten . . . . .           | 33 „                                   |
| Körner, nach Windfegen + Bürsten + Waschen . . . . . | 9 „                                    |

Die in der Tabelle aufgeführte Restmenge von 9 Milligramm des Stäubemittels entspricht einem Gehalt an DDT-Reinsubstanz von 0,9 Milligramm pro 100 Gramm Körner.

Ähnliche Versuche, angestellt mit Mahlprodukten aus behandeltem Getreide ergeben einen Restgehalt von 0,4—0,6 Milligramm DDT-Reinsubstanz pro 100 Gramm Ware. Auf Grund dieser Untersuchungsergebnisse gelangt Dr. Viollier zum Schluß, daß das mit dem DDT-haltigen Stäubemittel behandelte Getreide bzw. die daraus hergestellten Mahlprodukte geringere Mengen des DDT-Wirkstoffes enthalten als z. B. die vom Schweizerischen Lebensmittelbuch für die hochgiftige Blausäure angegebenen zulässigen Höchstmengen (1 Milligramm Blausäure pro 100 Gramm Ware).

Die hier in Frage stehenden Konzentrationen liegen nun sehr weit entfernt von den Dosen, die man nach den bisherigen experimentellen Erfahrungen als toxisch bezeichnen muß. Ich verweise hierzu auf die nachfolgende Tabelle, wo die an verschiedenen Tierarten ermittelten tödlichen Dosen an DDT-Reinsubstanz aufgeführt sind (nach Domenjoz, Schweiz. Mediz. Wschr. 1944, 952).

| Tierart                           | Tierzahl<br>pro Dosis | Mittlere tödliche Einzelgaben<br>= D. 1. 50 |         |
|-----------------------------------|-----------------------|---|---------|
|                                   |                       | g/kg  | mg/Tier |
| a) Emulsion in Gummi<br>arabicum: |                       |   |         |
| Maus . . . . .                    | 20                    | 1,6   | ca. 32  |
| Ratte . . . . .                   | 20                    | 0,5   | ca. 75  |
| Meerschweinchen . . . . .         | 10                    | 2,0   | ca. 500 |
| Kaninchen . . . . .               | 5                     | 0,275                                       | ca. 500 |
| b) Gelöst in Olivenöl:            |                       |   |         |
| Maus . . . . .                    | 5                     | 0,175                                       | ca. 3,5 |
| Ratte . . . . .                   | 5                     | 0,28  | ca. 42  |

Der Begriff mittlere tödliche Einzelgabe bezeichnet hierbei die Dosis, welche nach einmaliger Verabreichung genau 50 % der Versuchstiere tötet. Die Angaben betreffen die Verabreichung von DDT-Reinsubstanz per os (Schlundsonde) und, wie bereits erwähnt, die Vergiftung mit DDT-Wirkstoff nach einer einmaligen Zufuhr. Aus dieser Aufstellung geht hervor, daß es z. B. für eine zirka 20 Gramm schwere Maus die relativ hohe Dosis von 32 Milligramm DDT-Reinsubstanz braucht, um eine tödliche Vergiftung herbeizuführen. Für eine 100 bis 125 Gramm schwere Ratte braucht es sogar eine Menge von rund 75 Milligramm pro Tier. Wenn man also eine Maus z. B. durch Verabreichung von DDT-behandeltem Getreide vergiften wollte, so müßte man dem Tier die ansehnliche Menge von zirka 640 Gramm Lagergetreide in einer Einzeldosis einverleiben, eine Futtermenge, die normalerweise genügt, um eine Maus während zirka 120 Tagen zu ernähren. Die gleiche Rechnung, durchgeführt für Mehl aus DDT-behandeltem Getreide, ergibt eine Menge von 8 bis 16 kg. Erst mit diesem Quantum würde der Maus die tödliche Dosis an DDT-Reinsubstanz zugeführt.

Obige Daten, die in eigenen Toxizitätsversuchen gewonnen wurden sind seither durch amerikanische Untersucher weitgehend bestätigt worden. Nach *Smith and Stohlman* beträgt die mittlere letale Dosis bei peroraler Verabreichung in öliger Lösung bei Ratten = 0,15 g pro kg Tier und bei Kaninchen 0,3 g pro kg Tiergewicht. Nach *Woodard, Nelson and Calvery* liegen die mittleren letalen Dosen für Mäuse, Meerschweinchen, Ratten und Kaninchen zwischen 0,16 bis 0,6 g DDT-Reinsubstanz pro kg Tier. Auch von diesen Untersuchern wurde DDT-Substanz als ölige Lösung verabreicht, ein Umstand, der für das Ausmaß der Resorption ausschlaggebend ist. Entsprechend den physikalisch-chemischen Eigenschaften des DDT erfolgt nämlich die Resorption aus öliger Lösung bedeutend leichter, als wenn die Substanz in wässriger Phase verabreicht wird.

Auf Grund der besprochenen Resultate darf festgestellt werden, daß die DDT-Wirksubstanz erst in relativ hohen Dosen eine Ver-

giftung verursachen kann. Alle unsere Angaben über die Toxizität beziehen sich auf das Tiergewicht. Es ist auf Grund dieser Zahlen leicht einzusehen, daß die entsprechenden Mengen für den Menschen in einer Größenordnung liegen, die eine ungewollte Vergiftung praktisch überhaupt unmöglich machen. Entsprechend der Empfindlichkeit der Versuchstiere kämen dabei Mengen zwischen 15 bis 100 Gramm DDT-Reinsubstanz als eventuell toxische Dosen für einen erwachsenen Menschen in Betracht. Diese Quantitäten können selbstverständlich durch Genuß von Getreideprodukten aus DDT-behandeltem Getreide niemals erreicht werden.

Neben der bisher besprochenen akuten Toxizität, d. h. der Giftwirkung bei Zufuhr einer einmaligen Dosis, spielt die chronische Giftwirkung wiederholt verabreichter kleinerer Dosen, besonders im Falle der DDT-Getreidebehandlung, eine wichtige Rolle. Es ist bekannt, daß sich gewisse Substanzen, wenn sie in kleinen Dosen während längerer Zeit verabreicht werden, im Organismus anreichern und zu einer chronischen Vergiftung führen können. Auch diese Frage ist auf experimentellem Wege nach verschiedenen Richtungen untersucht worden. Unsere eigenen Prüfungen erstrecken sich auf einen Zeitraum von 70 Tagen = 10 Wochen. Das verwendete Tiermaterial bestand aus je 40 Mäusen und Ratten und je 10 Kaninchen und Katzen. Ratten und Mäuse erhielten als ausschließliche Kost Getreidekörner, so wie sie nach der Behandlung mit « Geigy 33 » (50 g DDT pro kg Körner) aus dem Silo kommen. Eine Reinigung der Körner war absichtlich nicht erfolgt. Katzen und Kaninchen wurden mit Haferflocken bzw. Brot gefüttert, hergestellt aus DDT-behandeltem, nicht gereinigtem Getreide. Unsere Untersuchungen berücksichtigen das Verhalten der Tiere, die Freßlust, den Allgemeinzustand und besonders den Verlauf der Gewichtskurve. Das Gesamtergebnis dieser Versuche läßt sich wie folgt resumieren: Wir konnten in keinem einzigen Falle irgend ein Symptom einer chronischen Giftwirkung feststellen. Nochmals hervorzuheben ist dabei, daß in unseren Versuchen sowohl die Körner als auch die Mahlprodukte, im Gegensatz zur normalen Verarbeitung, ohne jede Reinigungsmaßnahme verfüttert wurden.

