

# Über die Vergiftung der Bienen mit Dinitrokresol und das Auftreten von Tänzen als Reaktion auf die Verteilung des Giftes im Stock

Autor(en): **Schneider, F.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **22 (1949)**

Heft 3

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-401067>

## **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 die Vergiftung der Bienen mit Dinitrokresol

## und das Auftreten von Tänzen als Reaktion auf die Verteilung des Giftes im Stock

von

F. SCHNEIDER

Eidg. Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil

### Inhaltsübersicht

	Seite
1. Einleitung . . . . .	294
2. Dinitrokresol als Kontaktgift . . . . .	295
3. Aufnahme von Dinitrokresol durch Flugbienen . . . . .	296
4. Vergiftungsverlauf . . . . .	297
5. Dinitrokresol-Schwund in der Honigblase . . . . .	297
6. Bestimmung der letalen Dosis . . . . .	299
7. Giftigkeit verschiedener Dinitrokresol-Präparate . . . . .	301
8. Tänze und Flugdrosselung nach Dinitrokresolaufnahme . . . . .	301
9. Zusammenfassung . . . . .	307

## 1. Einleitung

Dinitrokresol (4,6-Dinitro-o-cresol) wird in der Landwirtschaft als Winterspritzmittel gegen verschiedene Obstbaumschädlinge und im Feldbau zur Unkrautvertilgung verwendet. In vielen Fällen liegt der Wirkstoff als Natrium- oder Ammoniumsals vor, vermischt mit wasserlöslichen Füllstoffen und Netzmitteln. Die Anwendung als Winterspritzmittel wird nur dann für Bienen gefährlich, wenn die Behandlung relativ spät und in der Nähe eines Bienenstandes erfolgt, so dass das Gift mit dem Trinkwasser in den Stock gelangt.

Neuerdings ist die Frage einer Vergiftung der Bienen mit Dinitrokresol in den Vereinigten Staaten von Amerika aktuell geworden, weil hier versucht wird, mit einer Spritzung in die offene Blüte (z. B. mit 0,2 % Elgetol) den Fruchtansatz künstlich zu reduzieren (GOBLE & PATTON, 1946). Normalerweise meiden die Bienen nasse Blüten. Nach dem Antrocknen der Brühe werden die Bäume jedoch wieder stark befliegen, doch liessen sich nie Dinitrokresol im eingetragenen Nektar und höchstens kleine Spuren im Pollen nachweisen. Bienenvölker, welche in gespritzten Anlagen standen, wurden nicht geschädigt. Trotzdem halten die beiden Autoren eine Vergiftung für möglich, wenn die Brühe bei andauernd trockenem Wetter statt Trinkwasser eingetragen wird.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Sommer 1944 durchgeführt, nachdem unserer Versuchsanstalt aus der thurgauischen Gemeinde Dozwil ein auffälliges Bienensterben im Gefolge einer Anwendung von Dinitrokresol als Winterspritzmittel gemeldet worden war. Es galt damals, die Frage abzuklären, ob dieses im Obstbau seinerzeit gebräuchliche Pflanzenschutzmittel für die Bienenzucht tatsächlich eine grosse Gefahr bedeute und ob die geltend gemachten Schadenersatzforderungen des Bienenzüchters berechtigt seien. Die nachträgliche Beweisführung bei einer Dinitrokresol-Vergiftung ist nämlich recht schwierig, weil dieses Gift im Bienenkörper zum Teil verschwindet und mit der chemischen Analyse bei weitem nicht so leicht zu erfassen ist wie z. B. Arsen.

Der in Frage stehende Vergiftungsfall ist auf eine Häufung verschiedener unglücklicher Umstände zurückzuführen. Ende März wurden alle Baumbestände in der Umgebung des Bienenstandes mit einer 2 %igen Dinitrokresolbrühe gespritzt und zwar fiel der Spritztermin auf eine Reihe warmer, sonniger Tage, als die Bienen ausflogen und Wasser eintrugen. Aus verunreinigten Wassergräben oder direkt von bespritzten Bäumen und Wiesen scheinen die Wasserträgerinnen nun ziemlich viel Gift aufgenommen und im Stock verteilt zu haben. Einige Tage nach der Spritzung fiel dem Bienenzüchter anlässlich einer Kontrolle der ungewöhnlich schwache Flug auf. Die

Volksstärke war innert 14 Tagen beträchtlich zurückgegangen. Eine Untersuchung der Versuchsanstalt Liebefeld-Bern auf parasitäre Krankheiten verlief negativ. Von 55 Völkern gingen 3 in kurzer Zeit ein, die übrigen zeigten bei der Frühjahrsernte einen Ausfall im Honigertrag von total etwa 100 kg. Im Herbst hatten sich die übriggebliebenen Völker wieder erholt.

Die folgenden Versuche beziehen sich auf reines Dinitrokresol (DNC) oder Dinitrokresol-Natrium in Form von zwei Dinitrokresol-Spritzmitteln, nämlich Nicrol-Paste (DNC-Spritzmittel I) und Sandolin-Pulver (DNC-Spritzmittel II) mit 25 bzw. 20 % DNC-Natrium.

## 2. Dinitrokresol als Kontaktgift

Nach STELLWAAG & STAUDENMAYER (1940) vermag DNC durch das Chitin in den Insektenkörper einzudringen und die darunterliegenden Zellen durch Eiweissfällung zu zerstören. Für diese Schädigung des Zellplasmas sollen in erster Linie die Nitrogruppen verantwortlich sein. Es war deshalb anzunehmen, dass diese Verbindung auch der Biene gegenüber ein gefährliches Kontaktgift darstellt.

Die Glasscheiben kleiner Versuchskästchen wurden innen mit einer DNC-Spritzbrühe bestrichen ( $0,002 \text{ cm}^3$  auf  $1 \text{ cm}^2$ ) und zwar verwendeten wir die DNC-Präparate I (2 %) und II (1,5 %). Nach dem Antrocknen der Brühe übertrug man in jedes Kästchen 20 frisch dem Stock entnommene Bienen. Die Fütterung erfolgte mit Honigzuckerteig und die Kästchen wurden im Dunkeln bei einer konstanten Temperatur von  $27^\circ \text{C}$  und einer rel. Luftfeuchtigkeit von 45 % gehalten.

