

(Aus der Forschungsstelle Krumpendorf [Kärnten]).

Der Einfluß von Vitamin T auf Gestalt und auf Gewohnheiten von Insekten¹⁾.

Von

Prof. Dr. Wilhelm Goetsch.

Mit 11 Textabbildungen.

Inhaltsübersicht:

	Seite
I. Einleitung.	193
II. Beobachtungen und Versuche.	194
1. Chromosomale, blastogene und trophogene Formbestimmungen bei Ameisen.	194
2. Entstehung der Kasten bei Termiten.	198
3. „Giganten“ bei Heuschrecken und Schaben.	201
4. „Termitin“ und ähnliche Insectine, „Hypomycin“ und verwandte Mycoine.	210
5. „Torutilin“ und andere Vitamin-T-Präparate.	229
6. Form-Beeinflussung bei <i>Drosophila</i>	232
7. Natürlicher und künstlicher Polymorphismus.	250
8. Änderung des Verhaltens unter dem Einfluß von Vitamin T.	258
III. Vitamine als Groß-Modifikationen.	260
IV. Zusammenfassung der Ergebnisse.	271
V. Literatur.	273

I. Einleitung.

Der Vitamin T-Komplex, über dessen Wirksamkeit im I. Heft dieser Zeitschrift bereits kurz berichtet wurde, ist nach allen bisher durchgeführten Untersuchungen in weitem Maße an der so vielfältigen Formgestaltung der *Insekten* beteiligt. Bisher standen für die Erklärung dieser Formenfülle die *Vererbungs*-Erscheinungen im Vordergrund. Mit vollem Recht; vermochte man doch gerade an Fliegen und an Schmetterlingen die Vererbungsvorgänge

¹⁾ Herrn Prof. Dr. K. von *Frisch* zum 60. Geburtstag gewidmet.

auf das Genaueste zu analysieren, und an *Drosophila*, *Lymantria* und *Ephestia* durch Auswahl der Eltern neue Formen gleichsam zu konstruieren (*Morgan* und seine Schule, *Goldschmidt*, *Kühn* u. a. m.). Zu dieser Entstehung von neuen Formen durch Kombination schon vorhandener Erbanlagen kamen dann noch die auch im Experiment erzielbaren *Mutanten*, welche die Möglichkeit der Kombination vergrößerten. In jedem Falle handelte es sich dabei um Eigenschaften, die im *Erbgang* weiter gegeben wurden.

II. Beobachtung und Versuche.

1. Chromosomale, blastogene und trophogene Formbestimmung bei Ameisen.

Wie stark der *Erbgang* auch bei Insekten zum Ausdruck kommen kann, die auf äußere Reize sehr leicht ansprechen, sei am Beispiel der Ameisen erläutert. Gewisse Eigentümlichkeiten der Färbung und der Fleckung finden wir nämlich bei *jedem* Nestgenossen eines Staates, gleichgültig, ob es sich um große oder kleine Tiere handelt. Sie gehen auch durch die Kasten oder Stände hindurch (Abb. 1); d. h. geflügelte und ungeflügelte Weibchen, Arbeiterinnen und Soldaten weisen dieselben Zeichnungen auf, obwohl sie in ihrem Gesamthabitus so von einander geschieden sein können, daß man sie für Angehörige verschiedener systematischer Gruppen halten würde, wenn man die Zusammenhänge nicht kennt (Abb. 2).

Wie entstehen nun diese besonderen Kasten? Bei den sozialen Hymenopteren, d. h. Ameisen und Bienen, sind die Männchen durch das Fehlen der einen Chromosomen-Garnitur charakterisiert; mit anderen Worten, sie entstehen parthenogenetisch aus unbesamten Eiern. Die weiblichen Kasten insgesamt haben dagegen den doppelten Chromosomensatz, da sie ihren Ursprung aus befruchteten Eiern nehmen. Die Ursache der Verschiedenheit zwischen Männchen und Weibchen ist somit *chromosomal, genetisch bedingt*.

Bei der Ausbildung der übrigen Kasten spielen *blastogene und trophogene Faktoren* eine große Rolle, d. h. Größe oder Beschaffenheit der Eier und die Ernährungsbedingungen. Beide Faktoren können auch die Männchen beeinflussen (*Goetsch* 1939, 1940, 1942 b). Bei den weiblichen Kasten ließ sich erweisen, daß die ersten kleinen Eier einer jungen Königin auch nur kleine Arbeiterinnen liefern. Eine Beeinflussung durch irgendwelches Futter blieb

stets erfolglos. Eine Ausnahme bilden nach bisheriger Kenntnis nur die Blattschneider-Ameisen (*Goetsch* 1939), dadurch nämlich, daß die jungen Königinnen hier zunächst mittlere Eier legen und dadurch auch mittlere Arbeiterinnen entstehen lassen.

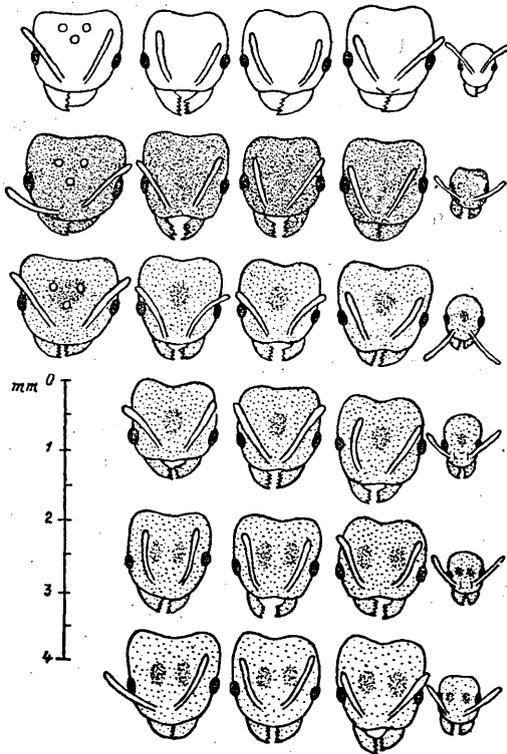


Abb. 1. *Pheidole pallidula*. Rassenbildung. Die Färbung und Fleckung der Köpfe ist trotz großer Unterschiede der Kasten überall völlig gleich und vererbbar. Die Weibchen links sind die Mütter der drei Soldaten in der Mitte und der Arbeiterin rechts; außerdem entsprechen die wagerechten Reihen 3 und 4 sowie 5 und 6 verschiedenen Generationen. Die gleichen Färbungen der wagerechten Linien sind damit erbbedingt, die gleichen Formen der senkrechten Reihen durch Fütterung entstanden.

Die Zwergformen, welche ihren Ursprung blastogenen Einflüssen verdanken, stellen im allgemeinen eine fest in sich geschlossene Gruppe dar, bei den Attinen durch verhältnismäßig große Fühler-Endglieder, durch relativ kleine Augen und geringe Bestachelung ausgezeichnet (*Goetsch* 1942, Abb. 8).

Aber auch die Großformen sind eine ganz besondere Gruppe, gleichgültig, ob sie durch Übergänge mit den mittleren Typen verbunden erscheinen (= Giganten) oder übergangslos neben ihnen stehen (= Soldaten). Hier ist die Ursache des besonderen Wachstums bestimmte Ernährung zu bestimmter Zeit: Bekommen die Larven des mittleren Stadiums Insekten-Fleisch oder andere eiweißreiche Nahrung, so erhalten sie einen Entwicklungsstoß und können plötzlich stark heranwachsen. Ist die „kritische Phase“ vorbei, so werden sie bei jeder Art Nahrung nie Giganten oder Soldaten, sondern nur mehr oder weniger große Arbeiter.

Die Frage, warum bei bestimmten Ameisen Soldaten und Giganten vorkommen, bei anderen lediglich größere oder kleinere Arbeiter, konnte dadurch geklärt werden, daß man feststellte, wo überhaupt ein Polymorphismus der Arbeiterkaste vorkommt (Goetsch 1940). Soldaten und Giganten gibt es nämlich nur dort, wo die Larven selbständig fressen, d. h. nicht von Arbeiterinnen mit flüssiger Nahrung gefüttert werden. Bei *Pogonomyrmex*-Arten Chiles, deren Larven stets ganze Brocken vorgeworfen werden, sind alle Nestinsassen großköpfig (Goetsch 1935). Sie unterscheiden sich nur in der Gesamtlänge, ohne daß sich die Proportionen des Körpers verändern (Goetsch 1935 u. 1939). Unsere einheimischen *Formica*- und *Lasius*-Arten haben dagegen nie Riesenköpfe, auch wenn sie in ihrer Gesamtlänge verschieden sind. Hier findet ausschließlich eine Fütterung der Larven aus dem Kropf der Arbeiterinnen statt. Eine künstliche Beeinflussung ist infolge dessen nicht möglich.

Zwischenformen zwischen extremen Großköpfen und typischen Arbeiterinnen entstehen dann, wenn die Larven im kritischen zweiten Stadium beim Fressen gestört werden. So gelang es z. B. sogar bei der italienischen *Pheidole* künstlich Zwischenformen zu erzielen, die in der Natur nie vorkommen (Goetsch 1937). Und zwar deshalb nicht, weil dort die Entwicklung außerordentlich rasch verläuft, so rasch wie sonst niemals bei Ameisen (Goetsch 1940, Tab. 3). Die Zeitspanne, in der eine Freß-Störung möglich, ist also sehr kurz. Bei den körnersammelnden *Messor*- und den pilzzüchtenden *Acromyrmex*-Arten mit etwa doppelt so langer Entwicklung sind die Möglichkeiten einer Störung viel größer, und hier gibt es denn auch, wie die Experimente bestätigen, alle möglichen Übergänge.

Zu den beiden Faktoren „kritische Phase“ und „Eiweißnahrung“ kommt jedoch, wie spätere Versuche ergaben, noch eine

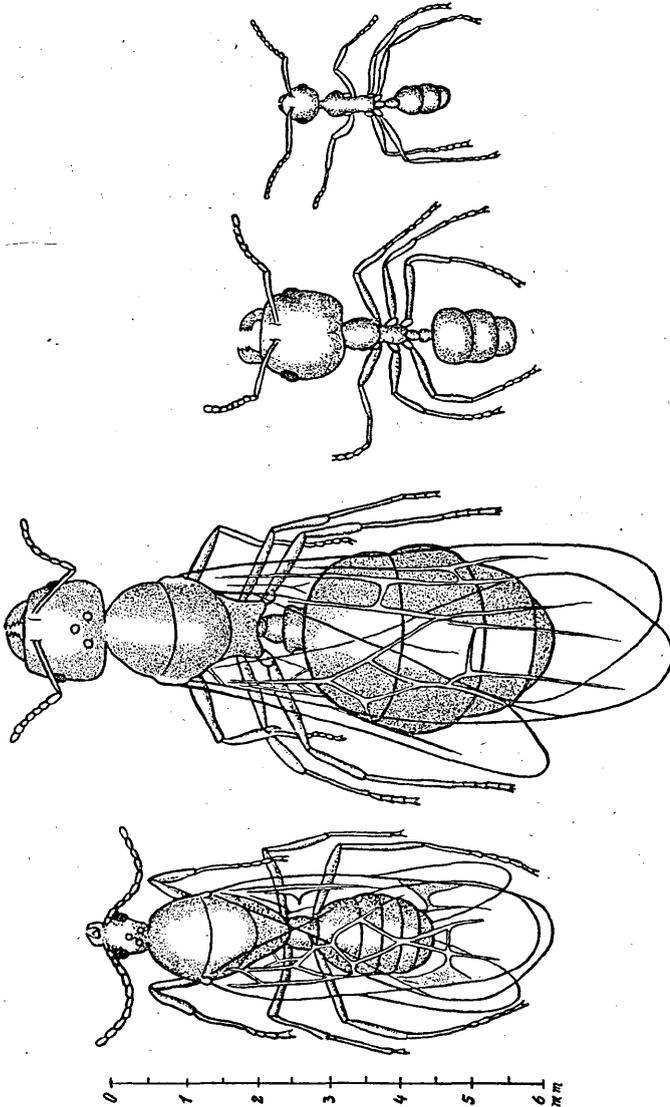


Abb. 2. *Pheidole pallidula*. Links Männchen; dann Weibchen, Soldat und Arbeiterin (ganz rechts). Die Soldaten haben regelmäßig den Körper der Arbeiterin und die Kopfgröße der Königin (= Vollweibchen).

dritte wesentliche Bedingung: das Vorhandensein von bestimmten im Insektenfleisch vorkommenden Wirkstoffen, die sich jetzt als ein neues Vitamin, der Vitamin T-Komplex, erwiesen haben.

2. Entstehung der Kasten bei Termiten.

Die Bedeutung eines solchen neuartigen Wirkstoff-Komplexes ließ sich zuerst an der Mittelmeer-Termite *Kaloterme flavicollis* erarbeiten. Auch bei diesen sozialen Insekten gibt es Arbeiter und Soldaten, die jedoch sowohl männlich wie auch weiblich sein können. Beide Kasten treten im allgemeinen auch in verschiedenen Größen oder sogar in verschiedener Gestalt auf (Goetsch 1940, Abb. 27). Bei den Soldaten ließ sich schon zeigen, daß dies darauf beruht, ob die trophogenen Einflüsse auf dem III., IV. oder V. Larven-Stadium einwirken (Goetsch, Biologe, 1942, Tabelle). Wie bereits in dieser Zeitschrift dargelegt werden konnte, stehen die Termiten infolge ihrer Ernährungsweise meist unter einem gewissen Eiweiß-Hunger (Goetsch 1946). Um ihn zu stillen, werden die Eier der Königin oder die Leichen der Nestgenossen gern verzehrt. Auch verletzte oder kranke Tiere fallen dem Kannibalismus zum Opfer; wenn sich eine Termite nicht mehr wehrt, wird sie sofort angefressen. Bei den Ameisen kommt, wie anhangsweise erwähnt sein mag, ein Verzehren erwachsener Tiere nicht vor. Die Toten werden vielmehr hinausbefördert (s. Goetsch 1937, „Ameisen-Friedhof“). Auch die Larven bleiben unbehelligt, solange sie um Nahrung betteln und nicht verletzt sind. Wenn bei ihnen oder aber bei Puppen erst einmal Körpersäfte austreten, geht das bis dahin eifrig betriebene Putzen der Brut sofort ebenso in ein Fressen über wie bei den Termiten.

Das Verzehren von Leichen der Nestgenossen oder von Eiern der Weibchen löst nun bei den Termiten, wenn es in bestimmten Zeiten zwischen den Häutungen eintritt, einen Entwicklungsstoß aus, der die vorderen Körperpartien plötzlich heranwachsen läßt. Es entstehen während des Hautwechsels dann zunächst sog. Vordersoldaten, die sich durch eine schnell danach erfolgende neue Häutung zu Soldaten umbilden. Da die jungen Staaten der Termiten meist Mangel leiden, ist die Fütterung der ersten Larven mit Eiern die Regel, und so kommt es, daß in unseren Kunst-Nestern die ersten Jungen stets Soldaten, und zwar Kleinsoldaten des IV. Stadiums wurden. In einem Falle traten sogar Soldaten des Stadiums III auf, die aus der Natur nicht bekannt sind; hier wurden Eier bereits von Larven des Stadiums II verzehrt, die normaler-

weise nicht selbständig fressen, sondern sich von Abscheidungen der Futterdrüsen der Eltern oder von deren Kot ernähren.