Unsere Resultate sind inzwischen durch Woodard, Nelson und Calvery ergänzt und bestätigt worden. Diese amerikanischen Autoren verabreichten DDT-Reinsubstanz gelöst in pflanzlichem Öl während eines Zeitraumes von 52 Wochen = 1 Jahr. Trotzdem die Resorption von DDT aus öliger Lösung bekannterweise in größerem Ausmaß stattfindet, kommen die genannten Autoren zu dem Schluß, daß bis zu einer Konzentration von 250 mg DDT-Reinsubstanz pro kg Futter keine chronische Giftwirkung auftritt. Dieses Resultat ist wegen der langen Beobachtungsdauer für die praktische Anwendung des DDT auf dem Gebiet der Getreidekonservierung von besonderer Wichtigkeit; es bringt den Beweis der absoluten Un-

giftigkeit des DDT im chronischen Versuch, sofern es in einer Dosierung verwendet wird, wie sie durch das Präparat « Geigy 33 » gegeben ist. Wenn wir uns vor Augen halten, daß die Höchstkonzentration im Mehl, nach Behandlung des Getreides mit « Geigy 33 » nur den minimalen Gehalt von 4,0 bis 6,0 Milligramm DDT pro kg Mehl beträgt, so scheint diese Konzentration absolut außerhalb dessen zu liegen, was noch schädlich wirken kann. Im übrigen ist damit zu rechnen, daß auch bei der küchenmäßigen Zubereitung der Mahlprodukte durch Kochen und Backen, noch ein gewisser Teil der DDT-Substanz eliminiert bzw. zerstört wird, ehe diese Speisen genossen werden. Selbst wenn man in bezug auf die Übertragbarkeit der Tierversuche auf die Verhältnisse des menschlichen Organismus gewisse Bedenken hat und eine event. größere Empfindlichkeit des Menschen gegenüber DDT in Betracht zieht, scheint es praktisch unmöglich, auf dem Wege über die Nahrung zu einer chronischen Schädigung oder Giftwirkung zu gelangen.

### E. Die wichtigsten Getreideschädlinge.

Die nachfolgende Zusammenstellung enthält die wichtigsten, in der Schweiz vorkommenden Schädlinge am Getreide, mit welchen wir Gelegenheit hatten, Versuche durchzuführen.

Um die Bekämpfungsmöglichkeiten mit dem DDT-Stäubemittel « Geigy 33 » besser verständlich zu machen, ist für die einzelnen Schädlinge je nach ihrer Bedeutung auch ihr Lebenszyklus näher beschrieben.

*Tenebrioides mauritanicus* L., Schwarzer Getreidenager  
(Abb. 17).

Das Weibchen dieses 6—11 mm langen Käfers mit herzförmigem Hals-Schild legt bis 1200 Eier in Klumpen von 10—40 Stück in Mehl und andere Vorräte oder in Ritzen und Spalten der Lager Räume. Die ausgewachsenen Larven, an deren langen Körperhaaren der Mehlstaub hängen bleibt, werden bis zu 19 mm lang. Der Nager findet sich bei uns sowohl in Mühlen und Getreidelagern wie im Freien unter loser Rinde von Eichen und Buchen. Während die Larven bei Berührung mit DDT erst nach zirka 12 Stunden Rückenlage zeigen und nach 4—5 Tagen eingehen, reagieren die Käfer bedeutend schneller. Sie sind nach 2—3 Stunden in Rückenlage und in 1—2 Tagen tot.

*Oryzaephilus surinamensis* L., Getreideplattkäfer (Abb. 18).

Der flache, schmale Käfer von 2,5—3,5 mm Länge und graubrauner Farbe ist in erster Linie ein sekundärer Schädling der Ge-

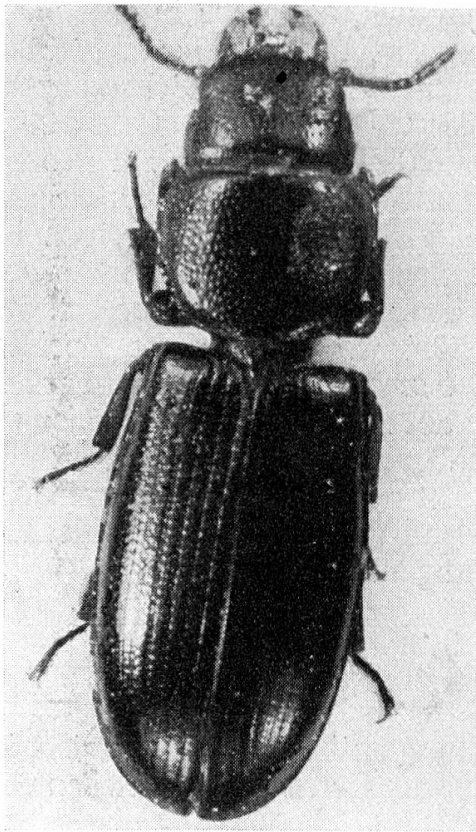


Abb. 17.  
*Tenebrioides mauritanicus*  
Schwarzer Getreidenager.