Die Bienen kamen bei dieser Versuchsanordnung mit dem ange-trockneten Spritzbelag ständig in innige Berührung, so dass das Gift allmählich von der Unterlage weggefegt wurde. Die Kontrolle nach 3 und 7 Tagen ergab bei beiden Präparaten eine Mortalität von nur 10—15 %.

Je 10 frisch dem Stock entnommene Bienen wurden mit Honig gefüttert und darauf wenige Minuten einer Temperatur von  $-5^\circ \text{C}$  ausgesetzt, bis sie sich nicht mehr bewegten. Dann trugen wir eine DNC-Brühe (I) in wechselnder Konzentration mit einem feinen Pinsel an verschiedenen Körperstellen auf. Tiere, welche aus der Kältestarre erwachten, bevor der Belag vollständig angetrocknet war, wurden sofort ersetzt. Die Versuchstiere blieben während einer Stunde in Zimmertemperatur und wurden dann in den Thermostaten ( $27^\circ \text{C}$ , 70 % rel. Luftfeuchtigkeit) übertragen.

Eine Behandlung beider Fühler mit 10—0,5 %igen Brühen blieb ohne sichtbare Wirkung. Über die Empfindlichkeit des Rüssels und der Tarsen orientiert die folgende Zusammenstellung (Zahl toter Tiere).

Konzentration der Brühe	Behandelte Körperstelle	Kontrolle nach		
		2 Stunden	18 Stunden	7 Tagen
10 %	ganzer Rüssel	10	10	10
5 %	» »	5	7	7
2 %	» »	0	1	1
1 %	» »	0	0	0
0,5 %	» »	0	0	1
unbehandelte Kontrolle		0	0	0
10 %	alle Tarsen	6	10	10
5 %	» »	5	10	10
2 %	» »	0	2	3
1 %	» »	0	0	0
0,5 %	» »	0	0	0
unbehandelte Kontrolle		0	0	0

Aus den beiden Versuchen geht hervor, dass ein angetrockneter Spritzbelag für Bienen wohl keine grosse Gefahr darstellt. Auch ertragen die Tiere eine Behandlung der Fühler mit hochkonzentrierter Brühe; vielleicht wird damit die Funktion der Fühler beeinträchtigt. Die normale 2 %ige Brühe, auf den Rüssel oder alle 6 Tarsen gebracht, genügt auch kaum zur Abtötung, während höhere Konzentrationen (5—10 %) an diesen Körperstellen eine Allgemeinvergiftung nach sich ziehen. Diese Situation ist eventuell gegeben, wenn sich eine Biene mit der antrocknenden, konzentrierten Spritzbrühe beschmutzt. Es muss jedoch damit gerechnet werden, dass die Empfindlichkeit der Flugbienen nicht genau mit derjenigen der Stockbienen übereinstimmt.

### 3. Aufnahme von Dinitrokresol durch Flugbienen

Der Wasserbedarf eines Bienenvolkes ist Schwankungen unterworfen. Das Verhalten der Flugbienen unmittelbar nach der Überwinterung entspricht kaum demjenigen im Sommer. Der eingangs erwähnte Vergiftungsfall liess sich deshalb nicht ohne weiteres reproduzieren, doch interessierte es uns, zu erfahren, ob die Wassersammlerinnen DNC-Lösungen überhaupt aufnehmen und eintragen.

Vor dem grossen Bienenstand der Versuchsanstalt wurde die Bienentränke durch 6 grosse Petrischalen mit nassem Moos ersetzt. Nach einigen Tagen (15. Juni), als die Schalen stark beflogen wurden, wechselten wir sie aus, wobei je 2 Schalen mit Wasser, 2 % und 0,2 % DNC-Spritzmittel I angefeuchtet wurden. Der Standort der Petrischalen wurde häufig ausgewechselt und die Zahl der anfliegenden und trinkenden Bienen ermittelt. Dabei zeigte sich folgendes :

*DNC-Spritzmittel I 2%*: Anflug selten, die Tiere meiden die Schalen. Hier und da lässt sich eine Biene auf dem Moos nieder und prüft die Flüssigkeit mit dem Rüssel, auffällige Hemmung. Gelegentlich bleibt eine Biene sitzen und füllt ihre Honigblase. In 30 Minuten saugen in einer Schale 6 Bienen während wenigen Sekunden, 4 Bienen bis zur Füllung der Honigblase, im ganzen 10 Tiere.

*DNC-Spritzmittel I 0,2%*: Der Anflug ist etwa 8mal geringer als bei reinem Wasser. Die Tiere, welche sich niederlassen, bleiben jedoch in der Regel sitzen bis zur Sättigung. In 30 Minuten saugen in einer Schale 3 Bienen nur kurze Zeit, 16 Bienen bis zur Sättigung, total 19 Tiere.

Die DNC-Lösungen werden in den Stock getragen. Abgefangene und isoliert gehaltene Tiere gehen innert 1 Stunde zugrunde, nachdem sie den Inhalt ihrer Honigblase wieder erbrochen haben. In analoger Weise wurden die beiden DNC-Spritzmittel I und II miteinander verglichen, ohne dass ein Unterschied in der Abschreckwirkung festgestellt worden wäre.

Die Spritzbrühen in Konzentrationen von 2 und 0,2% auf Moos aufgetragen üben wohl eine geringere Anziehungskraft auf wasser-suchende Bienen aus als reines Wasser. Doch wird besonders die schwächere Lösung von einzelnen Individuen hemmungslos wie Wasser aufgenommen und eingetragen. Es ist denkbar, dass unter bestimmten Bedingungen grössere Giftmengen in den Stock gelangen und unter die Nestinsassen verteilt werden können, besonders wenn die Flüssigkeit in der Nähe des Bienenstockes aufgenommen wird.

#### 4. Vergiftungsverlauf

Wegen der Löslichkeit von DNC und vor allem von DNC-Natrium in Wasser erfolgt die Resorption des Giftes im Darm der Biene sehr rasch und die Vergiftung verläuft bei genügender Dosierung äusserst heftig. Wenn beispielsweise 20 frisch dem Stock entnommene Bienen in einen kleinen Okulierblock übertragen werden, und man ihnen 30%ige Rohrzuckerlösung mit 1% DNC-Spritzmittel I vorsetzt, so sind nach 35 Minuten sämtliche Tiere tot (Temperatur 26° C, dunkel).