Bei größeren Staaten stehen den Jungtieren neben den Eltern auch ältere Larven als Pfleger zur Verfügung, von denen sie ebenfalls Nahrung erhalten können. Sie sind infolgedessen nicht mehr auf das Eierfressen angewiesen. Und wenn erst die kritische Zeit überwunden ist, vermögen sich die Larven vom Stadium IV an selbständig zu ernähren. Nur dann, wenn durch irgend welche Vorkommnisse Larven des Stadiums IV oder V zur bestimmten kritischen Zeit zu Eier- oder Leichenfraß kommen, entstehen die Vorsoldaten, die während der schnell darauf folgenden neuen Häutung zu Soldaten werden.

Mit der Ausbildung der Soldatenform ist die Entwicklung abgeschlossen, d. h. ein Termiten-Soldat entspricht einer Insekten-Imago und kann sich nicht weiter entwickeln. Die Stoffe, welche die rasch aufeinanderfolgenden Häutungen verursachen, bewirken damit, so können wir sagen, eine vorzeitige *Imaginisierung*; erinnert doch die dunkle Chitinfärbung der Soldaten auch etwas an erwachsene Imagines. Daß sie gerade an Kopf- und Thorax-Partien auftritt, welche durch den Entwicklungsstoß am stärksten betroffen werden, ist dabei besonders bemerkenswert.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß wir die Soldaten als eine Art Monstrosität betrachten müssen, als unausgegliche Formbildung also. Die großen Köpfe der Arten mit den gewaltigen, zum Beißen untauglichen Mandibeln, oder die Nasuti der Metatermitiden, welchen die Kiefer fehlen können, sprechen jedenfalls für eine solche Auffassung. Nur weil solche Soldaten in einem Gemeinschaftsverband leben, durch den sie ihre Nahrung erhalten, bleiben sie überhaupt existenzfähig. Daß sie als Individuum ein wenig widerstandsfähiger sind als die Larven, steht damit nicht in Widerspruch. Auch dies hängt mit der *Imaginisierung* zusammen, d. h. mit dem festeren Chitinpanzer, da ja auch die normal entwickelten Geschlechtstiere stets mehr aushalten und ein längeres Leben haben als die anderen Kasten. (Vergl. auch Tab. 26).

Es gilt dies, wie hier gleich erwähnt werden mag, auch für die sogenannten Ersatz-Geschlechter, die ebenfalls durch besondere

Ernährung entstehen. Hier ist es die reichlichere Ernährung durch die Futterdrüsen der Arbeiter oder Larven, wobei den Beobachtungen nach ein besonderer Sexualwirkstoff „S“ eine Rolle zu spielen scheint. Fällt eine solche Ernährung mit einer kritischen Phase zusammen, so entwickeln sich die Keimdrüsen vorzeitig. Auch diese Entwicklungsbeschleunigung, welche in diesem Falle die Gonaden trifft, ist mit einer Verfärbung des Chitinpanzers und anderen Imaginisierungserscheinungen verbunden. Auf jeden Fall kommt nach einer beschleunigten Häutung die Weiterentwicklung zum Stillstand, so daß es Ersatzgeschlechter des III. bis VII. Stadiums gibt. Ja sogar Soldaten und Vorsoldaten können zu Ersatzmännchen und Ersatzweibchen werden (= „Soldaten-König“ und „Soldaten-Königin“).

Da die Entstehung der Soldaten nach dem, was wir jetzt wissen, von Außenbedingungen abhängig ist, wird es auch verständlich, daß die Prozentzahlen von Arbeitern und Soldaten im Termiten-Staaten recht schwanken. Alle Versuche, eine feste Norm aufzustellen, müssen zum Scheitern kommen.

Daß die Möglichkeit der Soldatenbildung keineswegs immer zur Verwirklichung kommt, zeigt die in Amerika und Afrika sehr häufige Gattung *Anoplotermes*, so genannt, weil bei ihr niemals Soldaten vorkommen. Und zwar deswegen nicht, weil die Bedingungen zur Soldaten-Entstehung in der Natur fehlen. Denn als ich Pärchen von *Anoplotermes cingulatus* aus dem Gebiet des Paraná zur Nestgründung ansetzte und dabei allem Anschein nach nicht die richtigen Bedingungen traf, kam es zum Absterben der jungen Larven und damit dann zu Leichenfraß. Die überlebenden jungen Larven wurden sämtlich Vorsoldaten, deren einer sich zu einem echten Soldaten umwandelte. Es entstand so eine Soldatenform, die bisher unbekannt war (Abb. 11 f.). Neben einer großen „Nase“, d. h. einer mit langer Ausführ-Tube versehenen Verteidigungsdrüse des Kopfes fanden sich auch gebrauchsfähige große Kiefer, so daß der goldgelbe imaginierte Kopf des künstlich erzielten „Kiefer-Nasutus“ eine ganz besondere Form aufwies (Goetsch 1940). Die Möglichkeit der Soldaten-Entstehung mußte demnach auch bei *Anoplotermes* vorliegen; es fehlten nur die Realisierungs-Faktoren.

3. „Giganten“ bei Heuschrecken und Schaben.

Die bei der sonst soldatenlosen Termiten durch besondere Ernährung hervorgebrachten Kiefer-Nasuti legten die Frage nahe, ob vielleicht auch bei anderen Insekten irgendwelche normalerweise versteckt bleibenden Möglichkeiten durch besondere Fütterung hervorgehoben werden könnten.

Ich experimentierte deshalb zunächst mit Heuschrecken (*Stenobothrus*-Arten und *Tachycines asynomarus*), d. h. ich fütterte die eine Gruppe nur vegetarisch, die andere mit toten Termiten und anderen Insekten. Der Erfolg blieb nicht aus: die carnivor Ernährten entwickelten sich viel rascher und waren nach kurzer Zeit bedeutend größer als die Vegetarier (Abb. 5, Heft 1/2 dieser Zeitschr.). Ein Unterschied in der *Form*, der ja zwischen Termiten-Soldaten und -Arbeitern so groß ist, daß man ohne Kenntnis des Ursprungs die Tiere niemals für die gleiche Art halten würde, war bisher allerdings nicht feststellbar. Bei Wanderheuschrecken ist etwas derartiges aber bekannt. Wir werden auf diesen sog. Phasenwechsel später noch einzugehen haben.

Deshalb ging ich zu den *Schaben* über, die als nächste Verwandte der Termiten gelten (*Periplaneta orientalis*, *Blattella germanica* und *Blattella americana*), und fütterte nunmehr Larven dieser Insekten mit verschiedener Nahrung. Hier ließ sich zweifellos bei Fütterung mit Termitenleichen ein Entwicklungsstoß erzielen. Nach 5 Monaten waren beispielsweise Periplaneten, die nur zu Versuchsbeginn 2 Wochen lang mit Termiten ernährt waren, 16 mm lang, gegenüber 9 mm bei Fehlen dieser Zukost. Und hier nun zeigte sich auch eine *Verbreiterung* von Kopf und Thorax, wenn man Tiere gleicher Länge, aber ungleichen Alters miteinander verglich. So kamen *Periplaneten* mit vorübergehender Zufütterung von Termiten-Fleisch schon in drei Monaten auf eine Länge von 9 mm und eine Thoraxbreite von 5 mm, während *ohne* solche Beikost erst nach 5 Monaten die Länge von 9 mm, aber nur eine Breite von 3,8 mm erreicht wurde. (Tab. 1). Hand in Hand mit der Verbreiterung des Brustabschnittes geht die Vergrößerung des Kopfes, und diese wiederum ist begleitet von Proportionsveränderungen: Die Mandibeln sind weit größer und länger. Das Verhältnis der Mandibeln zur Kopflänge betrug beispielsweise bei Schaben eines gleichen Kokons bei Darreichung von Termiten-

Stoffen 31—39%, gegenüber 24—29% der Kontrollen. Diese Verhältnisse entsprechen in weitem Maße denen der Termiten, sodaß man von Schaben-Arbeitern und -Soldaten reden kann. Bei *Blattella* war es ähnlich. Termiten-Tiere wurden nach 1-monatlicher Fütterung 7—7,5 mm lang und 3,5 mm breit, Hefe- und Brottiere nur 4 mm:1,5 mm; die Proportionsänderungen der Kopfkapseln waren dabei ähnlich wie bei *Periplanta* (Tab. 2 a u. b). Es ist also wirklich möglich, auch bei Schaben durch besondere Ernährung eine besondere Kaste zu erzielen, die den Giganten der Ameisen und den Soldaten der Termiten entspricht.

Tab. 1. *Periplaneta orientalis*. Kulturen 28 und 33. Einfluß von Fütterung mit Termiten.

Geschlüpft: Kultur 28 am 14. 9. 1943, Kultur 33 am 2. 10. 1943, Breslau.
Ausgangsform bei Versuchsbeginn: Stadium I, Alter einige Tage.

Lfd. Nr.	Kultur	Fütterung	Nach 3 Monaten:			Nach 5 Monaten:			Färbung
			Länge	Breite	Stadium	Länge	Breite	Stadium	
1	28	Brot, Kartoffeln	8 mm	2,25 — 3 mm	III	9 mm	3,75 — 4 mm	IV	hell
						Gewicht: 0,019 g			
2	33	Brot, Kartoffeln, erste 2 Wochen Termiten	9 mm	4,75 — 5 mm	IV	16 mm	7,5 mm	VI	dunkel
						Gewicht: 0,153 g			

Ergebnis: Entwicklungsbeschleunigung durch vorübergehende Fütterung zu Beginn des Versuchs mit Termiten. Bei Tieren gleicher Stadien und gleicher Größe (Kultur 28 nach 5 Monaten, Kultur 33 nach 3 Monaten) sind die mit Termiten ernährten Tiere breiter.

Kommt auch bei den Schaben ebenso wie bei den Termiten nur eine bestimmte Zeit in Betracht, in welcher sie auf die Wirkstoffe ansprechen? Diese Frage ist zu bejahen, wenn man die für beide Gruppen etwas verschiedenen Verhältnisse berücksichtigt. Im allerersten Larvenstadium reagieren weder Schaben noch Termiten auf die Fütterung; sie zehren noch von Reserven der Embryonalentwicklung. Bei den Termiten sind, wie schon bemerkt, auch die Stadien II und III meist von der Fütterung durch die Nestgenossen abhängig, fressen also nicht selbständig; und damit stimmt überein, daß es im allgemeinen erst später möglich ist, Soldaten zu erhalten. Nur einmal ließ sich, wie wir sahen, durch aller-

hand Kunstgriffe ein Soldat des Stadiums III erzwingen; sonst gibt es lediglich solche, die dem Stadium IV, V und VI entsprechen, d. h. Tiere, die kurz vor der Verwandlung in eine neue Larvenform der Einwirkung erlagen.

Tab. 2 a. *Blattella germanica*. Kultur Ba. Breslau 1944.

Geschlüpft: 26. 2. 1944. Versuchsbeginn: 3. 3. 1944. Versuchsende: 4. 4. 1944.

Ausgangsgröße: 3:1,5 mm. Stadium I.

Alter: Versuchsbeginn: 1 Woche; Versuchsende: zirka 5 Wochen. Versuchsdauer: 1 Monat.

Lfd. Nr.	Kultur	Fütterung	Länge	Breite (II. Thor.- Segment)	Zahl der Cerci- Glieder	Stadium
1	Ba4	Termiten,	7 mm	3,5 mm	7	III
2	Ba1	Mehlwurm,	7,5 mm	3,5 mm	7	III
3	Ba2	Backhefe,	4 mm	1,5 mm	4—5	II
4	Ba3	Brot, Zucker	4 mm	1,5 mm	4—5	II

Tab. 2 b. *Blattella germanica*. Kultur B. Breslau 1944.

Geschlüpft: 4. 9. 1943. Versuchsbeginn: 3. 2. 1944. Versuchsende: 24. 2. 1944.

Stadium II.

Alter: Versuchsbeginn: 6 Monate; Versuchsende: zirka 7 Monate. Versuchsdauer 3 Wochen.

Lfd. Nr.	Kultur	Fütterung	Länge	Breite (II. Thor.- Segment)	Zahl der Cerci- Glieder	Stadium
1	B4	Termiten,	9 mm	3,5 mm	9	V—IV
2	B1	Mehlwurm,	7,5 mm	3 mm	7	III
3	B2	Backhefe,	5—6 mm	2,75 mm	7	III
4	B3	Brot, Zucker	6,5—7 mm	2,25 mm	7	III

Ergebnis: Entwicklungsbeschleunigung bei carnivorer Ernährung, besonders bei Fütterung mit Termiten.

Bei den Schaben, die von Anfang an selbständig fressen, ist schon regelmäßig eine Einwirkung bei Stadium II zu erzielen, also ein verändertes Stadium III zu erreichen, und ebenso auf allen anderen Stadien. Die Tiere sprechen stets auf einen Futterwechsel durch Formveränderungen an. (Tab. 9).

Es ergeben sich nun aus diesen Ergebnissen eine ganze Anzahl von Fragen. Die ersten sind zoologischer Art; es handelt sich um die *Vorgänge im Insektenkörper*, welche zur Vergrößerung und zum Breiterwerden führen. Eine Veränderung der Körperform kann bei Arthropoden nur in Verbindung mit *Häutungen* erfolgen; diese müssen also durch die Fütterung angeregt werden.

Tab. 3. *Periplaneta orientalis*. Kulturen Lenzing 1946.

Eingesetzt 1. 4. 1946. Versuchsende: 31. 5. 1946. Versuchsdauer 2 Monate.
Ausgangsform bei Beginn Stadium VI, bei Versuchsende Stadium VII.

Lfd. Nr.	Kultur	Fütterung	Länge	Breite	Kopflänge zu Kopfweite	Verhältnis	Färbung
1	B	Brot, Kartoffeln ohne Zugabe	17,25 mm	6,25 mm	3,25:3,0	2,75	heller
2	D	Brot, Kartoffeln Torutilin	17,50 mm	7,00 mm	3,75:3,5	2,50	dunkel

Ergebnis: Torutilin hat die gleiche Wirkung wie andere Vitamin T enthaltende Stoffe (Termiten, Schaben, Pilzstoffe).

Ältere Larven sprechen ebenfalls auf Vitamin T an, allerdings nur in geringem Maße. Die Verbreiterung des Thorax und die relative Vergrößerung der Kopfregion ist aber auch hier deutlich (Kopflänge zu Körperlänge = 4,7 mit und 5,3 ohne Torutilin).

Das Zweite ist das *Längenwachstum*, und das Dritte endlich die Veränderung der *Proportionen*, d. h. die stärkere Verbreiterung von Kopf und Thorax.

Die zweite Fragegruppe betrifft die *Stoffe*, welche die Vorgänge auslösen: sie müssen in den Termiten liegen, die als Futter gereicht wurden.