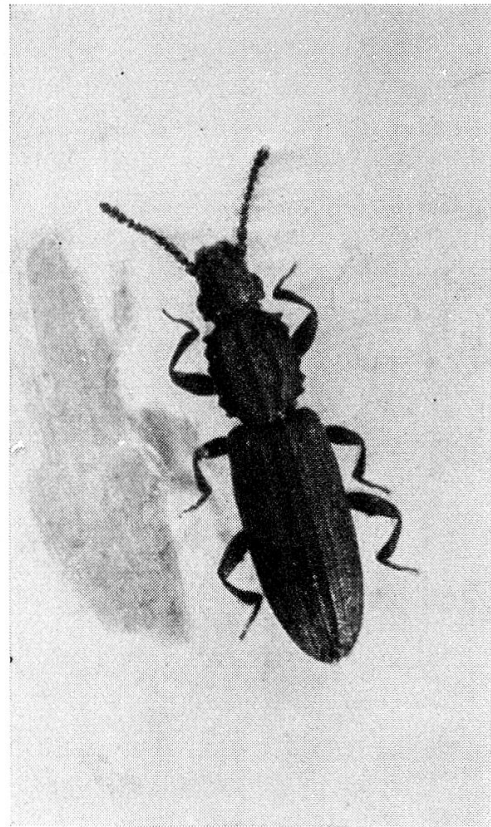


Abb. 18.  
*Oryzaephilus surinamensis*  
Getreideplattkäfer.

treidelager, wo er vor allem den vom Kornkäfer begonnenen Fraß an verletzten und gebrochenen Körnern fortsetzt. Er kann aber auch an Dörrobst und Nüssen auftreten. Er ist leicht erkenntlich an der eigenartigen Form des Halsschildes, der an beiden Seiten sechs vorspringende Zähne und oben auf der Scheibe zwei flache und breite Längsfurchen besitzt. Das Weibchen legt die Eier zwischen die Körner ab. Die daraus entstehenden gelblich-grauen Larven leben wie die Käfer frei zwischen den Körnern. Die ganze Entwicklungsdauer beträgt je nach Temperatur, Ernährung und Feuchtigkeit 3—10 Wochen.

Der Getreideplattkäfer reagiert auf DDT in 1—2 Stunden mit Rückenlage und ist nach 1—2 Tagen tot.

*Laemophloeus ferrugineus* Steph., Leistenkopf-Plattkäfer (Abb. 19).

1,5—2 mm große, braune, mit langen Fühlern ausgestattete Käfer. Die Fühler des Männchens überragen die Mitte des Körpers, beim Weibchen sind sie etwas kürzer. Die Fühlerglieder sind länger als breit.

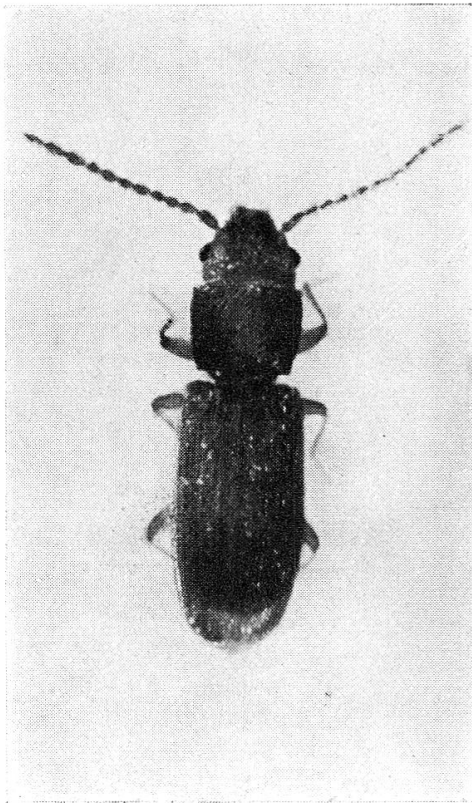


Abb. 19.  
*Laemophloeus ferrugineus*  
Leistenkopf-Plattkäfer.

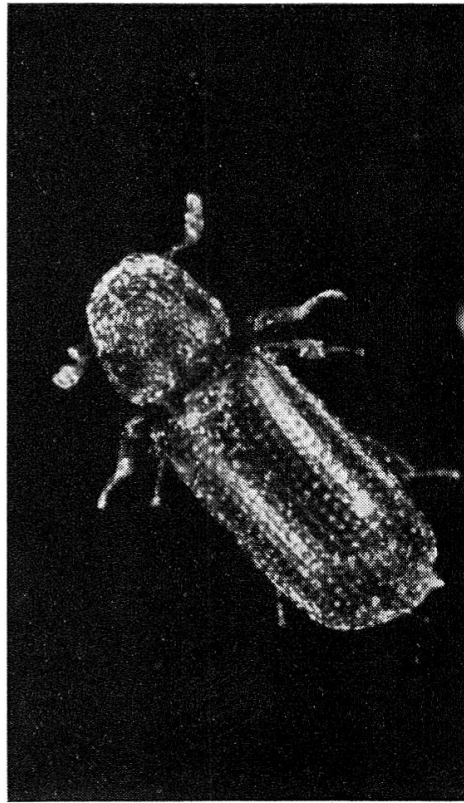


Abb. 20.  
*Rhizopertha dominica*  
Getreidekapuziner.

*Laemophloeus minutus* Ol., Leistenkopf-Plattkäfer.

1,3—1,5 mm große, braune Käfer. Der Halsschild ist anderthalbmal so breit wie lang. Die Fühler des Männchens sind fast so lang wie der Körper.

Beide *Laemophloeus*-Arten finden sich oft in großer Menge im Getreide, allerdings ohne beträchtlichen Schaden anzurichten. Sie ernähren sich als sekundäre Getreideschädlinge von den durch primäre Schädlinge verletzten und gebrochenen Körnern, Getreidestaub usw.

Die Leistenkopf-Plattkäfer zeigen in mit DDT behandeltem Getreide nach zirka 30 Minuten Rückenlage und gehen nach zirka 16 Stunden ein.

*Rhizopertha dominica* F., Getreidekapuziner (Abb. 20).

Der 2,5—3 mm lange, braune Käfer mit punktiert gestreiften Flügeldecken ist nach Zacher (1927) hauptsächlich in den tropischen und subtropischen Ländern verbreitet. Er ist bei uns eingeschleppt und wird auch in unseren Silos in größeren Mengen angetroffen.



Abb. 21.  
*Niptus hololeucus*  
Messingkäfer.

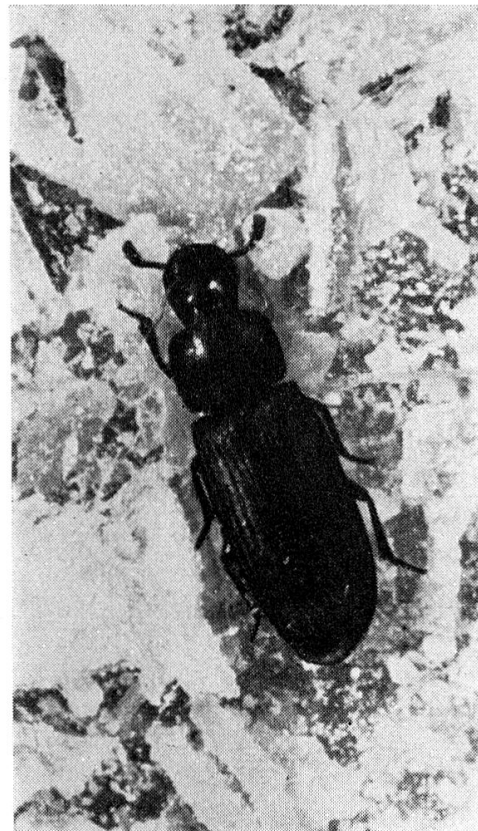


Abb. 22.  
*Latheticus oryzae*  
Rundköpfiger Reismehlkäfer.