Nach 21 1/2 Minuten sind 50% der Tiere tot, bei Fütterung mit 1% Bleiarseniat in Zuckerwasser unter gleichen Versuchsbedingungen erhalten wir erst nach 8 Stunden 50%ige Mortalität, wobei lange vorher schwere Lähmungen auftreten. Mit DNC vergiftete Bienen erbrechen meistens die Giftlösung und zeigen eine stark gesteigerte Atemfrequenz.

#### 5. Dinitrokresol-Schwund in der Honigblase

Der Inhalt der Honigblase einer Biene reagiert sauer. Im Mitteldarm wurde mit Lyphanpapier ein pH-Wert von 6,3 festgestellt. Im Enddarmabschnitt zeigen sich wieder grössere Unterschiede (pH 6,0

und 7,3). Wird eine stark alkalische Lösung (pH 9) von  $\frac{1}{4}$  % DNC-Spritzmittel II und 30 % Rohrzucker von einer Biene aufgenommen, so vermischt sich die Flüssigkeit mit Speichel und schlägt sofort in den sauren Bereich um (pH 6). Wie der folgende Versuch zeigt, ändert sich nicht nur der pH-Wert, sondern es kommt in der Honigblase zu einem leicht nachweisbaren Abbau des DNC.

Wir sättigten mehrere Bienen mit einer Lösung von 30 % Rohrzucker und 0,02 % DNC, präparierten die Honigblase heraus, wuschen sie in physiologischer Kochsalzlösung und verschlossen die beiden Enden dicht mit je einer Haarschlinge. Die in dieser Weise vorbereiteten, mit sattgelber Flüssigkeit gefüllten Honigblasen wurden nun bei 18° C in Glaskammern auf leicht mit physiologischer Kochsalzlösung angefeuchtetes Filtrierpapier gelegt. Bei der Kontrolle nach 15 Stunden hatte sich der Honigblaseninhalte vollständig entfärbt und es war auch auf der Unterlage keine Spur von DNC nachweisbar. Der Versuch liess sich später bei kürzeren Einwirkungszeiten mit ähnlichem Erfolg wiederholen, auch wenn die DNC-Lösung nachträglich in die herauspräparierte mit Zuckerlösung gefüllte Honigblase injiziert wurde. Die Geschwindigkeit, mit welcher die Entfärbung erfolgt, schwankt etwas, vermutlich weil die Menge und Zusammensetzung des sezernierten Speichels keine konstante Grösse darstellt.

Über die Natur der Reaktion des DNC mit dem Speichel der Biene ist nichts bekannt. Nach EVENIUS (1926) können im Bienenspeichel eine Diastase, Glykogenase, Invertase und Protease nachgewiesen werden, doch ist es ungewiss, ob diese Fermente beim Abbau überhaupt beteiligt sind. Die Derivate scheinen jedoch weniger giftig zu sein als der Ausgangsstoff. Ruhende Bienen mit halbgefüllter Honigblase vertragen mehr DNC als hungernde, in denen das Gift sofort in den Mitteldarm gelangt und resorbiert wird. Massgebend für die Reaktion der Honigbiene auf DNC ist demnach nicht allein die aufgenommene Giftmenge, sondern auch die Menge und Zusammensetzung des sezernierten Speichels und die Zeit, welche zwischen Blasenfüllung und Durchtritt der Lösung in den Mitteldarm verstreicht, weil unmittelbar nach der Aufnahme eine Entgiftung des Blaseninhalts einsetzt. Dieser Befund ist bei der Bestimmung der letalen Dosis berücksichtigt worden.

GOBLE & PATTON machten die interessante Feststellung, dass DNC bei tiefen Temperaturen von 21° C für Bienen gefährlicher ist als bei höheren von 32—40° C. Auch der Sauerstoffverbrauch ist hier höher bei Verabreichung einer subletalen Dosis. Vielleicht hängt diese Beziehung Temperatur Giftigkeit mit der Geschwindigkeit des DNC-Abbaus in der Honigblase zusammen.

### 6. Bestimmung der letalen Dosis

Zur Vermeidung grosser individueller Unterschiede in der Geschwindigkeit der Giftresorption wurden die Versuchstiere nach Sättigung mit Zuckerwasser während 42 Stunden ohne Nahrung gehalten. Die Honigblase leerte sich in dieser Wartezeit. Die Einzel- fütterung erfolgte mit einer Mikropipette (Abb. 1) und jede Biene wurde zur Vermeidung eines gegenseitigen Austausches des Honig- blaseninhalts 1 Stunde lang im Dunkeln isoliert gehalten und darauf, sofern eine Fütterung überhaupt noch möglich war, mit 30 %iger Rohr- zuckerlösung gesättigt. Dann übertrug man je 10 gleich behandelte Tiere in ein verdunkeltes Okulierkästchen mit Honig. Das Ergebnis ist aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich :

Serie Nr.	Präparat	Menge in 100 ccm 30 %ig. Zuckerlösung gr.	Menge verfüttert mm <sup>3</sup>	tot nach			
				1 Std.	20 Std.	4 Tagen	8 Tagen
1	Zuckerlösung	—	5,0	0	0	0	0
2	DNC	0,010	25,0	1	4	5	7
3	DNC	0,010	10,0	0	0	0	0
4	DNC	0,010	5,0	0	1	1	2
5	DNC	0,010	2,5	0	0	0	1
6	DNC-Spritz- mittel I	0,500	5,0	10	10	10	10
7	»	0,250	5,0	10	10	10	10
8	»	0,125	5,0	0	7	7	7
9	»	0,062	5,0	0	0	0	0
10	»	0,031	5,0	0	0	0	0
11	»	0,016	5,0	0	0	0	0
12	DNC-Spritz- mittel II	0,500	5,0	10	10	10	10
13	»	0,250	5,0	1	10	10	10
14	»	0,125	5,0	0	0	0	4
15	»	0,062	5,0	0	0	0	2
16	»	0,031	5,0	0	0	0	1
17	»	0,016	5,0	0	0	0	0