Bei der Klärung dieser Fragen wurde zunächst festgestellt, daß auch Teile von Schaben und Mehlwürmern diese Entwicklung einzuleiten vermögen, und weiterhin, daß tote Termiten aus Museums-Sammlungen ebenfalls dafür geeignet waren. Eine solche Termiten-Konserve, die schon jahrelang im Alkohol lag, hatte aber eine weit geringere Wirkung. Ich destillierte nun den Alkohol, der über einer großen Anzahl der dicken, fetten Termiten-Königinnen nun schon seit 40 Jahren stand, und gewann so eine braun-gelbliche leicht fettige Masse („Termiten-Fett“). Später wurden auch frische

Termiten, sowie Küchenschaben und Mehlwürmer extrahiert und ebenfalls Fette gewonnen. Nach dem Fettentzug blieb dann regelmäßig übrig eine Eiweiß-Substanz, insbesondere bei den Termiten-Königinnen („Termiten-Konserve“). Beide Stoffe, Termiten-Fett und Eiweiß-Rückstand, wurden nun in Verbindung mit vegetarischer Kost, wie Brot und Kartoffeln, oder später mit einer genau zusammengesetzten Mangeldiät *getrennt* gefüttert (vgl. Tab. 4—6), wobei sich folgendes ergab:

Tab. 4. *Blattella germanica*. Vergleich von vegetarischer Fütterung (Brot u. a.) und Mangel-Diät mit und ohne Zusatzfutter, sowie mit reiner Hefe- und Insektenfleisch-Ernährung. Versuchsdauer: 23—32 Tage. Berücksichtigt wurden nur jüngste Tiere (23—40 Tage, Stadium II—III). Abkürzungen: MD = Mangeldiät nach G. Fröbrich.

Sch.Fett = Äther-Extrakt aus Schaben; M.Fett II = zweiter Äther-Auszug aus Mehlwürmern, mit dunklen harzigen Bestandteilen; T.Fett = eingedickter Alkohol-Extrakt von Termiten-Weibchen; Kons.I. = Termiten-Weibchen, jahrelang mit Alkohol ausgelaut.

Lfd. Nr.	Kultur	Versuchs-Zeit	Zahl der Tiere	Alter zu Beginn Tage	Versuchs-Dauer Tage	Größe	Fütterung	Entwicklungs-Stadium	Durchschnitt
1	Ba 2	3. 1944	3	5	32	4,0:1,5	Brot	II	4,5:1,8
2	II	11. 1944	6	—	25	3,5:1,8	veget.	II	
3	104b	5. 1944	3	—	30	4,0:1,8	Brot	II	
4	B119a	1. 1945	3	12	28	4,1:1,8	M.D.	II	
5	107B	4. 1944	3	—	23	5,0:1,8	Brot	II	
6	B 8	12. 1944	7	—	30	5,2:2,3	M.D.	II/III	
7	Ba 3	3. 1944	3	5	32	4,0:1,5	Hefe	II	
8	II	11. 1944	6	—	25	4,5:1,8	gemischt	II	
9	103	5. 1944	3	—	30	6,0:2,5	Brot + Kons. I	II/III	6,2:2,6
10	106	4. 1944	3	—	23	6,4:2,0	Brot + T.Fett	II/III	
11	18a	1. 1945	3	12	28	6,0:2,0	M.D. + Mehlw.	II/III	
12	17a	1. 1945	3	12	28	6,0:2,3	M.D. + T.Fett II	II/III	
13	B 10	12. 1944	7	—	30	6,5:3,0	M.D. + Sch.Fett	III	
14	B 11	12. 1944	7	—	30	6,5:3,5	M.D. + T.Fett	III	
15	Ba 4	3. 1944	3	5	32	7,0:3,5	Termiten	III	
16	Ba 1	3. 1944	3	5	32	7,5:3,5	Mehlwurm	III	

Ergebnisse: Trotz verschiedener Herkunft und die dadurch bedingte Verschiedenheit von Rasse und Sippe, außerdem trotz der das Wachstum etwas beeinflussenden verschiedenen Symbionten sind die sechs zu ganz verschiedener Zeit und mit ganz verschiedener Fütterung durchgeführten Versuchs-Serien in ihren Ergebnissen sehr einheitlich. Ohne daß es Überschneidungen gibt, liefert vegetarische Kost (Brot, Mangel-Diät sowie Hefe) stets kleinere Tiere (den Arbeitern der Termiten und Ameisen entsprechend). Ein Zusatz von Schaben-, Termiten- oder Mehlwurm-Fett bewirkt das Auftreten von größeren, breiten Tieren. Der Entwicklungsstoß ist am größten bei reiner Termiten- oder Mehlwurm-Ernährung (lfd. Nr. 15 und 16), wo *sämtliche* Tiere das Stadium III erreichten. — Daß auch Mangel-Diät, die *kein* Vitamin enthält, ein Wachstum zuläßt, weist darauf hin, daß die Vitamine von den Symbionten (Hefen) der Malpighi-Gefäße geliefert werden.

Tab. 5. *Blattella germanica*. Wirkung von Hefe.

Vergleich mit Versuchen von G. Fröbrich (in der Tab. mit Fr. bez.). Seine Tiere erhielten Mangeldiät (M.D.) ohne Vitamine, welche durch Hefezugaben ersetzt werden sollten. Das Larvenstadium seiner Tiere ist, da die Cerci nicht herangezogen werden konnten, nicht ganz genau festzustellen.

Aus der Tabelle ist außerdem ersichtlich, daß das Alter der jungen Blattellen aus dem Entwicklungsstadium nicht ersehen werden kann (vergl. z. B. lfd. Nr. 9 und 10 = zirka 6 Monate mit Nr. 7 und 8 = zirka 1½ Monate und lfd. Nr. 21 und 22 = zirka 6 Monate mit Nr. 19 und 20 = zirka 1½ Monate).

Lfd. Nr.	Kultur	Stadium	Alter (Beginn)	Versuchsdauer Tage	Größe in mm Länge:Breite	Fütterung
1	Ba 2	II	5 Tage	32	4:1,5	vegetarisch
2	Ba 3	II	5 Tage	32	4:1,5	vegetar. + Hefe
3	104 b	II	— —	30	4:1,8	vegetarisch
4	107	II	— —	23	5:1,8	vegetarisch
5	103 b	II	— —	30	5:2,0	Termiten-Konserven
6	106	II	— —	23	6,4:2,0	Termiten-Fett
7	Fr. 6	II/III	— —	40	5,5:2,0	M.D.
8	Fr. 5	II/III	— —	40	6,5:1,8	M.D.
9	B 2	III	5 Monate	21	5,5:2,8	vegetar. + Hefe
10	B 3	III	5 Monate	21	6,5—7:2,8	vegetarisch
11	Fr 8	III	— —	40	7,5:2,2	M.D.
12	Fr 4	III	— —	40	7,5:2,4	M.D. + Hefe
13	103 a	III	— —	30	7,0:3,0	Termiten-Konserven
14	Ba 4	III	— —	32	7,0:3,5	Termiten
15	27 a	III/IV	2 Monate	35	8,5:4,5	Schaben
16	39	III/IV	2 Monate	30	6,5:3,0	vegetarisch
17	Fr 4	IV	— —	40	7,5:2,4	M.D. + Hefe
18	Fr 7	IV	— —	40	8,0:2,4	M.D.
19	Fr 1/2	IV	— —	40	8,0:3,2	M.D. + Hefe
20	Fr 3	IV	— —	40	8,5:3,2	M.D. + Hefe
21	39	IV	5 Monate	30	8,3:3,5	Mehlworm
22	B 4	IV	5 Monate	21	9,0:3,5	Termiten

Der Einfluß von Vitamin T auf Gestalt und auf Gewohnheiten von Insekten. 207

Ergebnis: Die Durchschnittswerte der Tiere von *G. Fröbrich* sind mit Hefe 8,0:3,0 mm, ohne Hefe 7,0:2,1 mm. Die unmittelbar vergleichbaren Tiere

Fr $\frac{1}{2}$ = 8,0:3,2 mm und Fr 7 = 8,0:2,4 mm sowie

Fr 4 = 7,5:2,4 mm und Fr 8 = 7,5:2,2 mm

lassen vielleicht erkennen, daß hier, so wie bei anderen Versuchen, die Eiweiß-Komponente der Hefe eine gewisse Verbreiterung bewirkt. Die vegetarische Fütterung mit und ohne Hefe zeigt indessen keine derartigen Erscheinungen (lfd. Nr. 1—4), während Tiere, die mit Termiten-Fett (lfd. Nr. 6) oder Schaben (lfd. Nr. 15) gefüttert wurden, sofort aus der Reihe herausfallen.

Ein Vergleich der lfd. Nr. 13 und 6 zeigt weiterhin, wie die Fett-Komponente allein (Nr. 6) eine Vergrößerung, aber keine Verbreiterung bewirkt, die Eiweiß-Komponente (Nr. 13) dagegen eine Verbreiterung (ähnlich bei Nr. 14, wo ganze Termiten verfüttert wurden), vergl. hierzu lfd. Nr. 4 und 5.

Tab. 6. *Blattella germanica*. Kulturen 105—107. Breslau 1944.

Geschlüpft: 26. 4. 1944. Versuchsbeginn: 26. 4. 1944. Versuchsende: 19. 5. 1944.

Anfangsgröße: 4:1,5 mm. Stadium I.

Alter: Versuchsbeginn: 1 Tag. Versuchsende: 3 Wochen. Versuchsdauer: 3 Wochen.

Lfd. Nr.	Kultur	Fütterung	Länge in mm	Breite II. Thor-Segment in mm	Zahl der Cerei-Glieder	Stadium	Thorax
1	106a	Brot, Kart. + Termiten- „Fett“	6,5	2	7	II	hell, breit
2	106b		6,25	2	7	II	
3	106c		6,25	2	7	II	
4	105a	Brot, Kart. + Termiten- „Konserve“	5,25	2	7	II	dunkel, breit
5	105b		5,25	2	7	II	
6	105c		5	2	7	II	
7	107a	Brot, Kartoffeln	5	1,75	7	II	hell schmal
8	107b		5	1,75	7	II	
9	107c		5	1,75	7	II	

Ergebnis: Größte Tiere bei Zugabe von „Termiten-Fett“; d. h. Rückständen aus Alkohol, der seit 1908 über Termiten-Königinnen stand. Färbung bleibt heller, da kein Eiweiß. „Termiten-Konserve“, d. h. die aus dem Alkohol stammenden Termiten-Königinnen ergeben ebenfalls etwas größere dunkle Tiere. (viel Eiweiß). Am kleinsten bleiben die Tiere bei vegetarischer Ernährung (Brot, Kartoffel) ohne Zugabe. Zugabe von „Termiten-Fett“ bei einer Fütterung mit Schaben-Fleisch und -Fett ergibt keine besondere Vergrößerung gegenüber den Schaben-Tieren.

Insekten-Fett allein verursacht einen Entwicklungsstoß, (schnellere Häutung), aber nur geringe Körperverbreiterung;

Insekten-Eiweiß allein liefert ohne besondere Entwicklungs-Erregung und -Beschleunigung *breitere* Tiere.

Die *Kombination* beider Faktoren ergab dann wieder in kurzer Zeit, d. h. mit beschleunigter Häutung, große breite Schaben mit mächtigen Mandibeln, den Giganten und Soldaten der sozialen Insekten vergleichbar.

Die *Entwicklungs-Erregung*, für die künftigen Untersuchungen der wichtigste Vorgang, war also in den Stoffen der Insekten-Fette zu suchen, und es galt nun festzustellen, wie die Wirkung zustande kommt.

War es vielleicht die *Menge* der Fettsubstanz? Diese Frage mußte verneint werden; es blieb gleichgültig, ob man viel oder wenig Termiten als Zukost gab, oder ob man *daneben* noch Mehlwürmer oder Schaben reichte.

Es wirkte auch keineswegs *jedes* Fett; denn Erdnuß- oder Arachis-Öl, das als vitaminarmes oder vitaminfreies Fett Verwendung fand, verursachte niemals schnellere Häutungen oder Entwicklungsstöße. Die Schaben konnten bei Mangelkost, die größere Menge Arachis-Öl enthielt, allerdings ein wenig länger werden als

Tab. 7. *Periplaneta orientalis*. Kulturen 108, 109, 110.

Geschlüpft und eingesetzt am 26. 4. 1944 je 4 Tiere eines Kokons (Stadium I, 3 Cerciglieder). Zunächst wurde mit Brot und verschiedenen Termitenstoffen gefüttert, um zu sehen, ob eine Häufung besonders guten Erfolg erzielt. Dies war nicht der Fall; die Tiere entwickelten sich annähernd gleichmäßig.

a) Die annähernd gleichmäßig entwickelten Tiere wurden am 13. 6. 1944 so verteilt, daß die Durchschnittsgrößen überall gleich waren. Sie erhielten vom 13. 6. bis 1. 8. verschiedene Fütterung, vom 1. 8. bis 5. 10. nur noch Brot. Da keine Tiere starben, war Leichenfraß ausgeschaltet. Bei Eintritt der ersten Todesfälle wurden die Versuche abgebrochen.

Lfd. Nr.	Kultur	Fütterung	Durchschnittsgröße, Länge:Breite, II. Thoraxsegment in mm					
			26. IV.	13. VI.	10. VII.	17. VIII.	12. IX.	5. X.
1	110	Mehlwurm	3,8:1,5	7,9:2,9	13,0:4,4	17,0:6,0	18,0:8,0	20,0:8,0
2	109	Kons.II	3,8:1,5	7,9:2,9	10,4:3,6	12,5:5,3	16,0:7,0	18,0:7,0
3	108	Brot	3,8:1,5	7,9:2,9	8,9:3,2	11,3:3,3	16,0:6,0	16,3:6,0

Der Einfluß von Vitamin T auf Gestalt und auf Gewohnheiten von Insekten. 209

b) Am 22. 7. wurde das *größte* Tier einer jeden Kultur abgetötet. Die Tabelle zeigt Vergleiche von Einzeltieren gleichen Alters, aber verschiedener Entwicklungsstufen:

Lfd. Nr.	Kultur	Fütterung	Geschlecht	Größe in mm	Cerci-Glieder	Stadium	abgetötet	Kopf	Färbung
1	110a	Mehlwurm	♂	15,0:5,3	12/13	VI	22. VII.	groß	dunkel
2	109a	Kons.II	♂	12,0:3,8	11	V	22. VII.	mittel	dunkel
3	108a	Brot	♂	10,9:3,8	9/10	IV	22. VII.	klein	hell

c) Vergleich von Einzeltieren gleichen Entwicklungsstadiums, aber verschiedenen Alters, d. h. jüngere, die am 22. 7. und ältere, die am 5. 10. abgetötet waren.