Das Weibchen legt 300—500 Eier zwischen die Getreidekörner ab. Die ausschlüpfenden, weißen Larven mit braunem Kopf und stark aufgetriebenen Brustriemen bohren sich nach einiger Zeit in die Körner ein, die sie vollständig aushöhlen. Die Verpuppung erfolgt im Korn. Die Entwicklung der Brut erfordert bei wärmerem Klima 1 Monat, bei uns 2—3 Monate.

Auf DDT reagiert er in 9—12 Stunden mit Rückenlage und ist nach 6—8 Tagen tot. Durch Einstäuben des Getreides können auch die frisch ausschlüpfenden Larven, bevor sie sich in die Körner einbohren, abgetötet werden.

*Niptus hololeucus* Falderm., Messingkäfer (Abb. 21).

Der 4—5 mm lange, braune Käfer ist am ganzen Körper mit langen, anliegenden, goldgelben Haaren besetzt und dadurch messingglänzend. Der Kopf steckt beweglich tief in der Brust, senkrecht nach unten gestellt, so daß von oben außer einem schmalen Stirnstreifen nur die langen, 11-gliedrigen Fühler sichtbar sind. Die weiße, walzenförmige Larve mit verdicktem Abdomen ist bauchseits gekrümmt.

Die Larven ernähren sich vor allem von Pflanzen, Pflanzpulvern, Mahlprodukten und Getreiderückständen. Die Käfer be-

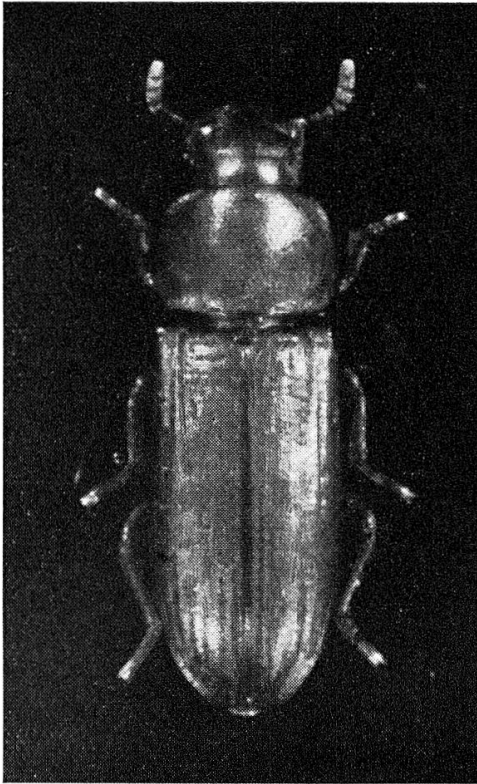


Abb. 23.  
*Tribolium confusum*  
Amerikanischer Reismehlkäfer.

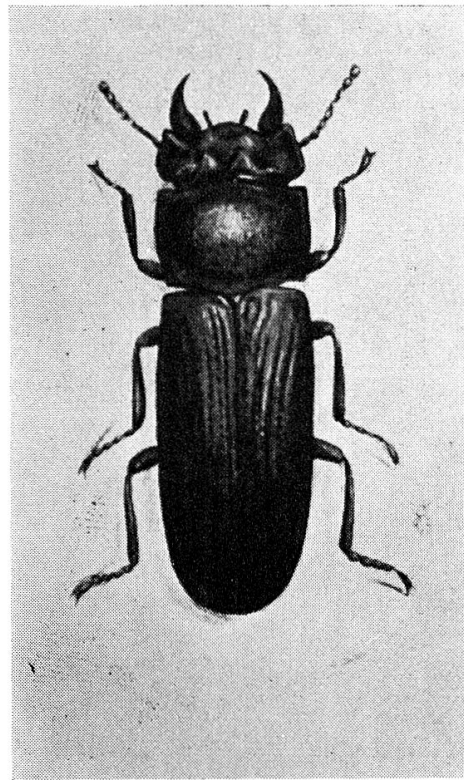


Abb. 24.  
*Gnathocerus cornutus*  
Vierhornkäfer.

fallen besonders gern Kunstseide, aber auch Wolle, ferner Knochen, Federn, Lederwaren, Backwaren, Kleider, Tabak usw.

Die gesamte Entwicklungszeit des Messingkäfers ist abhängig von der Temperatur und dauert 113—146 Tage.

Durch Kontakt mit « Geigy 33 » geht der Messingkäfer in 2—4 Tagen ein.

*Latheticus oryzae* Waterh., Rundköpfiger Reismehlkäfer  
(Abb. 22).

Der 2 $\frac{1}{2}$  mm lange, schmale, unbehaarte, gelb-braune Käfer zählt zu den sekundären Schädlingen der Getreidelager., Er ist auf Weizen, Roggen, Gerste, Mais und Reis zu finden und führt die durch andere Insekten begonnene Zerstörung weiter.

Der Käfer geht bei Berührung mit DDT nach 1—3 Tagen ein.

*Tribolium castaneum* Hb., Rotbrauner Reismehlkäfer  
*Tribolium confusum* Duv., Amerikanischer Reismehlkäfer  
(Abb. 23).

Diese beiden Arten sind sich weitgehend ähnlich. Die unbehaarten Käfer haben eine Länge von 3—4 mm. Sie gehören ebenfalls zur





Abb. 25.  
*Tenebrio molitor*, Mehlkäfer.

sekundären Fauna der Getreidelager, sind aber auch in Mahlprodukten und Futtermitteln zu finden. Im Kontakt mit DDT gehen sie nach 2—3 Tagen ein.

*Gnathocerus cornutus* Fabr.,  
Vierhornkäfer (Abb. 24).

Das Männchen des 3—4 mm langen, rot-gelben Käfers besitzt am Vorderrande des Kopfes eine Hornbildung und weist vorspringende Beißzangen auf. Das Weibchen gleicht dem Reismehlkäfer, hat aber eine andere Punktierung der Flügeldecken. Die Käfer leben ziemlich lange und legen ihre bis 100 Eier nur allmählich ab, so daß man alle Entwicklungsstadien gleichzeitig nebeneinander findet. Die günstigste Temperatur für die Entwicklung beträgt zirka 21° C., unter 10° C und über 27° C treten bereits Schädigungen auf. Bei uns können jährlich 2 Generationen auftreten.