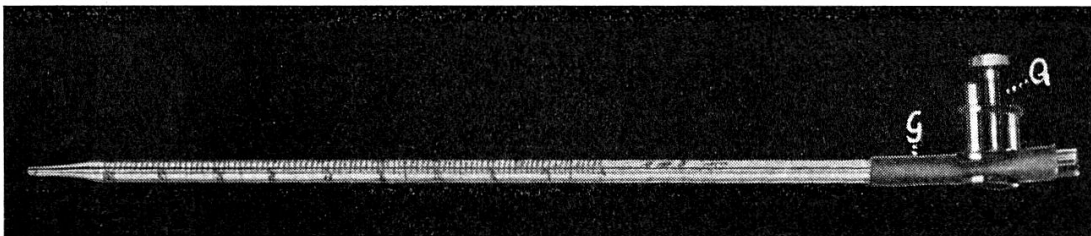


Abb. 1. — Mikropipette zur quantitativen Fütterung der Bienen. — Der Gummischlauch (G) ist am Ende verschlossen, der Quetschhahn (Q) dient zum Aufsaugen und genauen Dosieren der Flüssigkeit. 1 Teilstrich = 1 mm<sup>3</sup>.



Bei knapp subletaler Dosis (überlebende in Nr. 2 und 8) stellten sich zum Teil schwere Verdauungsstörungen in Form von Durchfall und wiederholtem Erbrechen des Honigblaseninhaltes ein. Bei der Sektion der überlebenden Individuen nach 8 Tagen liess sich nirgends eine Schädigung der Honigblase nachweisen. In allen Fällen kontrahierte sie sich in physiologischer Kochsalzlösung sehr lebhaft. In einzelnen Bienen der Serien Nr. 2, 3 und 14 wies der Mitteldarm am Vorderende insofern eine Anomalie auf, als die sonst so charakteristische Querkfaltung verschwunden und hinter dieser Stelle eine Einschnürung sichtbar war. Eine weitere Schädigung des Verdauungstraktes äusserte sich in einem Farbumschlag des Mitteldarminhaltes. Bei Nr. 1 war er normal orangerot, bei Überlebenden der Nr. 2 und 14 auffällig braunrot. Pathologische Veränderungen des Mitteldarmes nach Vergiftung mit Schwermetallsalzen und organischen Farbstoffen sind auch von R. LOTMAR (1940) nachgewiesen worden.

Innert 24 Stunden bei ca. 22° C wirken 0,0125 mg DNC-Spritzmittel I oder II auf alle Versuchsbienen tödlich, wenn das Gift in 5 mm<sup>3</sup> einer 30 %igen Rohrzuckerlösung in die leere Honigblase gelangt. Da diese Präparate 25 % bzw. 20 % DNC-Natrium enthalten, beträgt die letale Dosis somit etwa 0,0025—0,0031 mg DNC-Natrium.

Die Versuchsreihe mit reinem DNC ergibt keinen so scharfen Wert für die letale Dosis wegen der schwereren Löslichkeit dieser Substanz und weil aus diesem Grunde mit verschiedenen Futtermengen operiert werden musste. Die Resorption erfolgt dabei nicht überall mit derselben Geschwindigkeit. Auch wurde bei Anwendung grösserer Flüssigkeitsmengen ein Teil des Honigblaseninhaltes wieder nach aussen befördert. Dagegen lieferte der Versuch am 6.9.44 (siehe weiter unten) mit einem Einwabenvolk einen interessanten Anhaltspunkt für die letale Dosis von reinem DNC. Mit 1,2 cm<sup>3</sup> 0,018 %iger DNC-Lösung in 30 %igem Zuckerwasser wurden 170 Bienen abgetötet, was einer letalen Dosis von höchstens 0,0013 mg entspricht.

GOBLE & PATTON (1946) bestimmten die letale Dosis 50 für DNC-Natrium d. h. diejenige Giftmenge, welche nach 24 Stunden eine 50 %ige Mortalität bewirkt, und erhielten bei 21° C 0,0024 mg, bei 32° C 0,0021 mg pro Biene. Wenn man berücksichtigt, dass wir die letale Dosis anders definieren, liegen die von uns ermittelten Werte eher etwas tiefer. Das mag damit zusammenhängen, dass von den amerikanischen Sachbearbeitern der Füllungsgrad der Honigblase vielleicht nicht berücksichtigt worden ist und die Resorption nicht so rasch erfolgte wie in unserm Fall. Ferner haben sie mit reinem Natriumsalz gearbeitet, wir dagegen mit fertigen Spritzmitteln. Nach diesen Autoren wird bei Fütterung mit  $\frac{1}{6}$  der letalen Dosis der Sauerstoffbedarf noch um 52 % vermehrt. Geringe Mengen wie 0,00004 mg Natriumsalz sollen den Sauerstoffverbrauch noch in messbarer Weise erhöhen.

DNC ist demnach auch für die Bienen ein sehr gefährliches Darmgift. Allerdings scheint es eher harmloser zu sein als Arsen. Nach ZÄCH (1945) beträgt die letale Dosis bei Arsen 0,0001—0,0005 mg.

## 7. Giftigkeit verschiedener Dinitrokresol-Präparate

Es war abzuklären, ob im Hinblick auf die verschiedenen Beistoffe Unterschiede zwischen den einzelnen Fabrikaten von DNC-Winterspritzmitteln auftreten. Die Versuchsbienen liess man 24 Stunden ohne Futter, bis die Honigblase ganz oder annähernd leer war, ohne dass die Tiere Anzeichen einer Erschöpfung zeigten. Mit der Mikropipette wurden 10 Tiere je 5 mm<sup>3</sup> einer 0,25 %igen Lösung eines Handelspräparates in 30 %igem Zuckerwasser verabreicht. Nach der Fütterung wurden die Bienen isoliert gehalten, um einen gegenseitigen Nahrungsaustausch zu verhindern, und nachher in Okulierkästchen mit Honig übertragen. Nach 90 Minuten waren sämtliche Tiere tot. Es handelt sich um folgende Winterspritzmittel: Kresolux, Nicrol-Paste, Selinon-Paste und -Pulver, Tretox-Paste und -Pulver, Verminocresol-Paste und -Pulver.