1	110a	Mehlwurm	♂	15,0:5,3	12/13	VI	22. VII.	groß	dunkel
2	108b	Brot	♂	13,0:4,8	12	VI	5. X.	klein	hell

d) Die Nachwirkungen der nur 1½ Monate dauernden Mehlwurmfütterung waren noch 2 Monate später deutlich erkennbar (5. 10. 1944), und zwar nicht nur in den Durchschnittswerten, sondern auch dort, wo schließlich „Mehlwurm-Tiere“ von „Brot- und Konserven-Tieren“ eingeholt wurden:

1	110b	Mehlwurm	♂	20,0:8,0	12	VII	5. X.	groß, lang	dunkel
2	110c	Mehlwurm	♂	18,0:8,0	12	VII	17. IX.	groß, lang	dunkel
3	108c	Brot	♂	19,0:6,5	12	VII	5. X.	kleine kurz	hell

Die Köpfe der Mehlwurmtiere sind demnach bedeutend größer und auch länger. Es waren hier so wie bei den Termiten beim Zusammenwirken von Entwicklungsstoß und Eiweißnahrung „Schaben-Soldaten“ entstanden, welche diese Kennzeichen auch nach Aufhören der sie bewirkenden Fütterung beibehielten.

die Tiere, welche die aus Casein (15%), Reis-Stärke (70%), Osborn-Mendel-Salzmisch (5%), Arachis-Öl (3%) und H₂O (7%) bestehende Diät *allein* erhielten. Dies ist eben auf die größere Fettmenge zurückzuführen. Sie blieben aber stets zurück hinter den Periplaneten oder Blattellen, welche Termiten-Fett in gleicher Menge bekamen.

Das Termiten-, Schaben- und Mehlwurmfett enthält nun, wie die Analyse ergab, sehr viele *Sterine*, die dem Arachis-Öl *fehlen*.

Waren *sie* vielleicht für den Entwicklungsstoß verantwortlich zu machen? Nein; denn das sehr *sterinreiche Wollfett* ergab *keine* besonderen Ergebnisse. Es muß also im Termiten-, Schaben- und Mehlwurmfett ein *besonderer* Wuchs- oder Wirkstoff liegen, den es jetzt zu erforschen gilt.

4. „Termitin“ und ähnliche Insektine; „Hypomycin“ und verwandte Mycoine.

Von *chemischer* Seite aus ließe sich zunächst noch keine Klärung anbahnen; wohl aber ergaben sich aus biologischer Richtung neue Größen in dieser Gleichung.

Manche Ameisen, die südamerikanischen Attinen nämlich, sind Pilzzüchter und ebenso die höchstentwickelten Termiten (Metatermitiden), und in beiden Fällen ist die Vielgestaltigkeit in den Staaten besonders groß. Die Pilze der Ameisen konnten von mir nach meinem zweiten Aufenthalt in Südamerika genau identifiziert werden; es sind in der Hauptsache *Hypomyces*-Arten, die in einem Antagonismus zu *Mucor*; *Penicillium* u. a. stehen. D. h., sie entwickeln sich besonders gut auf bestimmten, von den Ameisen durch Bespeichelung günstig vorbereiteten Substraten, in der Hauptsache zerkauten Blättern, deren p_H -Werte den meisten anderen Pilzen nicht zusagen (*Goetsch-Grüger* 1942).

In dem Bestreben, gegen die für Südamerika so außerordentlich schädlichen Blattschneider-Ameisen vorzugehen, suchte ich nach weiteren antagonistischen Pilzen, welche die Nutzpilze der Attinen zu *vertreiben* vermöchten. Dies gelang auch. Ich fand einen *Vernichtungspilz* x, und daraus ergab sich eine ganz neuartige Bekämpfungsmethode („Angewandte Antibiose“). Durch diese Versuche drang ich tiefer ein in die Antagonismen, die zwischen Pilzstoffen und anderen Organismen bestehen.

Unter diesen Pilzstoffen oder Mycoinen ist jetzt zu Weltberühmtheit gelangt das *Penicillin*, ein Abbau-Produkt des Pilzes *Penicillium notatum*, das auf Bakterien hemmend wirkt, ähnlich wie die Sulfonamide. Solche Pilzstoffe werden daher jetzt auch in gleicher Weise angewandt. Bei den Mycoinen wird im allgemeinen nicht eine baktericide, d. h. bakterientötende Kraft angenommen, sondern eine bakteriostatische, welche das Wachstum und die Ausbreitung der Krankheitserreger *hemmt*. Mein Schüler Dr. *Nardi*

hat in einer Arbeit der Naturwissenschaften (1944) kürzlich den Wirkungsmechanismus genauer untersucht. Auch er fand, daß die Wachstumshemmung und der Verlust der Haemolyse nach Aufhören der Penicillinwirkung wieder aufgehoben werden kann. *Staphylococcus aureus*, das Haupttestobjekt für Penicillin, bildet dann wieder überwiegend normale Haufen-Coccen. Daneben treten aber auch vergrößerte oder zu Paaren oder kurzen Ketten angeordnete Coccen auf, und *Nardi* schließt daraus sowie aus anderen genauen mikroskopischen Befunden, daß das Penicillin zwar das Heranwachsen, d. h. die Vergrößerung der Coccen, nicht ganz verhindert, wohl aber die Teilungsfähigkeit an sich.

Um den Einfluß der Mycoine prüfen zu können, war es nötig, Pilzstoffe herzustellen. Die Methode, nach der wir während des Krieges in Breslau arbeiteten, ist aus Zusammenstellungen der Tab. 10 ersichtlich.

Ein Einfluß derartiger Roh-Mycoine ließ sich zunächst bei Protozoen feststellen. *Paramaecium*-Kulturen starben bei einem Zusatz von 5 Teilen Roh-Penicillin aus, Euglenen dagegen noch nicht bei 50%. Dann ging ich dazu über, die im Darm der Termiten lebenden Protisten zu beeinflussen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im ersten Heft dieser Zeitschrift wiedergegeben (S. 58—85).

Als ich diese Untersuchungen nun auf *Schaben* ausdehnte, deren Darmbewohner im allgemeinen unwichtig sind, machte ich die Beobachtung, daß die Darreichung mancher Pilzstoffe *günstig* wirkt. Bei älteren Tieren (Imagines) wird der Körper praller und glänzender, bei Larven die Zahl der Häutungen vermehrt. Auch Termiten zeigen einen besseren Zustand, sofern die Stoffe nicht die Symbionten schädigten. Diese ganz überraschende Förderung fand ich dann auch bei anderen Insekten: japanische Seidenspinner (*Antheraea pernyi*) ließen sich bei Hypomycin-Zusatz besser züchten als die nicht behandelten Kontrollen, Larven von Ameisen (*Lasius niger*) entwickelten sich schneller (Tab. 13), Ameisen-Königinnen legten mehr Eier (Tab. 12, 13) und Kornkäfer (*Calandra granaria*), die wir eigentlich durch Entfernung der Symbionten *bekämpfen* wollten, vermehrten sich doppelt so rasch als sonst (Tab. 11). Daß es sich dabei nicht vielleicht nur um die Zufuhr von Glukose handelte, die das Hauptsubstrat der Nähr-

Tab. 8. *Blattella germanica*. Versuch B 8—B 12. (8. 11. bis 6. 12. 1944.) Ausgangsformen Larvenstadium II; bis Versuchsbeginn (8. 11.) gemischt gefüttert. In jeder Kultur 7 Tiere.

Grundfütterung: Mangeldiät nach Fröbrich (Casein 15%, Reisstärke 70%, Osborn-Mendel-Salzgemisch 5%, Arachisöl 3%, H₂O 7%. Bis auf Arachisöl, welches als annähernd vitaminfrei gilt, sämtliche Stoffe ohne Vitamine). Der Mangeldiät wurden die untenstehenden Zusätze beigegeben, d. h. z. T. hinein gerührt.

Ifd. Nr.	Kultur	Zusatz- futter	Durchschn. Größe			Größtes und kleinstes Tier	Cerci- Glieder	Larven- Stadium	Tote	Todesrate
			8. XI. Ausg.- Größe	24. XI. 16.Tag	6. XII. 21. Tag					
1	B 11	Termi- Fett	4,5:1,5	5,9	6,5:3,5	7,5:3,5 6,5:3,5	7 6	III III	—	0%
2	B 10	Schab- Fett	4,5:1,5	4,9	6,5:3,0	6,5:3,5 6,5:2,5	6—7 6	III III	5	71%
3	B 9	Peni- cill.	4,5:1,5	5,0	6,3:2,8	6,3:2,8 6,3:2,8	6 6	III III	5	71%
4	B 12	Ara- chis	4,5:1,5	5,1	5,6:2,8	6,5:2,8 5,5:2,3	6—7 5	III II	3	43%
5	B 8	—	4,5:1,5	4,7	5,2:2,3	6,5:2,0 4,5:1,5	6 5	III II	2	30%

Bestes Ergebnis bei Zugabe von Termitenfett; da kein Tier starb, ist hier Leichenfraß ausgeschlossen. Bei den übrigen wurde vielleicht einmal eine tote Schabe angefressen, obwohl ich sie nach Möglichkeit entfernte (z. B. bei B 8, Ifd. Nr. 5). Bei dieser Kultur B 8 blieben 3 Tiere auf dem Ausgangsstadium stehen, während bei 2 die Häutung unmittelbar beobachtet wurde (22. 11.). Eine Untersuchung auf Symbionten (Hefe in Malpighi-Gefäßen) ergab folgendes: Alle Tiere des Stadiums II zeigten keine oder nur sehr wenig Symbionten, die des Stadiums III dagegen sehr viel, so daß auf dem Objektträger stets eine große Zahl im Gesichtsfeld erschien. Dort sproßte die Hefe auch, im Gegensatz zu den Tieren des Stadium II. Da Hefe nach Koch, Fröbrich und Offhaus das für die Insekten notwendige Vitamin B 1 = Aneurin enthält, ist die An- und Abwesenheit von Hefe für die verschiedenen schnelle Entwicklung verantwortlich zu machen, eine Erscheinung, die vielleicht auch sonst die Versuche gelegentlich beeinflusste. Trotzdem blieben aber auch die größten Tiere von B 8 (Ifd. Nr. 5) gegenüber denen mit Zusatzfütterung zurück, ein Zeichen dafür, daß es sich um einen weiteren Faktor handelt, welcher für die Entwicklungsbeschleunigung wichtiger ist. So hatte eine weit frühere Häutung eingesetzt bei Zugabe von Penicillium (15. 11.), (Kultur B 9, Ifd. Nr. 3) ebenso bei Termitenfett (Kultur B 11, Ifd. Nr. 1) und Arachisöl (Kultur B 12, Ifd. Nr. 4). Im letzteren Fall hatten sich zu dieser Zeit 3 Tiere gehäutet, so daß diese Kultur bis etwa 17. 11. an der Spitze stand. (Das verwandte Arachisöl ist, was auch aus anderen Versuchen hervorzugehen scheint, nicht ganz vitaminfrei. Auch Fröbrich und Offhaus hatten damit Wachstum erzielt, sie führten es auf den Gehalt von Sterinen zurück.

Der Einfluß von Vitamin T auf Gestalt und auf Gewohnheiten von Insekten. 213

Für die Versuche hier ist folgendes besonders wichtig:

Penicillium bewirkt so wie Schabenfett eine schnelle Häutung, aber wenig Vergrößerung (Faktor I = Entwicklungserregung). Die Tiere bleiben, was auch für andere Versuche gilt, trotz Häutung nach dieser ersten Entwicklungserregung auf dem früheren Stadium ungefähr stehen (vergl. auch Fröbrich). Die unter längerem Einfluß von Termiten- und Schabenfett stehenden Tiere häuten sich etwas später, werden aber größer (Faktor II = Körpervergrößerung). Hier wird auch die nächste Häutung beschleunigt; bei Termiten-Tieren war beispielsweise innerhalb eines Monats zweimal Häutung eingetreten, obwohl damit kein neues Larvenstadium erreicht wurde. Der 3. Faktor = Körperverbreiterung, an reichliche Eiweißnahrung geknüpft, tritt hier nicht besonders hervor.

(Bemerkenswert ist die geringe Todes-Rate bei Termiten-Zugabe; vergl. auch Tab. 19.)

Tab. 9 a. *Periplaneta orientalis*. Wirkung von Pilzstoffen im Vergleich zu einfacher Mangel-diät und mit Zugabe von Termiten-Fett.

Die Tiere, die Anfang Dezember 1944 aus den Kokons schlüpften, kamen zunächst in Tuben mit Filtrierpapier und wurden bis zum 22. 12. nicht gefüttert. In den letzten Tagen vor Versuchsbeginn wurde das Filtrierpapier auch nicht befeuchtet, so daß sie am 22. 12. sehr durstig waren. Die vitaminfreie Mangel-diät (nach G. Fröbrich, vergl. Tab. 8) wurde mit Wasser, oder mit Normal-Penicillin (= Pen. N.) oder mit abgekochtem Penicillin (= Pen. K.) angerührt. Beim Einsetzen in die Versuchs-Gipsnester fanden die Periplaneten sofort die Futternäpfchen und sofften sich zunächst etwa 20 Minuten voll; d. h. sie nahmen Penicillin in stärkerer Konzentration auf. Darauf wurde auch reichlich gefressen. Nach der Nahrungsaufnahme schwoll der Körper stark an, und war danach etwa 1 mm länger als vorher. Die in der Tabelle angegebenen Maße für die Anfangsgrößen beziehen sich auf ungefütterte Tiere.

Lfd. Nr.	Kultur	Fütterung (neben Mangel-Diät)	Anfangs- Größe	Durchschn. Größe nach dem Fressen	Größtes, kleinstes Tier	Durchschn. Größe	Gehäutet	
					3. I. 45 (n. 12 Tagen)		3. I. in 12 Tagen	8. I. in 17 Tagen
1	22	Pen. K.	6,1:2,1	7,0:2,1	7,5:2,5 7,5:2,5	7,5:2,5	100%	100%
2	21	Pen. N.	6,1:2,1	7,0:2,1	7,0:2,5 6,5:2,1	6,8:2,3	66%	100%
3	24	Termit.-Fett	6,1:2,1	7,0:2,1	6,8:2,8 6,5:2,1	6,7:2,8	50%	100%
4	24	Wasser	6,1:2,1	7,0:2,1	6,8:2,1 6,1:2,1	6,5:2,1	0%	66%

Ergebnisse: Zusatzfütterung von Pilzstoffen verursachte hier *schnellere Häutung*. Da die bactericiden Bestandteile der Mycoine durch Erhitzung sowie durch Verdauungssäfte zerstört werden, muß die Entwicklungserregung in Nebenprodukten oder in Umbaustoffen liegen.

Tab. 9b. *Periplaneta orientalis*.