Der Vierhornkäfer tritt vor allem in Mühlen schädlich auf, wo er besonders durch Verunreinigung des Mehls große Schäden anrichtet. In Getreidelagern ist er auch als sekundärer Schädling zu betrachten, da er wie der Reismehlkäfer meist im Gefolge des Kornkäfers zu finden ist. Auf DDT reagiert der Vierhornkäfer in 2—3 Tagen.

*Tenebrio molitor* L., Mehlkäfer (Abb. 25).

Das Weibchen des braunen bis schwarzen, 13—17 mm langen Käfers legt bis 160 Eier einzeln oder in Häufchen in Mehl und Getreide. Die aus ihnen ausschlüpfenden Larven, die « Mehlwürmer », sind bei uns meist erst nach 15—20 Monaten fertig entwickelt. Sie werden bis 28 mm lang, kreisrund mit einem Durchmesser von 4 mm, gelb-braun, an den Segmentgrenzen dunkler, glatt und glänzend. Der runde augenlose Kopf besitzt viergliedrige Fühler. Die Dauer der Entwicklung ist vor allem von der Nahrung und der Temperatur abhängig. Die Käfer findet man bei uns auch im Freien im Mulm und unter der Rinde alter Bäume.

In Getreide- und Mehllagern, Mühlen, Bäckereien können sowohl die Käfer wie die Larven schädlich wirken.

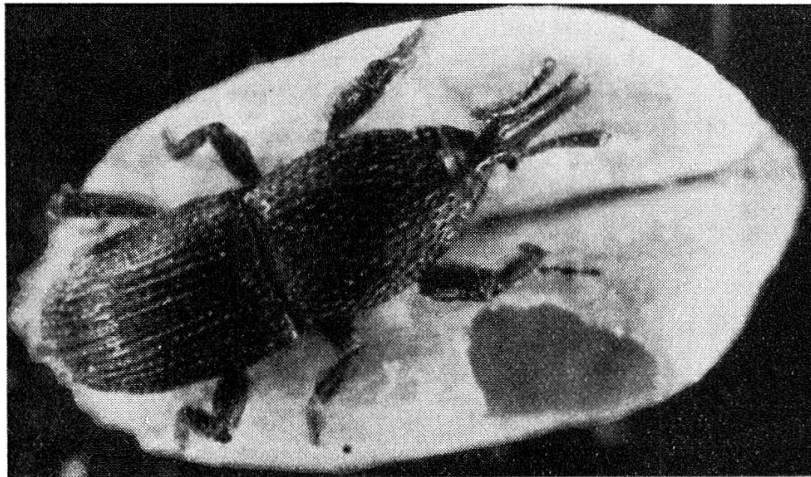


Abb. 26.

*Calandra granaria*, Kornkäfer.

Mit DDT-Stäubemittel werden in erster Linie die Käfer abgetötet, welche nach 1½ Stunden Kontakt Rückenlage zeigen und nach 1—2 Tagen eingehen.

Die Larven sind weniger empfindlich und gehen erst nach 2—3 Tagen ein.

*Calandra granaria* L., Kornkäfer (Abb. 26).

Dieser 4 mm große, dunkelbraune bis schwarz gefärbte Rüsselkäfer ist wohl der häufigste und gefährlichste Gast unserer Getreidespeicher. Er ist nach *Teichmann und Andres* (1920), *Andersen* (1938) über die ganze Erde verbreitet und in fast allen Ländern eingebürgert. Er wird hie und da im Freien angetroffen, doch muß wohl angenommen werden, daß er im Freien nicht zu leben vermag und seinen Lebenslauf ausschließlich in gespeichertem Getreide durchmacht.

Zur Vermehrung bohrt das Weibchen in das Getreidekorn mit dem starken Rüssel ein Loch, legt das Ei hinein und verschließt es mit einem Sekret, so daß man dem befallenen Getreidekorn im allgemeinen nichts ansieht. Pro Getreidekorn wird meistens nur 1, zirka 0,5—0,6 mm langes, glänzendes Ei abgelegt. Die Zahlen der von einem Weibchen produzierten Eier wird mit zirka 150 angegeben. Nach *Mathlein* (1938) werden bei freier Wahl und gleichem Wassergehalt von Weizen, Roggen, Gerste und Hafer die Eier ebenso gerne in Gerste wie in Weizen gelegt. Ungeschälter Hafer wird bei Gegenwart von anderen Körnern nicht mit Eiern belegt. Weiche Weizensorten werden stärker angegriffen als harte. Man hat beobachtet, daß der Kornkäfer seine Eier ins Getreide nicht ablegt, wenn dessen Temperatur unter +13° C liegt. Die Zeit von der Eiablage bis zum Schlüpfen der Larven beträgt nach *Teichmann und Andres* im Juli und August 8—9, im September und Oktober

10—12 Tage. Die Dauer des Larvenzustandes, während welchem die Larve sich aus dem Inhalt des Kornes ernährt, schwankt je nach der Temperatur. Als mittlere Dauer wird von diesen Autoren 40 Tage angegeben und die darauffolgende Puppenruhe mit zirka 8 Tagen. Der junge Käfer tritt nicht sofort aus den Körnern hervor, sondern verläßt sie erst durch eine von ihm herausgefressene Öffnung, wenn sein Chitinpanzer genügend hart geworden ist. Die jungen Käfer sind im Gegensatz zu den alten hellbraun. Sie beginnen sofort Körner anzubohren und Nahrung aufzunehmen. Nach *M a t h l e i n* beträgt die Zeit bis zur Eiablage (Präovipositionsperiode) bei 25° C bis 5 Tage, bei 16—18° C bis 20—25 Tage und bei 12,5—14,5° C bis 70—80 Tage. Wie schon aus den vorhergehenden Angaben ersichtlich ist, wird die Entwicklungszeit der Käfer durch die Temperatur stark beeinflußt. Nach dem letzten Autor beträgt die kürzeste Entwicklungszeit bei 27° C 29 Tage, bei 23,5° C 38 Tage und bei 14—16° C 113 Tage. Es wurden auch Untersuchungen angestellt über den Mindestgehalt an Wasser im Getreide, der den Käfern noch Leben und Fortpflanzung ermöglicht. In Weizen mit einem Wassergehalt von 9,9 % vermehrten sich die Insekten bei Zimmertemperatur noch recht stark, aber schon bei 9,5 % gingen sie ein und eine Vermehrung fand praktisch nicht statt.