## 8. Tänze und Flugdrosselung nach Dinitrokresol-Aufnahme

Es galt nun noch abzuklären, wie sich eine Verteilung von DNC-haltiger Flüssigkeit im Bienenvolk auswirkt. Die Reaktion eines ganzen Volkes war zum vorneherein nicht abzuschätzen, weil der Vergiftungsverlauf nicht einfach aus der total aufgenommenen Giftmenge und der letalen Dosis errechnet werden kann, sondern auch die Art der Verteilung im Stock, der Giftschwund in der Honigblase und weitere Faktoren mitberücksichtigt werden müssen.

Zur Durchführung dieser Versuche waren Monate zuvor 2 kleine Völker in Einwaben-Beobachtungskasten aufgestellt worden. Volk 1 besass am Versuchstag (6.9.1944) nur etwa 800 Bienen und keine Honigvorräte, Volk 2 etwa 1500 Bienen und etwas offene Brut und Honig.

In 50 m Entfernung von Volk 1 stellten wir einen Tisch mit einem kleinen Futterschälchen auf. Eine Anzahl Bienen wurde mit Zuckerwasser geködert und vom Flugbrett auf den Tisch übertragen. Die Fütterung mit 30 %igem Zuckerwasser hatte nach kurzer Zeit einen lebhaften Zuflug zur Folge und das Futterschälchen (1,5 cm<sup>3</sup>) musste schliesslich alle 2 Minuten und später alle Minuten wieder gefüllt werden. In einer Stunde wurden auf diese Weise 25 cm<sup>3</sup> Rohrzuckerlösung verfüttert. Dann gaben wir statt reinen Zuckerwassers solches

mit einem Zusatz von 0,018 g DNC in 100 cm<sup>3</sup>. Der Andrang hielt unvermindert an. Alle Tiere, welche DNC aufnahmen, wurden gezeichnet und der Einflug der markierten Individuen am Flugloch kontrolliert. Nach etwa 10 Minuten, nachdem total 32 markierte Tiere in den Stock zurückgekehrt waren und nur 8 das Flugloch wieder verlassen hatten, liess der Anflug plötzlich nach, und es erschienen keine Bienen mehr an der Futterschale. Im gleichen Moment wurden auf beiden Wabenseiten auffällige Tänze festgestellt. Das Volk schien sehr aufgeregt zu sein. Einzelne Individuen entleerten die Honigblase, wobei die Giftlösung sofort wieder von Nachbarbienen aufgeleckt wurde. Nach 2 Stunden konnten unter der Wabe 170 tote Bienen gezählt werden, welche durch das eng gestellte Flugloch nicht abtransportiert worden waren. Auffällig war, dass nach dem Auftreten der ersten Reaktion der Ausflug auch nach andern Trachtquellen beinahe vollständig eingestellt wurde. Erst etwa 3 Stunden später begann er wieder normale Formen anzunehmen. Eine Anzahl markierter Flugbienen überlebte, und nach 2 Tagen konnten auf der Wabe noch 8 markierte Bienen gezählt werden.

Am gleichen Nachmittag brachten wir auf das Flugbrett von Volk 2 in etwa 5 cm Entfernung vom Flugloch ein Porzellanschälchen und fütterten anfänglich mit 30 %iger Rohrzuckerlösung (Abb. 2).

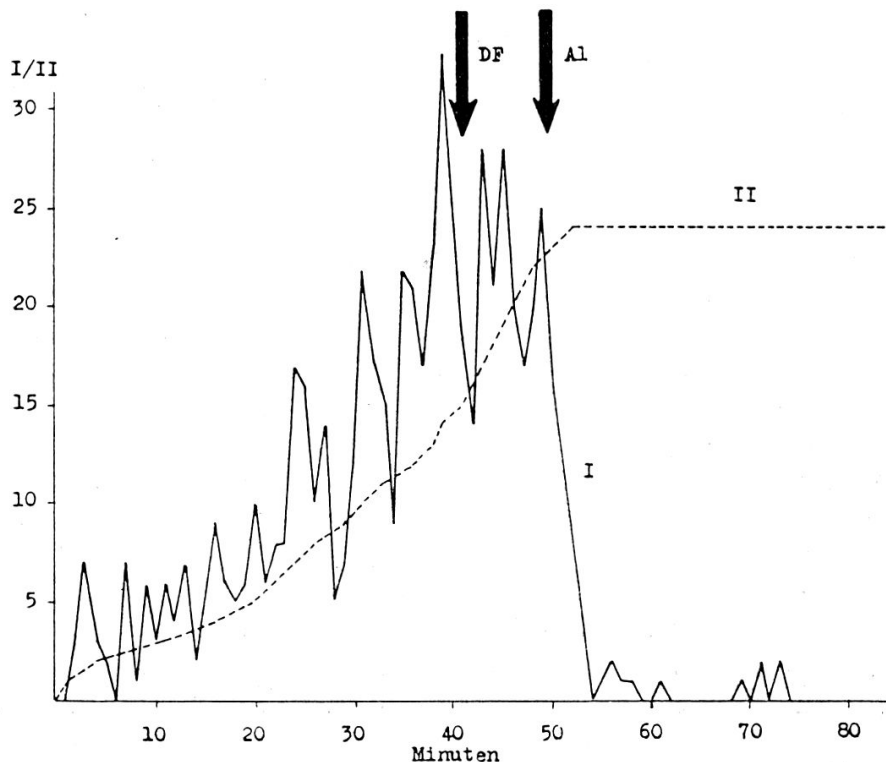


Abb. 2. — Ausflugdrosselung nach Aufnahme von Dinitrokresol, Versuch Nr. 2 am 6. September 1944. — I, Zahl der gesättigt in den Stock zurückkehrenden Bienen pro Minute. — II, verfütterte Flüssigkeitsmenge (cm<sup>3</sup>). — DF, Beginn der Fütterung mit Zuckerwasser + Dinitrokresol. — Al, Beginn des charakteristischen Gift-Alarms.

Später, von der 42. Minute an wurde mit der gleichen Flüssigkeit weiter gefüttert, jedoch unter Zusatz von 0,018 g DNC zu 100 cm<sup>3</sup><sup>1</sup>. Folgende Daten wurden festgehalten :

- a) Zahl der gesättigt in den Stock zurückkehrenden Bienen pro Minute ;
- b) Verfütterte Flüssigkeitsmenge (das Schälchen wurde fortwährend mit einer Messpipette von 1 cm<sup>3</sup> Inhalt nachgefüllt) ;
- c) Reaktion des Volkes auf das Gift und Zahl der toten Tiere.