Wirkung verschiedener Vitamin T-Präparate. Fortsetzung der Versuche der Tab. 9: Je 2 Tiere von Nr. 21 u. 24 konnten bis 27. 5. 1945 weiter beobachtet werden (d. h. insgesamt 6 Monate). Der Entwicklungsgang war folgender:

Tier	Nr. 21 A	B	Nr. 24 C	D
Anf. Dez. 1944	geschlüpft		geschlüpft	
22. Dez.	Penicillin; Größe 6,1 : 2,1 mm		Termitin; Größe 6,1 : 2,1 mm	
3. Jänn. 1945	gehäutet 6,8 : 2,3 mm		gehäutet 6,8 : 2,3 mm	
18. Jänn.	Penicillin		Termitin	
25. Jänn.	gehäutet 7,8 : 2,8 mm		gehäutet 8,3 : 3,3 mm	
4. Febr.	gehäutet 7,8 : 2,8 mm. A 7,8 : 2,8 mm B 7,8 : 2,8 mm		gehäutet 8,3 : 3,3 mm C 8,3 : 3,3 mm D 8,3 : 3,3 mm	
5. Febr.	hell, A 7,8 : 2,8 mm C 8,3 : 3,3 mm hell, dunkel,	hell, hell, dunkel,	dunkel B 7,8 : 2,8 mm D 8,3 : 3,3 mm hell dunkel	
6. Febr.	—	—	Termitin Termitin	
12. Febr.	A 7,8 : 2,8 mm C 8,3 : 3,3 mm		B 7,8 : 2,8 mm D 8,3 : 3,3 mm	
13. Febr.	—	—	Termitin Termitin	
2. März	A 7,8 : 2,8 mm, C 8,7 : 3,3 mm		B 8,3 : 3,5 mm, D 9,0 : 3,5 mm	
13. März	Stillstand der Entwicklung A 7,8 : 2,8 mm, C 8,3 : 3,3 mm		Erneute Entw.-Anregung B 9,3 : 3,5 mm, D 9,5 : 3,7 mm	
8. April	Stillstand	Häutung?		
27. Mai	A 7,8 : 2,8 mm, C 8,3 : 3,3 mm			
	Nach zwei- maligen kurz hintereinander erzwungenen Entwicklungsstößen	Zunächst durch Termitin zur Entwicklung angeregt; dann längerer Stillstand.	Wie bei A; Durch Termitin immer neue Entwicklung angeregt durch Termitin.	Durch Termitin immer wieder angeregt, ohne daß Stillstand eintrat, größtes Tier.
	3malige Häutung in 3 Wochen. Dann Entw.-Stillstand (4½ Mon.) Entw. abgestoppt (durch Imaginierung?) wie bei Termitenarbeitern.			
Färbung: Verhältnis Mandibel — zu Kopflänge: entsprechender Termiten-Typ:	Hell			
	25%	20%	36%	38%
	Arbeiter	Arbeiter	Soldat	Soldat

lösung für unsere Pilze bildet, zeigen Kontrollversuche, in denen Nährlösung allein geboten wurde. (Tab. 11, 13). Die günstige Wirkung beruhte, wie auch Versuche mit Plattwürmern (*Planaria maculata*) erwiesen, auf einer Anregung von embryonalen Elementen, d. h. bei Würmern der Regenerationszellen, bei Insekten der Imaginal-Scheiben oder der Ovarien, und damit steht nun auch im Einklang, daß die Arten der Insekten die *größte* Nachkommenschaft haben, welche Pilze züchten: Die Blattschneiderameisen und die höheren Termiten. Solche Termiten waren es ja nun gerade, aus denen sich die besten Entwicklungserreger gewinnen ließen, sodaß der Verdacht nahe liegt, es bestünden da *Zusammenhänge*. Diese können sich zunächst darin äußern, daß der *Stoffaufbau in den beiden Fällen gleich ist*. In der Tat trifft hier manches zu: Bei Insekten sowohl als auch Pilzen wird als Außenhülle *Chitin* abgeschieden, und eine solche Abscheidung gleichartiger Substanzen setzt naturgemäß auch einen ähnlichen Stoffwechsel voraus. Wie ähnlich die Abscheidungsprodukte von Attinen-Pilzen und den Larven der Ameisen sein müssen, geht daraus hervor, daß diese Tiere, die sich ja hauptsächlich durch chemische Reize leiten lassen, ihre Pilze genau so behandeln wie ihre Brut. Sie pflegen und bespeicheln sie dauernd und retten sie bei Gefahr; aber sie fressen sie auch in gleicher Weise, und werden bei der Brut nur durch die Bettelbewegungen der Larven gehindert, die den Fütterungsreiz auslösen. Solche zunächst sonderbar erscheinende Vorgänge sind auch bei den Vögeln bekannt, die ihre *nicht* bettelnden Jungen als fremd erachten und aus dem Nest hinauswerfen.

Weiterhin wäre denkbar, die Zusammenhänge lägen darin begründet, daß *gewisse Stoffe einfach weiter gegeben würden*. Daß derartige vorkommt, ist bekannt. Fettlösliche Vitamine, von oberflächlich lebenden Meeralgeln unter dem Einfluß des Sonnenlichtes gebildet, treten in Fetttröpfchen der Cyclopiden-Krebschen wieder auf, um dann über den Umweg von Fischen und Walen zum Lebertran und somit zu wichtigen Vitamin-Präparaten der Menschen zu werden. Pilz-Stoffe, wie das Muscarin aus dem Fliegenpilz, das bei sibirischen Völkern als Anregungs- und Berausungsmittel gilt, geht im Harn wieder ab und findet so gelegentlich noch einmal Verwendung. Die von den Ameisen-Pilzen in Tropfen abgegebenen gelbbraunen oder rötlich gefärbten Abbaustoffe sind regelmäßig in Massen im Kot der Blattschneider zu finden, und

die therapeutisch angewandten Pilzstoffe verhalten sich ähnlich: sie bleiben selbst bei subkutaner Injektion höchstens einige Stunden im Körper von Mensch und Tier (Maus, Katze). Penicillin,

Tab. 10. *Pilzstoffgewinnung* aus *Penicillium*, *Hypomyces* u. a. Ascomyceten-Nährlösung:

	g NaNO ₃
1	g KH ₂ PO ₄
0,5	g KCl
0.01	g Fe SO ₄ · 7 H ₂ O
40	g Glucose
	mit 1000 ccm aqua dest. auffüllen.

Nährlösung + Mycoine wurden gewonnen in

- Erlenmeyer-Kölbchen,
- besonderen, von Dr. *Offhaus* konstruierten Apparaturen, die ein vielmaliges Abfüllen der Lösung (auf optimalen Stand) gestattete.

Gewinnung:

Nährlösung wurde zunächst aufgearbeitet, d. h. auf p_H^2 angesäuert, mit 10% iger H₂PO₄, dann mit Äther 15 Minuten extrahiert. Hierauf der Äther abgetrennt und mit 10% iger Phosphatlösung durchgeschüttelt. Nach Abtrennung des Äthers wurde die das Penicillin u. a. Pilzstoffe enthaltende Phosphatlösung bei 40° auf dem Wasserbad eingedampft bis zur konzentrierten Lösung oder bis zur Trocknung.

Die Aufarbeitung wurde später fallengelassen, d. h. die Nährlösung, auf der die Pilze wuchsen, unmittelbar als Roh-Penicillin oder Roh-Hypomycin verwendet, u. zw. nach 5, 10, 15 und 20 Tagen Wachstum.

Bei 5 und 15 Tagen geringere Einwirkung als bei 10 Tagen. 10 Tage sind also das Optimum. Bei 20 Tagen meist keine Wirkung, da die Lösung zu alkalisch (etwa p_H 8).

Prüfung der Wirksamkeit:

Von den Kulturlösungen wurden fortlaufende Verdünnungsreihen hergestellt: 1 : 2, 1 : 4, 1 : 8, 1 : 16 bis 1 : 1048576, d. h. rund 1 : 100 000 (und mehr). Verwendet vorzugsweise Verdünnung

1 = 1 : 2
„ 5 = 1 : 32
„ 10 = 1 : 1024
„ 15 = 1 : 32768
„ 20 = 1 : ca. 1 000 000

Zu diesen Verdünnungen kam als Testobjekt *Staphylococcus aureus*, aus 3 Tage alter Schräg-Agar-Kultur, in 10 ccm Bouillon. Von dieser Bouillon gaben wir 0,2 ccm in die Pilzstoffverdünnungen; derartige Lösungen wurden dann nach 4, 8, 12, 24 und 48 Stunden auf Agar ausgestrichen.

Ergebnisse:

Staphylococcen wurden noch gehemmt
bei Penicillin nach 4 Stunden bei Verdünnung 1 : 1000 000

Der Einfluß von Vitamin T auf Gestalt und auf Gewohnheiten von Insekten. 217

bei *Hypomyces* nach 24 Stunden bei Verdünnung 1 : 1000
 bei Pilz X keinerlei Hemmung (höchstens bei 1 : 2
 nach 8 Stunden und mehr).

Umwandlung von Pilzstoffen:

Durch bestimmte Umwandlungsmethoden (insbesondere Erhitzen) ließ sich der bacteriostatische Faktor bei Pilzstoffen (Penicillin u. a.) restlos entfernen. Aus Penicillin wurde so durch Zerstörung des einen Faktors Penicin. Nach dieser Entfernung haben die gewonnenen Präparate eine anregende Wirkung und verursachten ebenso wie Termitin und Torutilin (= Vitamin T-Komplex) Entwicklungsstöße.

Prüfung der Wirksamkeit bei Vitamin T:

Als Testobjekte dienten Froschlarven (*Rana*, *Bufo*, *Bombinator*) und Larven der Taufliege (*Drosophila*).

Pilzstoffzucht auf Torula-Präparaten:

Da in der Nachkriegszeit Chemikalien für die Pilzzucht oft nicht erreichbar waren, wurde versucht, mit neuen Methoden zu arbeiten. Die brauchbarsten Pilzstoffe erhielt ich bei Zucht auf einer Ausschwemmung von Nährhefepräparaten aus *Torula*. Die Pilze wuchsen in der Flüssigkeit gut aus und die Mycoine hatten so wie in den Glucose-Lösungen nach 10 Tagen größte Wirksamkeit.

das ja auch durch einen gelben Farbstoff gekennzeichnet ist, tritt in solchen Fällen mit 20—70% im Harn wieder auf, sodaß man anfangs, als die Herstellung noch Schwierigkeiten machte, es von dort aus wieder restituierte. Es ist somit also durchaus möglich, daß auch Pilzstoffe in den Fettzellen der Insekten abgelagert werden (zumal da die biochemischen Verhältnisse hier wie dort ähnlich sind), und dann bei Verfütterung solchen Fetts aufs Neue eine Wirksamkeit äußern; vermutlich allerdings erst nach einem gewissen Um- oder Abbau.

Gewißheit darüber, daß diese in jeder Weise anregenden Stoffe wie eine Art von Katalysator wirken, ließ sich bisher noch nicht gewinnen. Fest steht jedoch, daß alle mit Penicillin, Hypomycin sowie mit den Termitenstoffen behandelten Tiere, wie wir später sehen werden, auch Kaulquappen und Mäuse, nicht nur körperlich besonders gut gedeihen, sondern auch viel lebhafter waren.

Nach dieser etwas weitläufigen Abschweifung, die aber nötig war, da man infolge der noch fehlenden Literatur die Kenntnis der Pilzstoff-Fragen nicht voraussetzen kann, kommen wir wie-

der zu den Entwicklungsvorgängen der Schaben, und müssen nunmehr folgendes feststellen:

1. Die *Häutung wird beschleunigt* durch Penicillin, Hypomycin u. a. Pilzstoffe, die einen Entwicklungsstoß, aber keine Körpervergrößerung hervorrufen. Sie wird auch durch Termitenfett beschleunigt, in diesem Falle aber *mit* Körpervergrößerung. Ursache hierfür ist das Fett an sich, denn Arachis-Öl, das selbst keine Häutungsbeschleunigung hervorruft, kann geringe Vergrößerungen bewirken, wenn es mit normaler Häutung zusammentrifft.

2. Die *Vergrößerung* des Körpers kann demnach auf der Fettzufuhr beruhen, da es ja, besonders bei Mangel-Diät, ein starker

Tab. 11. *Calandra granaria*, in Gerste gezüchtet, deren ganze oder halbierte Körner in Pilzstoffe eingeweicht waren.

Ergebnisse (= Zahl der Käfer) nach 3 Monaten. Versuche von H. Kaudewitz.

Lfd. Nr.	Kultur	Zahl	Körner	Befeuchtet mit	Käfer nach 3 Monaten	Verhältnis zur Ausgangszahl	Bemerkungen
1	P 1	10	halb	Penicill. 1 (Filtrat)	66	6,60	Entwickl. Zeit 31 Tage
2	P 2	10	ganz	Penicill. 1 (Filtrat)	50	5,00	
3	Hy	10	ganz	Hypomyc. 2 (Aufarbeit.)	59	5,90	
4	X 1	10	ganz	Pilz X 2 (Aufarbeit.)	45	4,50	Schädigung
5	Auf.	2	ganz	Aufarbeit. ohne Pilze	4	2,00	Tiere starben
6	K 1	10	halb	Kontrolle ohne Pilze	22	2,20	Entwickl. Zeit 40 Tage
7	K 2	10	ganz	Kontrolle ohne Pilze	19	1,19	Entwickl. Zeit 40 Tage

Ergebnis: Zugabe von Pilzstoffen vermehrt Nachkommenschaft; $\frac{1}{2}$ Körner, die mehr von den Stoffen aufnahmen, zeigten beste Wirkung, trotzdem die Tiere kleiner bleiben. Aufarbeitung ohne Pilze hat keine Wirkung (entspricht den Kontrollen). — Die Unterschiede gegenüber Kontrollen konnten geringer sein; z. B. war nach $3\frac{1}{2}$ Monaten die Zahl einer Kontrolle = 69, Penicill.

– 1 = 121, Penicill. 2 = 85, Hypom. = 84, Pilz X = 82.

Die Beschleunigung der Entwicklung von 40 auf 31 Tage bei Penicill. 1 erfolgte bei gleichen Bedingungen wie bei den Kontrollen (d. h. bei $22,5^{\circ}\text{C}$ und 60% Wasserdampf).

Kalorie-Spender ist. Es vermag naturgemäß nur dann zu wirken, wenn es mit Häutung zusammentrifft.

3. Die *Verbreiterung* des Körpers, und damit eine Proportionsveränderung, tritt, ebenfalls nur in Verbindung mit Häutung, lediglich bei genügender Eiweißernährung ein.

Die Ursachen dieser drei Vorgänge lassen sich demnach nunmehr herausarbeiten. Ihr Zusammentreffen bedingt dann bei den darauf ansprechenden Insekten die abweichenden Körperformen, deren Veränderungen so bedeutend sein können, daß man solche Tiere für eine besondere Art, Gattung oder sogar Familie halten würde, wenn man den Ursprung nicht wüßte. Und doch handelt es sich dabei um eine umweltbedingte Ausprägung, deren Ausmaß allerdings so groß ist, daß ich dafür eine besondere Bezeichnung, *Groß-Modifikation* nämlich, vorgeschlagen habe, um sie von den Normal-Modifikationen zu unterscheiden, die noch *daneben* vorkommen (*Goetsch 1943*).

Tab. 12. *Camponotus ligniperda*. Wirkung von Termitin auf gründende Ameisenweibchen. Krumpendorf Mai-August 1945. Die Tiere wurden auf dem Hochzeitsflug gefangen, und in Tuben mit Filtrierpapier gehalten, das zernagt und zum Verschluß der Öffnung verwandt wurde. Vor Versuchsbeginn wurden die schon vorhandenen Eier unter die Weibchen gleichmäßig verteilt.