Die Widerstandskraft des Kornkäfers gegen Hunger ist bedeutend, falls die Luftfeuchtigkeit hoch genug ist. Er kann während Monaten in einem völlig leeren Lagerraum am Leben bleiben.

In Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur fand *M a t h l e i n*, daß sowohl voll entwickelte Käfer als auch unentwickelte Stadien innerhalb 1/2 Stunde absterben bei einer Temperatur von +55° C oder innerhalb 3 1/2 Stunden bei +45° C. Bei tiefen Temperaturen sind die verschiedenen Entwicklungsstadien empfindlicher gegen Kälte als die Imagines. So starben bei einer Temperatur von +4,5° C sämtliche Eier, Larven und Puppen binnen 70 Tagen, während die Imagines mehr als 100 Tage lebten. Bei einer Temperatur von — 2° C starben bis 100 % der Eier in 20 Tagen, während die Imagines bis 40 Tage leben konnten.

Wie aus den angeführten biologischen Daten ersichtlich ist, kann sich die Bekämpfung mit DDT-Präparaten nur gegen die ausgewachsenen, außerhalb des Kornes lebenden Imagines richten. Wie unsere Versuche zeigten, reagieren sie verhältnismäßig langsam. In eingestäubtem Getreide starben die Käfer nach 5—6 Tagen ab. Es konnte allerdings beobachtet werden, daß frisch aus den Körnern ausschlüpfende Käfer empfindlicher sind, so daß sie meist abgetötet werden, bevor sie zur Eiablage kommen.

#### *Calandra oryzae* L., Reiskäfer.

Der mattbraune, mit rötlich, undeutlich begrenzten Flecken an Basis und Spitzen der Deckflügel aufweisende Käfer ist dem Korn-

käfer in Lebensweise und Gestalt sehr ähnlich und häufig mit ihm vergesellschaftet. Der Reiskäfer kann allerdings fliegen und begibt sich in warmen Ländern daher auf die Felder und legt dort die Eier in die reifenden Getreidekörner ab.

Nach Zacher (1927) können von einem Weibchen in 149 Tagen bis zu 576 Eier abgelegt werden. Die Entwicklungsdauer ist abhängig von der Temperatur und wird in den südlichen Vereinigten Staaten während der Sommermonate mit 41—46 Tagen angegeben.

Die Bekämpfungsmöglichkeiten mit « Geigy 33 » sind die gleichen wie beim Kornkäfer. Er ist auf « Geigy 33 » etwas empfindlicher als der Kornkäfer und geht bei Kontakt nach 4—5 Tagen ein. Sehr gute Bekämpfungserfolge mit DDT-Präparaten konnten auch von Lepage und Giannotti (1944) erzielt werden.

*Calandra zea-mais* Motsch., La Plata-Käfer.

Der La Plata-Maiskäfer ist dem Reiskäfer mit seinen roten Flecken auf den Flügeldecken sehr ähnlich. Mit 3,3—4,5 mm Länge ist er jedoch etwas größer und breiter und glänzender.

Er befällt Mais und Weizen, an denen er die gleichen Schäden verursacht wie der Korn- und der Reiskäfer.

Auf DDT reagiert der La Plata-Maiskäfer jedenfalls in ähnlicher Weise wie der Korn- und der Reiskäfer.

*Tinea granella* L., Kornmotte (Abb. 27).

Die Falter mit ihren silberglänzenden, unregelmäßig hellbraun bis dunkelbraun gefleckten Vorder- und graubraunen Hinterflügeln sind 5 mm lang und haben eine Flügelspannweite von 10—14 mm. Sie fliegen bei Dämmerung und nachts. Die Weibchen legen bis 100 Eier an oder zwischen die Getreidekörner, vor allem in Roggen,

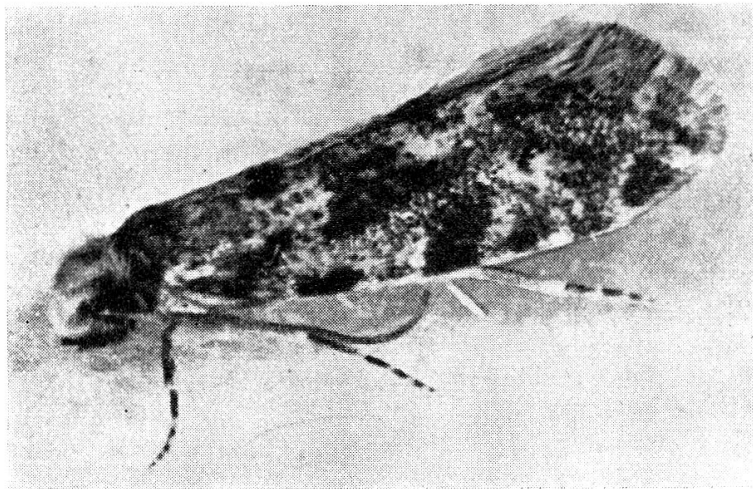


Abb. 27.

*Tinea granella*, Kornmotte.

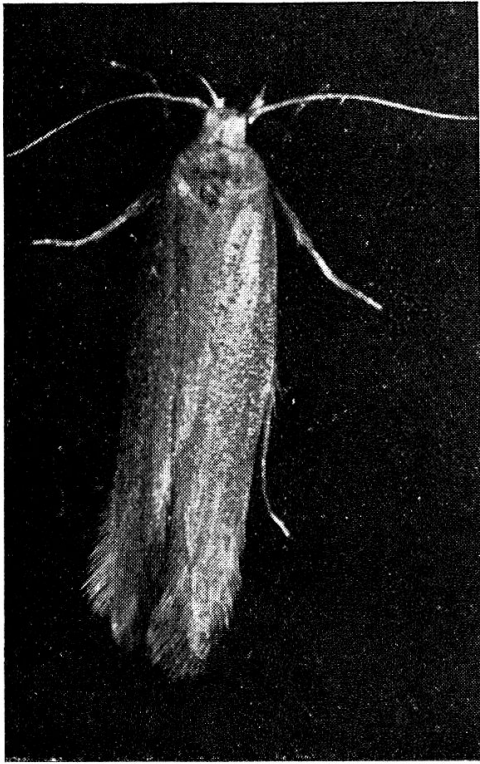


Abb. 28.  
*Sitotroga cerealella*, Getreidemotte.

aber auch auf Erbsen, getrocknete Früchte, Pilze und Kleesamen. Die aus den Eiern nach etwa 10 bis 14 Tagen ausschlüpfenden, weißlich-gelben Raupen, mit braun-rottem Kopfschild versehen, erreichen eine Größe von 10 mm. Sie spinnen die Körner zusammen und be-fressen dieselben im Schutze dieser Gespinste. In den Getreidelagern entstehen dadurch verschieden große Klumpen versponnenen Ge-treides, durchsetzt mit hellgrauem, krümeligem Raupenkot. Das Ge-treide nimmt zudem einen schlechten Geruch an. Die Verpuppung der Raupen erfolgt im Innern von hohlgefressenen Getreidekörnern oder in Ritzen und Spalten der Lagerräume. Bei uns bildet die Kornmotte pro Jahr 1—2 Genera-tionen. Nach Z a c h e r (1927) ist sie in Europa, Nordamerika und Japan verbreitet.