Es wurden in dieser Weise total 15 cm<sup>3</sup> Zuckerwasser und 8,5 cm<sup>3</sup> Zuckerwasser mit DNC-Zusatz verfüttert.

Bei Beginn des Versuches ist der Ausflug sehr lebhaft (37 Ausflüge pro Minute). Die Bienen verhalten sich auf der Wabe ruhig und es zeigt sich nur selten eine für kurze Zeit tanzende Biene. Auch während der ganzen Fütterungszeit mit reinem Zuckerwasser bleibt die Situation unverändert. Nachdem in die leere Schale in der 42. Minute DNC gegeben worden ist, kann nicht der geringste Rückgang in der Trinkfreudigkeit beobachtet werden. Die Bienen nehmen die Lösung sehr gierig auf und kehren gesättigt in den Stock zurück. Auch in der 48. Minute verhalten sich die Bienen auf der Wabe noch normal, allerdings tanzen schon 2 Individuen, aber schon 3 Minuten später in der 51. Minute tanzen 15—20 Tiere gleichzeitig auf jeder Waben-seite und die aufgeregten Bewegungen im Stock halten längere Zeit an. Die tanzenden Bienen laufen aufgereggt entweder in Spiralen oder in unregelmässigen Zickzacklinien auf der Wabe und rütteln in kurzen Zeitabständen mit ihrem Abdomen äusserst heftig in der Querrichtung. Dadurch werden benachbarte ruhige Bienen gelegentlich aufmerksam und wenden sich nach der Tänzerin. Diese berührt und betrillert jeweils die « Fragende » mit den Fühlern oder stösst sie in vereinzelt Fällen mit dem Kopf kräftig von sich weg.

Mit dem Einsetzen dieses auffälligen Tanzes auf der Wabe geht der Ausflug plötzlich zurück. In der 56. Minute ist es still beim Flugloch und rings um den Bienenkasten. Einige Individuen fliegen noch an. In der 72. Minute beginnt die Giftwirkung im Stock deutlich zu werden in Form einer Schwächung vieler Individuen, welche sich zu 10—20 cm langen Ketten aneinanderhängen. Daneben gibt es Wabenpartien mit vielen tanzenden Tieren. In der 95. Minute hält der Tanz noch an. Hie und da fliegt eine Biene aus. In der 100. Minute erbrechen 2 Bienen in unmittelbarer Nähe der Königin grosse gelbe Gifftropfen, welche von Nachbarbienen sofort wieder aufgeleckt werden. In der 105. Minute nimmt die Zahl toter Bienen rasch zu

<sup>1</sup> Die Bestimmung der Löslichkeit von DNC verdanke ich Herrn Dr. C. Zäch, Wädenswil.

(37 Tote). Der Tanz hält unvermindert an und der Ausflug ist immer noch sehr schwach. Nach  $2\frac{3}{4}$  Stunden sieht man immer noch vereinzelte Tänzerinnen. Am folgenden Tag fliegen die Bienen wieder normal und zeigen nichts Besonderes.

Zur Abklärung einiger Einzelfragen kamen später noch drei weitere Versuche (mit kleinen Einwabenvölkern) zur Durchführung, am 3. Februar und am 13. März 1947 in einem Warmhaus der Versuchsanstalt Wädenswil und am 27. Juni 1947 im Freiland. Die Konzentration der Giftlösungen wählten wir wie in den früheren Freilandversuchen, doch stand den Bienen während der ganzen Versuchsdauer noch eine weitere Futterquelle mit reinem Zuckerwasser zur Verfügung. Im ersten Warmhausversuch markierten wir die Flugbienen an den Futterschälchen mit Farbe. In allen drei Versuchen trat nach der DNC-Aufnahme wieder ein äusserst heftiger Tanz auf. Im ersten Gewächshausversuch zeigte es sich ferner eindeutig, dass nicht nur solche Bienen, welche DNC eintragen, tanzen, sondern auch viele nicht markierte Stockinsassen, vielleicht nachdem sie von Sammlerinnen DNC erhalten haben. In allen Fällen folgte der DNC-Aufnahme eine Reduktion des Ausfluges, dagegen keine völlige Flugdrosselung.

Aus diesen Versuchen mag folgendes festgehalten werden: Die Bienen machen anfänglich keinen Unterschied zwischen reiner 30%iger Zuckerlösung und solcher mit einem Zusatz von 0,018% DNC. In allen Fällen wird die Flüssigkeit gierig aufgenommen und in den Stock getragen. Mit einer Verspätung von oft nur wenigen Minuten, während welchen wohl geringe Giftmengen durch besonders empfindliche Stellen der Mundteile oder durch den Proventriculus in den Mitteldarm gelangt sind, beginnt eine eigentümliche Giftreaktion im Bienenvolk. Viele Sammlerinnen und Stockbienen geraten in eine heftige Erregung und führen einen lebhaften Tanz aus. Gleichzeitig wird der Ausflug auch nach andern untergeordneten Futterquellen unterbrochen. Das ganze Volk durchläuft eine Vergiftungskrise. Die Mortalität erreicht nach 1—2 Stunden ihr Maximum. Nach weitem 2—3 Stunden zeigt das Volk wieder normales Verhalten und auch der Ausflug beginnt von neuem.

Es scheint, dass der Giftalarm an Durchschlagskraft einbüsst, wenn eine zweite, naheliegende und sehr ausgiebige Trachtquelle in Form eines mit sauberem Zuckerwasser gefüllten Schälchens zur Verfügung steht und die beiden Nahrungsquellen in geruchlicher Hinsicht nicht besonders markiert sind. Diejenigen Bienen, welche mit DNC in Berührung gekommen oder sonstwie vom Giftalarm erfasst worden sind, neigen wohl dazu, im Stock zu bleiben. Andere Individuen, welche mit grossem Erfolg die unvergiftete Trachtquelle ausbeuten, befinden sich dagegen in ausgesprochener Ausflugstimmung und werben auch für den Ausflug. Es kommt zu der Situation *ordre - contreordre - désordre*, welche ein unentschiedenes und wenig einheitliches Verhalten des Bienenvolkes bewirkt.