Lfd. Nr.	Kultur	Zugabe	Ergebnisse (nach Versuchsbeginn)			63 Tagen
			4 Tagen	7 Tagen	21—25 Tagen	
1	T 6	Termitin	13—15 Eier	15 Eier	3—7 Eier 4 Larven I 1 Larve II 2 Larven III 4 Puppe	8 Larven II 1 Larve 3 Puppen 1 Imago
2	K 3	Wasser	13—15 Eier	13 Eier	3 Eier 8 Larven I	10 Larven II
3	A	Wasser	13—15 Eier	12 Eier	9 Eier 6 Larven I	2 Eier 11 Larven II

Ergebnis: Nach $3\frac{1}{2}$ Wochen waren bei Vitamin T-Zugabe schon die ersten Puppen, nach 2 Monaten die ersten Arbeiterinnen entstanden. (Normalerweise entstehen die ersten Arbeiterinnen bei *Camponotus* erst im folgenden Frühjahr).

Hier ergeben sich nun bei Schaben und Termiten insofern Unterschiede, als mit Erreichung der Groß-Modifikation des Soldaten die Entwicklung *abgeschlossen* ist, d. h. ein Termiten-Soldat des Stadiums IV, V und VI entwickelt sich ebenso wenig weiter wie ein vollentwickeltes Insekt (Imago), während bei den Schaben ein Gigant dieser Stadien es bis zur Nymphe (Stadium VII) und zur ausgebildeten Imago (Stadium VIII) zu bringen vermag. Es scheint indessen aber auch hier möglich, die Entwicklung abzustoppen, und zwar dadurch, daß man durch Darreichung von Termitin und Pilzstoffen eine zweimalige Häutung kurz hintereinander erzwingt; d. h. das künstlich hervorruft, was bei den Termiten während der Ausbildung der Soldatenform über den „Vorsoldaten“ natürlicherweise zu finden ist (Tab. 9).

Weniger weit als bei der Klärung der biologischen Vorgänge, welche bei der so verschiedenen Formausprägung mancher Insekten eine Rolle spielen, sind wir leider bei der chemischen Seite. Denn auch durch die Gleichsetzung von Termiten- und Pilzstoffen war nicht viel gewonnen, da die Chemie der Penicilline noch recht im Dunkeln schwebt. Nach *Wallenfels* (1945) ist Penicillin, d. h. die Abbaustoffe von *Penicillin notatum*, eine starke zweibasige Säure. Sie enthält weiter zwei Hydroxyl-Gruppen, eine Keto-Gruppe und einen Lacton-Ring. Durch Chromsäure-Oxydation wurden mindestens 5 C. CH₃-Gruppen nachgewiesen. Penicillin soll der hydroaromatischen Reihe angehören. Durch Einwirkung von Diazomethan-, äthan- und -butan auf Penicillin wurden die Methyl-, Äthyl- und Butylester gewonnen. Andererseits wurden auch die Hydroxyl-Gruppen mit Essigsäure verestert. Neben Eigenschaften einer normalen Aminosäure wurden auch solche gefunden, die charakteristisch für Ascorbinsäuren sind. „Die Konstitution von Penicillin ist somit nach der uns vorliegenden Literatur noch vollständig ungewiß, und auch die Brutto-Formeln müssen mit großem Vorbehalt angegeben werden“ (*Wallenfels*)¹⁾.

Dazu kommt noch folgendes: Das, was am Penicillin für die Medizin das Wichtigste ist, die bakteriostatische Wirkung nämlich, geht nach allen vorliegenden Berichten sowie nach eigenen Untersuchungen sehr leicht verloren. Schon eine Erwärmung über 40°

¹⁾ Nach Meldungen während der Korrektur ist jetzt die Konstitutionsformel für Penicillin gefunden und die Synthese geglückt.

Tab. 13. *Lasius niger*. Einfluß von Vitamin T-Präparaten auf gründende Weibchen, die in Filtrierpapier gehalten wurden.

Zugabe der Stoffe 3 mal in 10 Tagen.

Versuche Breslau (1944). (I. v. Keiser) und Krumpendorf (1945) (W. Goetsch).

Lfd. Nr.	Kultur	Zahl der ♀♀	Herkunft	Filtrierpapier befeuchtet mit	Durchschnittszahl der			
					Eier nach 10 Tagen	Eier nach 1 Monat		
1	11,12	2	Krumpendorf 1945	Termitin stark	22,5	} 20,0	7,5	} 5,0
2	13,21	2	Krumpendorf 1945	Termitin schwach	17,5		2,5	
3	Hy 2	2	Kärnten 1944	Hypomycin stark	} 17,0	} 4,8	5,0	} 4,8
4	Hy 1	2	Schlesien 1944	Hypomycin schwach			17,0	
5	P 2	5	Schlesien 1944	Penicillin stark	} 14,0	} 3,4	3,4	} 3,4
6	P 1	4	Schlesien 1944	Penicillin schwach			14,0	
7	15,16	2	Krumpendorf 1945	Nähreiweiß, H ₂ O-Ausschw.	17,5	} 17,5	4,5	} 4,5
8	15,16	2	Krumpendorf 1945	Backhefe, H ₂ O-Ausschw.	17,5		4,5	
9	Nä	4	Schlesien	Glucose-Lös. ohne Pilze	12,5	} 13,8	2,8	} 3,1
10	11,13	10	Schlesien u. Krumpendorf	Wasser ohne Pilze	15,0		3,3	
11	X 2	4	Schlesien 1944	Pilz-X stark	} 9,0	} 0,6	0,3	} 0,6
12	X 2		Schlesien 1944	Pilz-X schwach			9,0	

S'a 42 Tiere (Bei lfd. Nr. 3, 6, 11 waren die Eier nicht gezählt worden)

Ergebnis: Termitin und Hypomycin hatten die beste Wirkung. Bei Penicillin, das unbehandelt gereicht wurde, überdeckt vermutlich die nicht entfernte bacteriostatische Komponente die günstige Wirkung. Glucose-Lösung hat keine Wirkung. Pilz X hemmt stark; ganz analog den Ergebnissen bei Blattschneider Ameisen, wo er als Antagonist für den Nutzpilz *Hypomyces* auftritt.

hebt sie völlig auf und Magensaft zerstört sie ganz. Wenn wir nun Insekten oder, wie wir noch sehen werden, Kaulquappen und Mäuse mit Pilzstoffen füttern und doch eine entwicklungsregende Wirkung haben, kann diese eigentlich gar nicht auf die Komponente zurückgeführt werden, die bakterientötend oder hemmend ist. Es ließe sich allerdings auch hier ein Antagonismus annehmen, der-

art, daß die Wirkung auf Einzeller, so wie *Nardi* angibt, teilungshemmend und schädlich ist, bei Embryonal-Elementen höherer Tiere dagegen teilungsfördernd und damit günstig. Scheint es doch eine Anzahl organischer Gifte zu geben, deren dauernde Aufnahme in ganz geringen Dosen sogar für manche Lebewesen notwendig ist, (das, was *Fahrenkamp* als *Funktionine* bezeichnet). Dieser Annahme steht aber mancherlei entgegen. Zunächst hemmt reines Roh-Penicillin auch die Teilung (Furchung) von Frosch-Eiern. Weiterhin treten die bereits erwähnten Abbaustoffe in den Pilzgärten der Ameisen, besonders bei Anwesenheit fremder Pilze, aus den Mycelien als dunkel gefärbte Tropfen aus und wirken unzweifelhaft *hemmend*. Genau so aussehende und riechende Tropfen geben aber auch die Ameisen, die ja fast ausschließlich von den Hyphen leben, aus dem After ab, werden dann als düngender Kot verwandt und *fördern* das Wachstum.

Dies weist wohl darauf hin, daß es sich bei den *fördernden* Faktoren um etwas *anderes* handelt, um Begleitstoffe vielleicht oder aber um Abbau- und Umbaustoffe der Mycoine, die erst bei Erhitzung oder bei Durchgang durch den Magen in Erscheinung treten. Eine Anzahl von Versuchen erhärten diese Annahme. Junge Schaben (hier wie meist Tiere ein und desselben Kokons) wurden mit normalen sowie mit erhitztem oder gekochtem Penicillin gefüttert. Um zu sehen, ob sie es auch wirklich in größerer Menge aufnehmen, und den Einwand auszuschalten, daß eine Tränkung der Brotstückchen oder anderer Nahrung den Stoff von vornherein verändert, ließ ich die Tiere erst einige Tage hungern und zuletzt auch dürsten, so daß sie sich sofort, und zwar minutenlang, gründlich vollsoffen. Das gekochte oder anderweitig umgewandelte Roh-Penicillin, nach einem solchen Umbau von mir „Penicin“ genannt, brachte die *stärkste* Wirkung hervor. Hier häuteten sich innerhalb von 10 Tagen 100%, bei normalem Penicillin 66%, bei Termiten-Fett 50%, während die Schaben ohne Zukost unverwandelt blieben. Erst nach weiteren 10 Tagen waren auch sie erstmalig gehäutet; (alle *erneut* mit Penicillin und Termiten gefütterten Schaben hatten dagegen zu dieser Zeit bereits die *zweite* Häutung hinter sich, die sonst erst viele Wochen später eintritt). Sie maßen infolgedessen auch nur 7 mm gegenüber 8—8,3 mm der Penicillin- und 8,5 mm der Termitin-Tiere (Tab. 8 und 9).

Eine das Wachstum oder auch nur das Wohlbefinden höherer Organismen *fördernde* Wirkung von Pilzstoffen wurde, soweit ich die Literatur übersehe, bisher noch *nicht* erwähnt, obwohl meines Erachtens manche *heilende* Eigenschaften der Mycoine gerade darauf zurückzuführen sind. So soll „Patulin“, das sich aus Kulturlösungen von *Penicillium patulum* sehr gut isolieren ließ und chemisch auch am besten bekannt ist (Bruttoformel $C_7H_6O_4$), für den Verlauf des Schnupfens *günstig* sein. Gegen den Erreger, einen Virus, bleibt es in den Atmungsorganen des Menschen wirkungslos, hemmt aber nicht nur verschiedene Pilze, sondern auch *Staphylococcus aureus*, allerdings nicht in solchen Verdünnungen wie andere Mycoine (als Filtrat z. B. nur in Konzentration 1:100, gegenüber unserem Breslauer Hypomycin bei 1:1000 und Penicillin 1:1000000).

Gibt es nun vielleicht schon irgendwelche Hinweise dafür, wie man sich den Umschlag von ungünstig-hemmender zu günstig-fördernder Wirkung der Pilzstoffe vorstellen könnte? Es ist dies naturgemäß eine Frage, die mit dem Aufbau der Mycoine eng zusammenhängt, von dem man ja noch so wenig weiß; und daher kann auch das, was *vielleicht* in diese Richtung weist, nur eine ganz vage Hypothese sein.

„Das einfachste antibacteriell wirksamste Stoffwechselprodukt zahlreicher Mikroorganismen ist das *Wasserstoffperoxyd*. Es entsteht überall da, wo die gelben Fermente im Stoffwechsel der Kohlehydrate und Eiweißstoffe eingreifen“ (*Wallenfels*). Es wurde daher auch von verschiedenen Seiten vermutet, daß derartige bei Penicillin eine Rolle spielt; wird biogenes H_2O_2 doch nicht nur bei der Autoxydation der hydrierten Stufe der Flavin-Enzyme, sondern auch noch durch andere Autoxydationsvorgänge geliefert. Antibacteriell sind derartige Stoffe aber nur dann, wenn keine Katalase vorhanden ist, welche ein O aus dem H_2O_2 abspaltet und so die Wirksamkeit aufhebt. So ist das aus *Penicillium notatum* von einer englischen Forschergruppe gewonnene „Notatin“ (eine Glucose-Oxydase) nur bei Anwesenheit von Sauerstoff und Abwesenheit nennenswerter Mengen von Katalase brauchbar. Ähnlich scheint es mit dem „Penatin“ und dem „Penicillium B“ zu sein (*Wallenfels*).

Nun ist aber überall im höheren Organismus Katalase in genügenden Mengen vorhanden, und so mag es kommen, daß

damit die bacteriostatische Eigenschaft unserer Mycoine ebenso verloren geht wie bei Erwärmung. Wird doch in beiden Fällen das Präparat verändert, in der Hauptsache durch das Freiwerden von Sauerstoff aus dem Wasserstoffperoxyd. Damit stimmt auch überein, daß manche Mycoine bildende Pilze die Färbung anderer Organismen (wie Hefen und Bakterien) oder deren Abscheidungen verändern, d. h. selbst oxydierend wirken, oder aber die Autoxydation beschleunigen, die ja bei vielen Organismen die Chromogene in Pigmente verwandelt (z. B. Bräunung angeschnittener Äpfel, Kartoffel u. a. m.). Ist nun vielleicht einfach der freiwerdende Sauerstoff die Ursache dafür, daß Gewebelemente höherer Tiere anoerregt werden? Dem widerspricht aber, daß auch das erhitzte und gekochte Penicillin die fördernde Wirkung hat. Die Verhältnisse sind also sicher komplizierter. Immerhin mag aber dabei dem abgespaltenen Sauerstoff mittelbar durch die damit verbundene Umbildung der Mycoine eine Rolle zufallen.

Daß auch bei den „Termitinen“ ähnliches angenommen werden muß, geht aus einer Anzahl von Beobachtungen und Versuchen hervor. So werden Kaulquappen bei Fütterung mit Schaben sehr dunkel. Weiterhin ist die erwähnte „Imaginisierung“ der Termiten-Soldaten ja in weitem Maße mit einer Verdunklung gerade der Teile verbunden, die von dem Entwicklungsstoß am meisten betroffen werden, d. h. Kopf und Thorax, und die künstlich erzeugten „Schaben-Giganten“ sind stets stärker oder mindestens früher pigmentiert als ihre kleineren Geschwister. Um die dabei zu beobachtende größere Geschwindigkeit besser erfassen zu können, setzte ich dann gemeinsam mit meinem Schüler, Dr. Groschke, in Tharandt Versuche mit Borkenkäfern (*Ips typographus*) an, bei denen die allmähliche Schwärzung der geschlüpften Imagines unter natürlichen Verhältnissen 3 bis 6 Wochen dauert. 50—60 helle Jungkäfer (deren genaues Alter allerdings nicht bekannt war), kamen auf Rindenstücke von Fichten, die ganz dünn mit Termitenfett eingerieben wurden. Schon nach Verlauf von einer Woche war bei der einen Versuchsserie die Mehrzahl deutlich dunkler als die Käfer ohne Termitenfett. Genaue Zahlenverhältnisse ergaben sich beim Ausschwärmen der Käfer zwölf Tage nach Versuchsbeginn: Von 20 „Termitenfett-Tieren“ fing ich neunzehn beim Abflug weg (= 95%), von den 20 Kontrollen nur vier (= 20%). Alle waren dunkel gefärbt, die in den Rindenstücken

verbliebenen dagegen noch hell. Von je zwölf gestorbenen Tieren zeigten 6 (= 50%) eine deutliche Schwärzung gegenüber zwei (17%) der Kontrolle. In einem anderen Versuch (je fünfzehn Tiere) waren von neun Überlebenden *mit* Termitenfett fünf (66%) dunkel, gegenüber 0% der nicht behandelten Tiere. Dies alles spricht jedenfalls dafür, daß bei Entwicklungsstößen durch „Termitin“ eine beschleunigte Oxydation ebenso in Frage kommen kann wie bei den später noch zu erwähnenden Pilzen.