Bei den Faltern treten bei Berührung mit DDT nach zirka 1—2 Stunden Lähmungserscheinungen und Rückenlage auf und nach 12 Stunden sind sie tot. Bei den Raupen dauert die Reaktionszeit je nach ihrem Entwicklungsstadium 2—4 Tage. Ausgewachsene Rau-pen reagieren vielfach nicht mehr!

*Sitotroga cerealella* Ol., Getreidemotte (Abb. 28).

Die zirka 7 mm lange und eine Flügelspannweite von 15 bis 17 mm aufweisende Getreidemotte hat schmale, zugespitzte Flügel mit langen Fransen. Die gelben oder gelb-braunen Vorderflügel weisen zwei schwärzliche Längsstriche auf; die Hinterflügel sind grau.

Nach Z a c h e r (1927) ist die Getreidemotte verbreitet in ganz Europa, Nord-, Ost- und Südafrika, Nord-, Mittel- und Südamerika, Ceylon, Indien, Java, Japan und Australien.

Das Weibchen legt bis 150 Eier einzeln an die Körner ab, und zwar möglichst zwischen Spelz und Korn, also an ungedroschenes Getreide, denn die Getreidemotte ist ein Ährenschildling. Die aus dem Ei ausschlüpfende kleine, rötlich-gelbe Raupe mit braunem Kopf bohrt sich in das Getreidekorn ein und frißt es leer. Der Befall ist ersichtlich an den kleinen Gespinsten und Kotkrümelchen, die zwi-

schen den Spelzen kleben, und zudem weist befallenes Getreide einen ekelerregenden Geruch auf.

Der Befall verschiedener Getreidearten erfolgt in warmen Gegenden zum Teil schon auf dem Felde, zur Hauptsache aber in den Speichern, in denen das Getreide bis zum Dreschen aufbewahrt wird. Eine wirksame vorbeugende Bekämpfungsmaßnahme ist deshalb bei starkem Auftreten des Schädlings baldiges Dreschen.

Da die Raupen auch zur Verpuppung nicht aus dem Getreidekorn herauskommen, kann sich die Bekämpfung mit « Geigy 33 » nur gegen die Falter richten, vor allem durch Bestäuben der Ähren beim Einlagern. Der Falter ist nach zirka 2—6 Stunden durch DDT-Stäubemittel vollständig gelähmt.

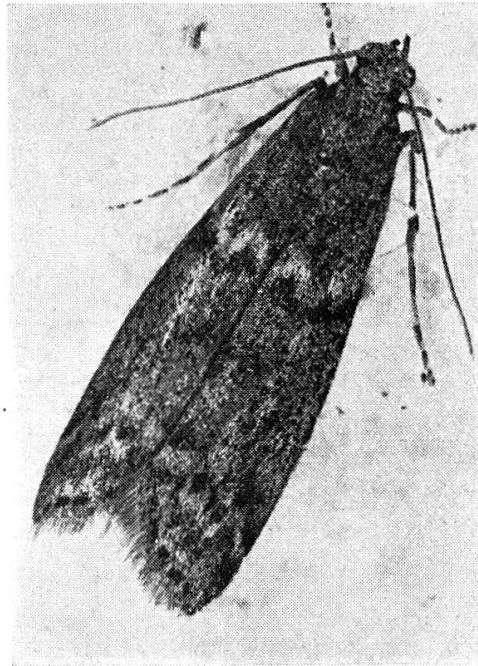


Abb. 29.

*Ephestia Kühniella*, Mehlmotte.

*Ephestia Kühniella* Zeller, Mehlmotte (Abb. 29).

Die 10—14 mm lange Mehlmotte, mit einer Flügelspannweite von 22—25 mm, besitzt staubgraue oder bleiglänzende, mit helleren, dunkel gesäumten zickzackförmigen, teils verschwommenen Querstreifen versehene Vorderflügel und grau-weiße Hinterflügel mit langen Fransen.

Nach Zacher (1927, 1939), Foerster (1939) und Burkhardt (1920) stammt die Mehlmotte aus Vorderasien und ist heute über die ganze Welt verbreitet. Sie ist der gefährlichste Schädling des Mühlengewerbes und der mehlverarbeitenden Betriebe. Sie befällt neben Getreide, Mehl- und Backwaren auch Teigwaren, Erbsen, Bohnen, Kastanien, getrocknetes Obst und Gemüse, Nüsse, Mandeln usw.

Tagsüber sitzen die Falter meist ruhig an Decken, Wänden und Maschinen und beginnen erst bei der Dämmerung zu schwärmen. Die Zahl der von den Weibchen abgelegten Eier schwankt nach den verschiedenen Autoren zwischen 200—600 und ist jedenfalls stark von äußeren Faktoren abhängig. Die ausschlüpfenden rötlich-weißen, beborsteten Raupen beschmutzen und verspinnen die befallenen Waren. In Mühlen verstopfen die zusammengeklebten Mehlklumpen die Siebe und Transportkanäle. Durch die Raupen wird zudem oft die Gaze der Siebe zerfressen und das Mehl erhält durch den Befall einen üblen Geruch.

Die Entwicklungsdauer vom Ei bis zum Falter schwankt je nach der Temperatur. Sie beträgt bei 18—20° C 63—99 Tage, bei 27° C aber nur noch 43—49 Tage, wobei das Raupenstadium zirka  $\frac{2}{3}$  der ganzen Entwicklungsdauer umfaßt. So können bei uns jährlich 2—4 Generationen vorkommen.

Die Raupen reagieren auf DDT-haltige Stäubemittel nur in den ersten Häutungsstadien, während die ausgewachsenen Exemplare nur wenig empfindlich sind. Hie und da kann allerdings beobachtet werden, daß sie keine vollständigen Cocons zu spinnen vermögen. Die Falter, die mit DDT in Berührung kommen, zeigen nach 8—10 Stunden Rückenlage und gehen in 16 Stunden ein.

Beobachtet man einen Falter bei der Berührung mit DDT-Präparaten etwas genauer, so sieht man in vielen Fällen, daß er wie verschiedene andere Insekten unter der Einwirkung von DDT seine Beine abwirft (Autotomie), (vgl. Wiesmann und Fenjves 1944, Emmel 1944).