Das Gift wird von den Flugbienen im Stock rasch abgegeben und verteilt. Bienen mit grossem Flüssigkeitsbedarf, z. B. Futtersaftproduzenten, welche das eingetragene Gift rasch resorbieren, leiden eher mehr als die Sammlerinnen selbst. Das Gift greift vermutlich einzelne für die Ernährung der Königin und Aufzucht der jungen Brut besonders wichtige Altersklassen heraus. Tödlich vergiftete Bienen erbrechen den grössten Teil des Honigblaseninhaltes, der von andern Bienen sofort wieder aufgenommen wird. Das Gift wandert von Biene zu Biene und kann sich voll auswirken. Allerdings besteht keine Proportionalität zwischen eingetragener Giftmenge und Zahl toter Bienen. Im ersten Versuch wurden nur 32 Giftladungen ( $1,2 \text{ cm}^3$ ) eingetragen und doch 170 tote Bienen gezählt, im zweiten Versuch 220 Giftladungen ( $8,5 \text{ cm}^3$ ) mit nur 209 Toten. Im ersten Versuch ist das Gift offenbar rasch verteilt, resorbiert und der Überschuss aus der Honigblase vergifteter Individuen jeweils wieder von Nachbarbienen aufgenommen worden und man erhält damit einen Wert für die letale Dosis von maximal  $0,0013 \text{ mg DNC}$ . Bei gleicher Empfindlichkeit hätte im zweiten Versuch die eingetragene Giftmenge zur Abtötung von 1200 Individuen genügt. Wenn nur der sechste Teil davon gestorben ist, darf wohl angenommen werden, dass das Gift weniger rasch resorbiert, bei der Passage von Biene zu Biene allmählich abgebaut oder vor der völligen Umsetzung sogar in den Waben deponiert worden ist.

Von grösster Bedeutung ist demnach der momentane Ernährungszustand. Völker ohne Honigreserve (Volk 1) sind viel mehr gefährdet als normale mit Honigvorrat (Volk 2). Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass bei der Auswertung dieser Versuche irreversible Organschädigungen bei subletaler Vergiftung, welche sich bei vielen Individuen in einer Verminderung der Leistungsfähigkeit und einer Kürzung der Lebensdauer äussern dürften, nicht berücksichtigt worden sind.

Bei vielen staatenbildenden Insekten wie Ameisen, Wespen, Bienen und Termiten finden wir die Fähigkeit, eine Erregung eines Individuums auf eine Anzahl Nestgenossen zu übertragen und sie gleichzeitig für ein parallel gerichtetes Verhalten gefügig zu machen. Man bezeichnet diesen Vorgang ganz allgemein als *Alarmierung*. Das Auftreten von Bienentänzen nach einer Dinitrokresolvergiftung deutet darauf hin, dass der Alarm aus zwei Komponenten besteht, nämlich der Sensibilisierung, welche andere Nestinsassen durch eine mechanische Beeinflussung aus ihrer Lethargie aufweckt und für subtilere Reize empfänglich macht, und einer Präzisierung, die mit Hilfe zusätzlicher Reize dem Alarm einen bestimmten Inhalt und Sinn verleiht.

Eigentümlich für die *Sensibilisierung* beim Bienenalarm ist die Laufbewegung auf der besetzten Wabe, welche das erregte Tier mit mehreren Stockinsassen in Berührung bringt, und die periodisch wiederkehrende, vibrierende Querbewegung des Körpers, die an der

Spitze des Abdomens die grösste Amplitude aufweist. Diese letztere Bewegung wird, sofern sie auffällig wird, als Schwänzeln bezeichnet. Die Nachbarbienen empfangen rasch nacheinander kurze Einzelstösse. Die Schwänzelnbewegung selbst ist nun offenbar nicht sehr spezifisch, denn man beobachtet sie bei Pollentracht, Nektartracht, Harztracht und nach Dinitrokresolvergiftung. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass die auffällige Schwänzelnbewegung nur in besondern Situationen auftritt z. B. bei langen Anflugstrecken der Sammlerinnen (v. FRISCH 1946) oder bei Vergiftung, wenn die Bienen durch Ermüdung, Giftwirkung und eventuell noch andere Faktoren, welche die Aktivität ungünstig beeinflussen vielleicht etwas gehemmt sind. Es ist denkbar, dass bei Wegfall dieser Hemmungen der Körper rascher und mit kleineren seitlichen Ausschlägen schwingt und aus dem Schwänzeln ein « Ultraschwänzeln » entsteht, welches von blossem Auge kaum mehr wahrgenommen werden kann. Unter dieser Voraussetzung liesse sich der bekannte Rundtanz sehr leicht aus dem Schwänzeltanz der Sammlerinnen ableiten. Denn der Schwänzeltanz ist eigentlich nichts anderes als ein Rundtanz, in welchen eine für das heftige Schwänzeln unerlässliche, gerade Laufstrecke eingebaut ist. Die Hypothese des « Ultraschwänzeln » bedarf selbstverständlich noch einer gründlichen experimentellen Nachprüfung, doch findet sie vorläufig eine Stütze in der Beobachtung, dass für unser Auge unauffällige Alarmformen von sehr kurzer Dauer häufig eine bedeutende Wirkung ausüben. Gerade bei den Versuchen mit Dinitrokresol gewinnt man den Eindruck, dass Auffälligkeit und Dauer des Alarms sich nicht selten umgekehrt proportional zur Durchschlagskraft verhalten.

Der Alarm wird nun erst sinnvoll durch eine nähere *Präzisierung*, d. h. durch die Übertragung eines spezifischen Alarminhalts. Der Blütenduft, welcher den Sammlerinnen und dem eingetragenen Nektar anhaftet, ist für die alarmierten Bienen wegleitend. Unscheinbare Einzelheiten in der Ausführung des Tanzes können Träger einer ganz bestimmten Präzisierung sein. So steht nach den klassischen Untersuchungen von v. FRISCH die Richtung des Schwänzeln in Beziehung zur Richtung der Trachtquelle und die Abnahme der Zahl der Wendungen soll von den Bienen als Zunahme der Entfernung verstanden werden. Daneben stehen den Bienen noch andere Mittel zur Verfügung, um einen Alarminhalt zu übertragen, z. B. das Betasten mit den Fühlern oder wie in unserem Dinitrokresolversuch, ein kräftiges Zurückstossen der alarmierten Biene mit dem Kopf.