Da die Chemie der Pilzstoffe vorläufig noch nicht abgeschlossen ist, müssen wir uns begnügen, sie so zu benutzen wie wir sie vorfinden. Es gilt also weiterhin zunächst, biologische Methoden anzuwenden, um zu sehen, wo überall Wirkungen der Pilz- und Termiten-Stoffe auftreten. In Breslau wurden daher alle möglichen Organismen mit unseren verschiedenen Präparaten behandelt, wobei die Ergebnisse zunächst nicht immer eindeutig waren. Durchgehend zeigte sich, daß die Termiten- und Schabenfette günstig, d. h. entwicklungserregend wirken, auch bei *Staphylococcus aureus*, der durch die bakteriostatische Wirkung des Penicillins *gehemmt* wird. Diese hemmende Wirkung muß ja auch in den aus Organismen extrahierten Fetten fehlen, und die Gewebsreste liefern den Coccen, so wie auch in den Wunden, einen günstigen Nährboden. Gehemmt wurden durch Schaben- und Termitenstoffe dagegen die Pilze der Gattung *Aspergillus*. Hier sind vielleicht die antibiotischen Wirkungen in ungünstigen pH-Werten zu suchen, die ja schon bei dem Antagonismus zwischen Ameisen-Pilzen erwähnt wurden (Goetsch-Grüger 1942). *Aspergillus* kommt nämlich auch in den Ameisen-Mistbeeten nicht auf. Übereinstimmend damit ist, daß *Hypomyces*- und *Fusarium*-Arten, die Nutzpilze der Ameisen, von Schabenfett günstig beeinflusst wurden, und ebenso der von mir herangezüchtete Vernichtungspilz, während *Mucor*- und *Penicillium*-Arten, die als niedergehaltene Begleitpilze bei den Mistbeeten der Ameisen eine Rolle spielen, zunächst nur geringe Förderung erhielten. Später wuchsen allerdings die Penicillien, mit Ausnahme von *Pen. luteum*, wieder besser als die Kontrollen. Bemerkenswert war bei diesen Versuchen endlich das Auftreten farbiger Tropfen, die gleiche Erscheinung also, die wir beim Konkurrenzkampf in Ameisen-Mistbeeten fanden.

Um noch etwas tiefer in die Natur der Pilzstoffe einzudringen, unternahm ich in Tharandt, z. T. in Zusammenarbeit mit

Herrn Prof. Dr. *Bavendamm*, eine Anzahl von Versuchen mit Holzzerstörern und Bläue-Pilzen, welche die früheren Ergebnisse ergänzten und erweiterten. Bei Zugabe von Termitin zu Pilz-Kulturen gab es im allgemeinen zunächst eine Hemmung. Sie trat aber in gleicher Weise bei Arachisöl auf, das zur Kontrolle herangezogen war. Der durch die fettige Substanz an sich entstandene Stillstand wird aber dann überwunden und das, was in die Augen fällt, ist eine Wachstumsförderung, zunächst allerdings nur im Vergleich zum Arachis-Öl; d. h. die Anregung überwiegt die immer noch vorhandene Hemmung. Später sprang das gesteigerte Wachstum aber manchmal schon auf weite Entfernung in die Augen. Aber auch da, wo von dem gesteigerten Wachstum äußerlich weniger zu sehen war, ergab das mikroskopische Bild eine Füllung der Mycelien mit Nähr-Agar, während außerhalb der Termitin-Zone Lufthyphen überwogen und außerdem starke Conidien-Bildung eintrat. Das Gleiche galt für *Penicillium*-Kulturen, die außerdem das Wachstum mit und ohne Wirkstoff schön zu vergleichen gestatteten. Die Ringe der Einsporn-Kolonien erreichten auf Normal-Agar in zwei Wochen einen Radius von 24 mm, in drei Wochen von 28 mm, auf Termitin-Agar dagegen von 27 und 40 mm. Es wurden demnach, so können wir zusammenfassen, durch den im Termitenfett liegenden Wirkstoff die Mycelien der verschiedensten Pilze veranlaßt, mehr Nährstoff aufzunehmen und sich nicht in *Luftmycelien* und *Conidien* zu verwandeln. Für diese beiden Bildungen gibt es demnach Hemmungen, und dies kann äußerlich so aussehen, als ob insgesamt eine Hemmung vorläge. Die *Substrat-Hyphen* dagegen erfahren eine Förderung, und ihre Anfüllung mit Nährstoffen, die sie glasig und durchsichtig erscheinen läßt, ist naturgemäß ein Zeichen für bessere Ernährung, so daß auch hier das gleiche Resultat gewonnen werden konnte wie bei Tieren.

Daß ein gesteigerter Stoffwechsel vorliegt, zeigt außerdem die stärkere Ausbildung von Pigment bei manchen Pilzen (*Lophodermium* u. a.), analog wie bei den Insekten. Es läßt dies auf eine stärkere Oxydation schließen. Eine Umfärbung der Chromogene in Pilzen tritt aber auch durch Mycoine ein, und ist, wie übrigens schon *Tubeuf* (1903), *Harder* (1911) u. a. (s. *Bavendamm*) erwähnen, beim Zusammentreffen von manchen Pilzmycelien zu beobachten. Auch bei unseren Tharandter Versuchen zeigte sich

diese Erscheinung, u. zw. im Zusammenhang mit anfänglicher Hemmung mancher Holz-Zerstörer durch Penicillien und durch Bläue-Pilze. Später wachsen diese Pilze dann auf Penicillien-Kolonien meist rascher als auf Normal-Agar, und nach gekochtem Penicillium (= Penicin-Wirkung) streben sie sogar hin. Dies steht wieder ganz im Einklang mit den Breslauer Schaben-Versuchen und erhitztem Penicillin (= Penicin). Aber auch der Wirkungsumschlag älterer Penicillium-Kolonien findet eine Erklärung durch Breslauer Versuche; konnte doch Dr. *Offhaus* sehr schön in Kurven festlegen, wie Abschwächung und Verlust der bakteriostatischen Komponente von einem Umschlag der p_H -Werte begleitet ist. Das Optimum der Hemmung durch Penicillin liegt bei p_H6 , um bei p_H8 zu verschwinden. Da zu dieser Zeit auch Stickstoff-Verbindungen auftreten, wird nunmehr allem Anschein nach neben Entwicklungsbeschleunigung auch bessere Ernährung geboten.

Von praktischer Bedeutung wurden unsere Versuche, verschiedene Hefen anzuregen, besonders *Torula utilis*, die von der Nahrungsmittelindustrie in weitem Maße zu „Hefeflocken“, „Nährhefe“, „Nähreiweiß“ u. dgl. benützt wird. Die Entwicklungsanregung erfolgte hier nicht durch Termitin, sondern durch Penicillin, bezw. das umgewandelte Penicin, u. zw. merkwürdigerweise besonders gut durch starke Konzentrationen. Das Gleiche gilt für eine *Torula* aus Kephir sowie für *Rhodotorula rubrum*. Diese Hefen haben neben der praktischen Bedeutung noch ein besonderes Interesse: nach Literaturangaben produziert *Rhodotorula* die eine Komponente des Aneurins, d. h. des Vitamins B_1 (Thiazol), während die andere (Pyrimidin) von *Mucor*-Arten produziert wird (*Mucor ramianus*). Bei einem Zusammentreffen dieser zwei Organismen wird Aneurin gebildet, das dann beide günstig wachsen läßt. Vielleicht tritt Ähnliches auch bei unseren Versuchen auf; d. h. es wird das Fehlende für ein Vitamin nachgeliefert. Daß die Vitamine der B-Gruppe für die Insektenentwicklung unbedingt nötig sind, zeigten schon Versuche meiner Mitarbeiter *A. Koch*, *G. Fröbrich* und *K. Offhaus*, die auch nachwiesen, daß diese Vitamine bei vitaminfreier Mangeldiät durch Hefezusatz geliefert werden können. Es lag nun nahe, die neuen Wirkstoffe einfach mit Vitaminen der B-Gruppe gleichzusetzen. Dies ist aber nicht möglich; denn eine Verfütterung von Back- und Bier-Hefe gab niemals einen Entwicklungsstoß. Bei Schaben konnte allerdings eine Kör-

perverbreiterung eintreten, die wir aber ja jetzt auf die Eiweißkomponente der Nahrung zurückzuführen haben (Tab. 5). Nun entwickeln sich bei *Fröbrich* sowohl wie bei mir die Schaben auch bei Mangelkost ohne alle Vitamine weiter, und es ließ sich jetzt auch feststellen, warum: sie enthalten nämlich oft in den Malpighischen Gefäßen Hefen in lockerer Symbiose, manchmal mehr, manchmal weniger. Alle Schaben nun, die sich trotz Mangelkost häuteten, zeigten bei unseren Versuchen viel Hefen in den Malpighi-Gefäßen; bei denen die Häutung unterblieb, fehlten sie fast ganz (Tab. 8). Daß es gelang, *Torula utilis* und *Rhodotorula rubrum* in den Schaben anzusiedeln, und damit eine neue Symbiose zu konstruieren, deren Hefen sich sogar in der Nachkommenschaft nachweisen lassen, wurde im Heft 1/2, S. 58—85 dieser Zeitschrift schon erwähnt (*Goetsch* 1946).

Für unsere Untersuchungen ging aus alldem hervor, daß Vitamine der B-Gruppe zwar für die Entwicklung nötig sind, aber nicht mit den neuen Wirkstoffen identisch sein können, da sie eben bei Schaben immer mehr oder weniger vorhanden sind und eine Zufuhr auch in Gestalt von Back- oder Bierhefe keinesfalls die Wirkung von Termitin oder Pilzstoffen besitzt (Tab. 5).

Die Vitamin B-Gruppe zerfällt bekanntlich in zwei Hauptfaktoren, in Vitamin B₂, welches für das Wachstum nötig ist, und in B₁, das etwas mit dem Kohlehydrat-Stoffwechsel zu tun hat: da, wo viel Mehlspeisen gegessen werden, ist der Bedarf an B₁ größer, denn es gibt keinen absoluten Maßstab für diesen Wirkstoff. Eine Kohlehydrat-Umsetzung spielt nun auch bei den Schaben eine große Rolle. Deshalb ist es verständlich, daß sie Vitamin B₁ brauchen; eine Ansiedlung von Hefen mit B₁ oder mit Teilen von B₁ ist für sie günstig. Der neue Vitamin T-Komplex hat aber, wie die schon besprochenen Ergebnisse zeigen, etwas mit dem *Eiweiß-Stoffwechsel* zu tun; er vermag allem Anschein nach die Proteine, die niemals im Organismus völlig ausgenützt werden, besser zu verbrennen. Alles dies spricht dafür, in Vitamin T etwas anderes zu sehen als etwa nur einen neuen Faktor des B-Komplexes, zumal da Back- und Bierhefe, die beide den B-Komplex enthalten, niemals die Wirkung von Termitin oder von Pilzstoffen besitzt.

5. „Torutilin“ und andere Hefepräparate.

Eine wesentliche Klärung der immer noch recht wenig überschaubaren Verhältnisse wurde durch die Einführung zweier neuer Faktoren gewonnen: durch Benützung von Hefepräparaten der Nahrungsmittelindustrie als Ausgangsmaterial für die Wirkstoffe, und durch Heranziehung von *Drosophila melanogaster* als Testobjekt.

Die Bedeutung von Hefepräparaten für menschliche und tierische Ernährung wurde in den Kriegszeiten immer mehr erkannt. Ganz verschiedenartige Organismen dienten dabei als Ausgangsmaterial. Neben Back- und Bier-Hefen verwandte die Nahrungsmittelindustrie *Turolo utilis*; aber auch Mycelien niederer Pilze, wie *Oidium lactis*, konnten als Ausgangsmaße dienen.

Zu meinen ersten Versuchen benützte ich Hefeflocken unbekannter Herkunft. Sie wurden in bestimmter Weise mit Wasser und später mit verschiedenen Alkoholen extrahiert, und die Ausschwemmungen dann verfüttert oder dem Wasser der Versuchstiere zugegeben. Als Testobjekte dienten dabei zunächst Larven von *Amphibien*, in der Hauptsache von *Rana temporaria* (Grasfrosch), von *Bombinator pachypus* (Feuerunke) und von *Salamandra maculosa* (Feuersalamander). An ihnen ließ sich bereits vorher zeigen, wie meine neuen Stoffe wirkten; als *Anreger der Assimilation* nämlich.

Die Bombinator-Larven verlassen die Eihüllen recht spät. Die äußeren Kiemen sind dann schon fast ganz geschwunden und die Dotterreserven aufgebraucht. Bei Zusatz der neuen Wirkstoffe zum Wasser wurde dieser Vorgang, dessen Ablauf sich schon normaler Weise in sehr kurzer Zeit abspielt, noch wesentlich beschleunigt; die Abb. 2 meiner ersten Arbeit in dieser Zeitschrift (S. 51) gibt davon eine Vorstellung. Bei Larven von *Rana* läßt sich die fortschreitende Entwicklung daran erkennen, daß die jungen Kaulquappen, hier noch mit äußeren Kiemen, zur Wasseroberfläche aufsteigen und sich dort festheften. Ein Zusatz von Termitin oder Penicin bringt auch hier eine Beschleunigung; ein Zusatz von Back- oder Bier-Hefe-Ausschwemmungen bewirkt keine Änderung gegenüber Larven in reinem Wasser. Wasserausschwemmungen von Hefeflocken beschleunigten dagegen das Aufsteigen. Die Fortsetzung der Versuche an älteren Kaulquappen zeigte ebenfalls posi-

tive Resultate; d. h. die Tiere steigen so, wie es die Kurve der Abb. 1 (S. 50) dieser Zeitschrift veranschaulicht, viel öfter zur Oberfläche, um Luft zu holen. Ich prüfte in der Folgezeit Hefe- und Pilzpräparate der verschiedensten Herkunft. Beinahe überall ließ sich bei Wasserausschwemmungen eine ähnliche Wirkung feststellen, auch bei denen von Nähreiweiß nach *Bergius*, das später fast ausschließlich verwandt wurde.

Das Ausmaß der Wirkung blieb bei solchen Wasserausschwemmungen allerdings hinter Termitin und Penicin zurück. Wenn wir nämlich das Ergebnis von Zählungen, die zu den verschiedensten Zeiten und an den verschiedensten Gruppen ausgeführt wurden, zusammenrechnen, so überschneiden sich die Werte nicht, sofern wir Termitin-Tiere und Reinwasser-Tiere miteinander vergleichen. Die Zahlenwerte für das Aufsteigen zur Oberfläche bewegen sich zwischen 5,3—3,5 mal in der Minute für die mit Wirkstoff angeregten und zwischen 1,9—0,7 mal für die nicht angeregten Tiere. Die mit Wasserausschwemmungen von Nähreiweiß behandelten Kaulquappen stehen dagegen in der Mitte (3,8—1,7 mal). Es gibt also Überschneidungen nach oben und unten. Als ich dann diese Frage an den ebenfalls sehr gut reagierenden Salamanderlarven prüfte, war das Ergebnis ebenfalls positiv. Auch ein Tier, das bis dahin nur zur Kontrolle der Termitin-Wirkung diente und nie besondere Lebenssteigerungen zeigte, ließ nun unter dem Einfluß der Nähreiweißausschwemmungen sofort die Merkmale der erhöhten Assimilation erkennen. Es kam vorzeitig und öfter zur Wasseroberfläche und blieb dort länger; die graphische Darstellung weist damit eine früher ansteigende, höhere Kurve auf als die gleichzeitige Kontrolle. Ferner war die Nahrungsausnützung besser und die Kotabgabe geringer. Auch nahm die Pigmentation zu.