#### Literaturverzeichnis zur 2. Mitteilung.

- P. Alexander, J. A. Kitchenner and H. Z. A. Briscoe  
1944 II  
Inert dust insecticides  
Part I: Mechanism of action  
Ann. appl. Biol. 31, 143, 1944  
Part II: The nature of effective dusts.  
Ann. appl. Biol. 31, 150, 1944  
Part III: The effect of dusts on stored products pests other than Calandra granaria.  
Ann. appl. Biol. 31, 156, 1944.
- K. T. Andersen (1938). Der Kornkäfer. Monogr. angew. Ento. Beih. z. Zschr. f. angew. Ento. 24, 1938.
- F. Burkhardt (1920). Zur Biologie der Mehlmotte (*Ephestia kuehniella* Zell.). Ztschr. f. angew. Ento. 6, 25, 1920.
- S. F. Chiu (1939). Toxicity studies of the so-called « inert » materials with the bean weevil « *Acanthrocclides obtectus* ». J. econ. Ento. 32, 240, 1939.
- S. F. Chiu (1939). Toxicity studies with the so-called « inert » materials with the rice weevil and granary weevil. J. econ. Ento. 32, 810, 1939.
- R. Domenjoz (1944). Experimentelle Erfahrungen mit einem neuen Insektizid (Neocid-Geigy), ein Beitrag zur Theorie der Kontaktgiftwirkung. Schweiz. med. Wochenschrift Jg. 74, 952, 1944.
- J. H. Draise, A. A. Nelson, O. Calvery (1944). The percutaneous absorption of DDT (2,2-bis (p-chlorophenyl) / 1,1,1-trichlorethane in laboratory animals. J. Pharmacolog. a. Exp. Therap. 82, 159, 1944.
- M. M. Ellis, B. A. Westfall and M. D. Ellis (1944). Toxicity of Dichlor-Diphenyltrichlorethane (DDT) for goldfish and frogs. Science, 100, 477, 1944.
- L. Emmel (1943). Autotomie bei *Anopheles maculipennis* als Reaktion auf ein Kontaktgift (Gesamol). Ztschr. Hyg. Zool. H. 7/8. 1943.
- W. Ext (1943). Kornkäferbekämpfung einst und jetzt. Ztschr. f. Pflanzenkrankheiten, 53, 161, 1943.

- H. F o e r s t e r (1939). Einiges über die Mehlmotte. Mitteilungen d. Ges. f. Vorratsschutz E.V., 15, 69, 1939.
- G. L. H o c k e n y o s (1933). Effect of dusts on the oriental roach. J. econ. Ent. 26, 792, 1933.
- J. A. K i t c h e n e r, P. A l e x a n d e r and H. V. A. B r i s c o e (1943). A simple method of protecting cereals and other stored foodstuffs against insect pests. J. Soc. chem. Ind., London 62, 32, 1943.
- W. K u h n e l t (1928). Über den Bau des Insektenskelettes. Zoolog. Jahrb. Abt. 2, 50, 219, 1928.
- A. L a n n u n g (1944). Beitrag zur Toxikologie des Pentachlordiphenylaethans (Penticids). Übersetzung. Dansk Tidsskrift for Farmacie, 18, H. 12, 1944.
- H. S. L e p a g e und O. G i a n o t t i (1944). Erfahrungen mit DDT. O Biologico, 10, 353, 1944.
- P. L ä u g e r, H. M a r t i n, P. M ü l l e r (1944). Über Konstitution und toxische Wirkung von natürlichen und neuen synthetischen insektentöten den Stoffen. Helv. Chim. Acta 27, 892, 1944.
- R. M a t h l e i n (1938). Kornvivehr, Calandra granaria L. och Risgivehr Calandra oryzae L. deras Ciologi och bekämpning. Undersökningar rörande förradskadedjur, Statens Växtskyddsanstalt, Meddelande N:r 23, Stockholm 1938.
- M. J. S m i t h and E. F. S t o h l m a n n (1944). Pharmacologic action of 2,2 bis (1-Chlorophenyl) 1,1,1-trichlorethane and its estimation in tissues and body fluids. Publ. Health Rep. Washington 59, 984, 1944.
- H. S t o r k (1944). Erfahrungen über die Behandlung der Pediculosis mit Neocid. Praxis 33, 1, 1944.
- E. T e i c h m a n n und A. A n d r e s (1920). Calandra granaria L. und Calandra oryzae L. als Getreideschädlinge. Z. f. angew. Ent. 6, 1, 1920.
- B. T h o m a s (1940). Möglichkeiten zur Entdampfung von Getreide, insbesondere durch Stäubemittel. Ztschr. f. d. ges. Getreidewesen 27, 182, 1940.
- R. W i e s m a n n und P. F e n j v e s (1944). Autotomie bei Mikro-Lepidopteren und Dipteren durch Einwirkung von Gesarol. Mittlg. Schw. Ent. Ges. 19, 179, 1944.
- R. W i e s m a n n (1945) im Druck. Untersuchungen über Kontaktinsektizide. I. Mitteilung. Die Eintrittspforten des Pyrethrums und des Dichlordiphenyltrichlormethylmethans (DDT) am Insektenkörper. Ztschr. f. physiol. Chemie 1945.
- G. W o o d w a r d, A. A. N e l s o n and H. O. C a l v e r y (1944). Acute and subacute toxicity of DDT. (2,2 — (p-Chlorophenyl) — 1,1,1-trichlorethane) to laboratory animals. Pharmacolog. a. Exp. therap. 82, 112, 1944.
- V. B. W i g g l e s w o r t h (1933). Permeability of insect cuticle. Nature 147 116 25/1. 1941. London School of Hygiene and Tropical Medicine.
- V. B. W i g g l e s w o r t h (1944). Abraison of soil insects. Nature. Vol. 154, N. 3906 September 9th. 1944.
- F. Z a c h e r (1927). Die Vorrats-, Speicher- und Materialschädlinge und ihre Bekämpfung. Berlin 1927.
- F. Z a c h e r und G. K ü n i c k e (1930). Untersuchungen über die insektizide Wirkung von Oxyden und Carbonaten. Arb. biol. Reichsanstalt, Berl. 18, 201, 1930.
- F. Z a c h e r (1934). Mühlen-, Speicher-, Vorratsschädlinge in Ägypten. Ztschr. f. d. ges. Getreidewesen 21, 153, 1934.
- F. Z a c h e r (1939). Schädlinge an Trockengemüse und getrockneten Pilzen. Mitteilungen d. Ges. f. Vorratsschutz E.V., 15, 45, 1939.