Man wird sich schliesslich mit Recht fragen müssen, ob der nach Dinitrokresolaufnahme beobachtete Alarm ein experimentelles Kunstprodukt sei oder ob er auch als Gefahralarm unter natürlichen Bedingungen zustande kommen könne. Vermutlich werden auch Erregungen, welche aus ungünstigen Umweltsbedingungen resultieren, von Einzelbienen auf andere Stockinsassen übertragen. Es würde sich wohl lohnen, auch im Hinblick auf die praktischen Schlussfolgerungen, zu

prüfen, ob ungeeignete Trachtquellen, z. B. der Honigtau bestimmter Blattlausarten, auf dem Wege einer Alarmierung angezeigt und von weiterem Anflug ausgenommen werden können, sofern sie einen spezifischen Duft aufweisen und die Schädlichkeit unmittelbar nach dem Eintragen erkannt wird.

### 9. Zusammenfassung

1. Die vorliegenden Untersuchungen über die Wirkung von Dinitrokresol (DNC) und Dinitrokresol-Natrium auf Bienen sind durch eine Bienenvergiftung in der thurgauischen Gemeinde Dozwil mit einem DNC-haltigen Winterspritzmittel veranlasst worden.

2. Ein angetrockneter Spritzbelag ist für die Bienen ungefährlich. DNC-Brühen, welche auf die Tarsen und den Rüssel aufgetragen werden, wirken erst in übernormaler Konzentration (5—10 %) tödlich.

3. Die üblichen DNC-Spritzbrühen werden von Wassersammelrinnen aufgenommen und in den Stock getragen. Steht gleichzeitig reines Wasser zur Verfügung, so wird dieses unter sonst gleichen Versuchsbedingungen stärker befliegen.

4. Die Resorption von DNC im Mitteldarm erfolgt sehr rasch. In einem Versuch waren beispielsweise schon nach 21 ½ Minuten 50 % und nach 35 Minuten sämtliche Bienen tot, nachdem sie 1 % DNC-Spritzmittel in 30 %igem Zuckerwasser aufgenommen hatten.

5. Alkalische DNC-Spritzmittel (pH 9) reagieren, nachdem sie mit dem Speichel vermischt worden sind, in der Honigblase sauer (pH 6). Ferner wird DNC in Gegenwart von Zucker unter dem Einfluss des Speichels allmählich zu farblosen, vermutlich weniger giftigen Verbindungen umgesetzt. Dieser Umstand muss bei der Bestimmung der letalen Dosis berücksichtigt werden.

6. Die letale Dosis beträgt 0,0025 bis 0,0031 mg DNC-Natrium, sofern das Gift in 5 mm<sup>3</sup> einer 30 %igen Rohrzuckerlösung in Form eines DNC-Spritzmittels in die leere Honigblase einer hungrigen Biene gelangt. Bei dieser Dosierung wirken alle untersuchten Handelspräparate tödlich. Bei Verwendung des schwerer löslichen, reinen DNC beträgt die letale Dosis maximal 0,0013 mg, wenn eine Lösung von 0,018 % DNC und 30 % Zucker einem schlecht ernährten Volk verabreicht wird.

7. Im Freien wird eine 30 %ige Zuckerlösung mit 0,018 % DNC aufgenommen und eingetragen wie reine Zuckerlösung. Nach einigen Minuten reagiert das Bienenvolk mit heftigen Tänzen auf die beginnende Vergiftung. Gleichzeitig wird der Ausflug gedrosselt. Der Bientanz wird kurz analysiert.



8. Bei einem Volk, welches sich in einem schlechten Ernährungszustand befindet, wird das Gift mit der Zuckerlösung sofort verteilt und resorbiert. Die Zahl der Toten nähert sich dem Grenzwert verführte Giftmenge : letale Dosis. Ein gut ernährtes Volk mit Honigreserven leidet viel weniger.

9. Für die Praxis ist festzuhalten, dass das zur Winterspritzung der Obstbäume und zur Unkrautbekämpfung im Feldbau verwendete DNC für die Bienen ein gefährliches Darmgift darstellt. Die Wahrscheinlichkeit einer Vergiftung ist jedoch gering, weil die Winterspritzung selten mit einem starken Bienenflug zusammenfällt, bei uns nie mit DNC in die Blüte gespritzt wird und ferner, weil die Bienenvölker in einer günstigen Weise auf die ersten Anzeichen der DNC-Vergiftung reagieren. Um Vergiftungsfällen vorzubeugen, ist es ratsam, nie während eines starken Ausfluges und bei grossem Wasserbedarf der Bienen in unmittelbarer Nähe der Bienenhäuser DNC zu verspritzen und stets ausgiebige saubere Tränkstellen zu unterhalten.

#### Literatur

- EVENIUS, J., 1926. *Die Fermente im Darmkanal der Honigbiene*. Arch. f. Bienenkunde, **7**, 229—244.
- FRISCH, K., VON, 1923. *Über die « Sprache » der Bienen*. Zoolog. Jahrbuch (Abt. Physiologie), **40**, 1—186.
- FRISCH, K., VON, 1946. *Die « Sprache » der Bienen und ihre Nutzenanwendung in der Landwirtschaft*. Experientia, **2**, 397—404.
- GOBLE, G. J. & PATTON, R. L., 1946. *The Mode of Toxic Action of Dinitro Compounds on the Honeybee*. J. econ. Entomology, **39**, 177—180.
- HENKEL, CH., 1938. *Unterscheiden die Bienen Tänze?* Dissertation, Univ. Bonn.
- LOTMAR, R., 1940. *Beiträge zur Pathologie des Bienendarmes*. Landwirtsch. Jahrbuch d. Schweiz, **54**, 775—805.
- STELLWAAG, F. & STAUDENMAYER, TH., 1940. *Wie wirkt Dinitro-ortho-kresol auf Insekten?* Anz. f. Schädlingskunde, **16**, 37—39.
- ZÄCH, C., 1945. *Über einen Fall von Bienenvergiftung durch Arsenspritzmittel im Feldbau*. Schweiz. Bienenzeitung, **68**, 20—21.