Es mußte aus alledem der Schluß gezogen werden, daß bei bestimmten Nähreiweiß- und Hefeflocken-Präparaten ebenfalls Stoffe vorkommen, die den bisher aus Insekten oder Schimmelpilzen gewonnenen „Insectinen“ und gewissen Mycoinen in der Wirkung gleichen. Das in verschiedenen *Fungi imperfecti* oder Wuchshefen vorkommende „Torutilin“, nach *Torula utilis* genannt, ließ sich jedenfalls den bis dahin bekanten Vitamin T-Trägern an die Seite stellen.

Seine Bedeutung trat dann noch stärker hervor, als ich die Ausschwemmungen mit verschiedenen Alkoholen durchführte.

Schon Methylalkohol-Extraktionen von *Torula*- oder *Oidium*-Präparaten wirkten besser als Wasser-Auswaschungen, und bestimmte Konzentrationen von Äthylalkohol erwiesen sich als noch vorteilhafter. Es ließ sich schließlich auf diese Weise ein Präparat herstellen, das in Konsistenz, Farbe und Geruch dem Termitin überraschend glich. Solche leicht fetthaltigen *Torutilin*-Präparate konnten dann durch Dialyse von Ballast-Stoffen, wie Lipoiden und Eiweißarten, noch weitgehend gesäubert werden. Derartig stark konzentrierte Vitamin T-Präparate, bei denen gelegentlich noch vorkommende Rest-Stoffe ausgefällt wurden, vermochten das bisher wirksamste Termitin beinahe zu erreichen. Bei allen bisher untersuchten Organismen wurde jedenfalls eine Wirkung festgestellt, sofern man nur die richtige kritische Phase traf. Daß sich die entwicklungsbeschleunigende Wirkung jetzt auch auf die Heilung von Wunden (Brandblasen, Ekzem) sowie auf die Verbesserung des Gesundheitszustandes nach Schwächezuständen erstreckt, sei hier wenigstens erwähnt.

Die Frage, ob es sich bei *Torutilin* um genau denselben Stoff handelt wie bei anderen umgewandelten Mycoinen (*Hypomycin*, *Penicin*) oder wie bei dem Wirkstoff aus Insektenfett, muß noch bis zur endgültigen chemischen Klärung zurückgestellt werden. Es ist durchaus möglich, daß die Zusammensetzung etwas verschieden ist. Wir wissen ja auch von den Wuchsstoffen der Pflanzen, daß *Auxin* und *Heteroauxin* zwar die gleichen Wirkungen haben, aber chemisch verschieden sind. Da es sich aber, wie wir sahen, bei den Insektinen wohl auch um Pilze handelt, die im Körper der pilzfressenden Kerbtiere nur *abgelagert* wurden, ist es wahrscheinlich, daß auch chemische Verwandtschaft vorliegt. Die stets etwas bessere Wirkung von Termitin gegenüber *Torutilin* beruht vermutlich darauf, daß beim Durchgang durch den Insektenkörper gewisse Hemmfaktoren verloren gehen, die sich im Rückstand dialysierten *Torutilins* noch nachweisen lassen.

Für die Gleichheit spricht endlich, daß auch die *Taufliege* *Drosophila melanogaster* in ganz derselben Weise auf Termitin, *Penicin*, *Hypomycin* und *Torutilin* anspricht. Eine Zugabe all dieser Vitamin T-Präparate ließ dann, wenn sie zur richtigen Bereitschaftsphase gereicht wurde, sogar großköpfige Giganten entstehen, die doppelt oder dreifach so groß waren wie die Zwerge, denen man die normaler Weise auf den Früchten wachsenden

Hefen und Pilze vorenthielt. (Abb. 4, S. 56 dieser Zeitschrift). Da diese Untersuchungen noch Aufklärungen über die Wirkungsweise des Torutilins lieferten, muß auf sie ausführlicher eingegangen werden.

6. Formbeeinflussung von *Drosophila*.

Drosophila melanogaster, die für die Erkenntnis der Vererbungsgesetze so bedeutsame Tau- oder Fruchtfliege, wurde bisher, soweit ich die Literatur übersehen kann, nur einmal zu Experimenten mit Wirkstoffen verwandt. (Kögel, s. Fröbrich 1939). Umso überraschter war ich, daß *Drosophila* sofort auf Vitamin T ansprach. Zur Durchführung der Versuche konnten die Zuchtmethoden nicht angewandt werden, welche für die klassischen Schulexperimente der Genetik vorgeschrieben sind. Es kam zwar auch hier darauf an, möglichst viel Material zusammenzubringen;

Tab. 14. *Drosophila melanogaster*. Erste Versuche über Vitaminwirkung. Krumpendorf Oktober 1945.

Die Fliegen wurden in Tuben von 7 cm Höhe und 1,5 cm Durchmesser gehalten. Als Futter erhielten sie Stücke von Apfelschalen mit anhaftendem Fruchtfleisch, in das die Wirkstoffe eingerieben wurden. In jede Tube kamen je 10 Larven mittlerer Größe.

Lfd. Nr.	Versuchsanordnung (Vitaminzugabe)	Durchschnittsgrößen in mm			Ergebnis
		♂	♀	♂ + ♀	
1	ohne Zugabe (Kontrolle)	1,8	2,2	2,00	keine Entwicklungs- steigerung
2	Backhefe, H ₂ O- Ausschwemmung	1,8	2,2	2,00	
	Lebertran	1,8	2,3	2,05	
4	Nähreiweis, naß Alkohol-Auswasch.	1,9	2,3	2,10	geringe Entwicklungs- steigerung
5	Roh-Penicillin	1,8	2,3	2,05	
6	Roh-Mucorin	1,8	2,3	2,05	
7	Nähreiweiß, H ₂ O-Ausschw.	2,2	2,4	2,30	Entwicklungs- steigerung
8	Torutilin, Alkohol-Ausschw.	2,5	2,7	2,60	starke Entwicklungs- steigerung
9	Torutilin, mit Torulafett	2,1	2,8	2,45	
10	Termitin, mit Termitenfett	2,2	2,9	2,55	

Ergebnis: Die Größen-Unterschiede betragen bei Zugabe von hochwertigem Vitamin T-Präparat (Nr. 8—10) durchschnittlich bei Männchen 27,5%, bei Weibchen etwa 27%.

Tab. 15. *Drosophila melanogaster*. Wirkung verschiedener Vitamin T-Zugaben zu einer Mangel-Diät (gut gereinigte, abgewaschene und abgebürstete Apfelschalen mit einer dünnen Lage von Fruchtfleisch, in das die Zugaben verrieben wurden. Ergebnis von 36 Versuchen (12 Serien) mit 360 Larven; jede Versuchstube enthielt 10 Larven (Lenzing, März 1946). (Die genauen Maße jedes Versuchs und jedes Einzeltier dieser wie auch der anderen Versuche stehen zur Einsicht zur Verfügung.)

Lfd. Nr. (Versuchs- gruppe)	Versuchs-anordnung Zugaben	Größte ♂ in mm	Größte ♀ in mm	Durchschnittsgrößen in mm		
				♂	♀	♂+♀
1—3 I	Wildtiere (mit Wildhefen)	2,00	2,40	1,84	2,23	2,14
4—6 II	Zufütterung von Backhefezellen	2,10	2,40	2,03	2,26	2,15
7—9 III	Wasserausschwem- mung v. Backhefe	2,00	2,24	1,85	2,17	2,01
10—12 IV	Aethyl-Alk.-Auschw. v. Backhefe (Germ)	1,80	1,90	1,80	1,90	1,85
13—15 V	ohne Vitaminzugabe (Kontrolle)	1,60	2,00	1,60	1,98	1,79
16—18 VI	Zugabe v. Vitamin B ₁ , B ₂ , C, P	1,90	2,20	1,71	2,00	1,86
19—21 VII	H ₂ O-Ausschwemmung v. Oidium-Präp.	2,00	2,50	1,96	2,43	2,19
22—24 VIII	H ₂ O-Auswaschung v. Torula-Präp.	1,80	2,10	1,70	2,09	1,89
25—27 IX	Methyl-Alk.-Ausw. v. Oidium-Präp.	2,65	2,80	2,34	2,58	2,46
28—30 X	Methyl-Alk.-Ausw. v. Torula-Präp.	2,30	2,65	2,80	2,58	2,49
31—33 XI	Aethyl-Alk. 75%	2,80	3,10	2,30	2,63	2,44
34—36 XII	Aethyl 95% v. Torula-Präp.	2,45	2,55	2,38	2,65	2,52

es mußten aber auch die Einzelwesen übersehbar bleiben, u. zwar als Larven wie auch als Imagines. Zu diesem Zwecke züchtete ich die *Drosophila* in Tuben von 7 cm Höhe und 1½—2 cm Durchmesser; in diese Tuben gab ich schmale Stücke von Apfelschalen mit einer dünnen Schicht von Fruchtfleisch. Zur Durchführung möglichst gleichmäßiger Bedingungen verwandte ich für jede Versuchsserie nur Teile desselben Apfels, der zwecks Entfernung anhaftender Pilze vorher aufs Sorgfältigste abgewaschen und abgebürstet wurde. Daß damit eine genügend große Keimfreiheit

erreicht wurde, zeigte sich immer wieder. Auch nach Wochen trat keine Verpilzung ein, wenn sorgfältig genug vorgegangen war.

Bei den Versuchen wurde der Wirkstoff in das Fruchtfleisch verrieben. Zur Vermeidung schädlicher Übervölkerung wurden in jede Tube nur je 10 Larven eingesetzt, die ich den Vorratsgefäßen entnahm. In solchen Vorratsgefäßen (Pulverflaschen oder Erlenmeyer) lebten die Fliegen unter den üblichen natürlichen Bedingungen, nachdem eine reine Linie herausgezüchtet war. Solche Fliegen werden in den Protokollen und Tabellen

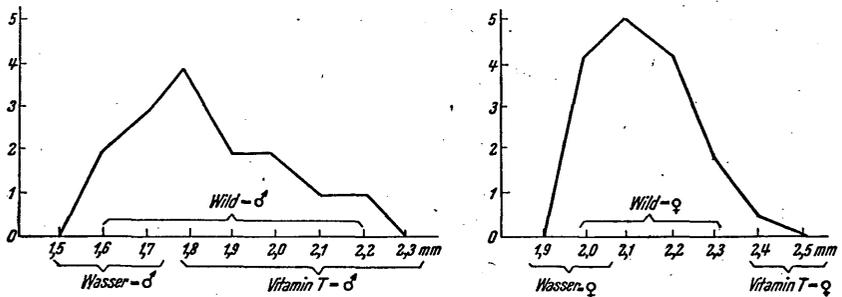


Abb. 3. Kurvenmäßige Darstellung von Männchen und Weibchen der Taufliege *Drosophila melanogaster* aus drei Kulturen: einer „Wildkultur“ (auf ungereinigten Äpfeln gezüchtet, auf welchen die Larven Hefen- und Pilz-Stoffe als Vitaminspender finden), sowie einer „Wasser-Kultur“ und einer „Vitamin T-Kultur“. Bei diesen beiden Kulturen wurden die Apfelstücke durch Abwaschen und Abbürsten sorgfältig gereinigt, und als Feuchtigkeit Wasser oder Vitamin T-Lösung (Torutilin) gereicht. Die Kurven zeigen, wie die Wasser-Tiere nur die linken kleineren Größen umfassen, die Vitamin T-Tiere nur die rechten Größen. Unterschiede bei Vitamin T gegenüber Wild-Männchen = 8%; gegenüber Wasser-Männchen = 25%. Unterschiede bei Vitamin T gegenüber Wild-Weibchen = 13%; gegenüber Wasser-Weibchen = 24%.

als „Wildtiere“ bezeichnet, während mit „Wildpopulation“ die ersten an offenstehenden Obstresten entstehenden Tiere gemeint sind. Die Kurve (Abb. 3) gibt an, wie sich eine solche „Wildpopulation“ darstellte. Sie bestand aus Männchen und Weibchen recht verschiedener Größe; die Männchen schwanken in der Gesamtlänge zwischen 1,60 und 2,20 mm, die Weibchen zwischen 2,00 und 2,30 mm. In den ersten Versuchen betrug die Gesamtschwankungsbreite von Männchen und Weibchen 1,10 mm bei einer Durchschnittsgröße von 1,89 mm. Auf den in der oben beschriebenen Weise mehr oder weniger entkeimten Apfelstücken erreichten die

Männchen nur eine Länge von 1,50 bis 1,70 mm, die Weibchen 1,90 bis 2,5 mm. Hier war die Schwankungsbreite von 40 Männchen und Weibchen nur 0,17 mm bei einem Durchschnitt von 1,79 mm. Eine solche Haltung bedeutete demnach eine Mangelkost; sie wies darauf hin, daß wohl auch die Entstehung der kleinsten Wildtiere auf eine A-Vitaminose oder wenigstens Hypo-Vitaminose zurückgeführt werden muß. Diese Vermutung wurde bestätigt durch Zugabe von Wirkstoffen zur Mangelkost. Dies zeigen schon die ersten Versuche der Kurve 3, noch besser aber die der Tab. 14. Zugabe von Pilzstoffen (Ifd. Nr. 5 u. 6) bewirkte eine geringe Vergrößerung, desgleichen eine H₂O-Ausschwemmung von Nähreiweiß. Alkohol-Ausschwemmungen derartiger Präparate sowie Termitin ließen Tiere heranwachsen, die gegenüber den Kontrollen (Avitaminosen) um 27% größer war. Wenn wir diese ersten Ergebnisse (*Krumpendorf*, Herbst 1945) graphisch aufzeichnen, ergeben sich sehr aufschlußreiche Kurven, deren eine bereits im 1. Heft, S. 56 wiedergegeben wurde. Diese Kurve zeigt, wenn wir sämtliche zur gleichen Zeit geschlüpften Tiere berücksichtigen, drei Gipfel. Der linke umfaßt in der Hauptsache kleine, ohne Vitaminzugabe entstandene Fliegen, der rechte die Hypervitaminosen mit Vitamin T-Zugabe. Dazwischen stehen die normalen Wildtiere, die ihrerseits einen Gipfel bilden können. In anderen Fällen gab es größere Überschneidungen; woran dies liegt, werden wir noch sehen.

Auf die Gleichheit dieser drei gipfeligen Kurven mit denen von Ameisenarbeitern wurde schon hingewiesen (Abb. 4, S. 236). Zur Ergänzung sind hier noch Kurven wiedergegeben, bei welchen am rechten Ende zwischen den größten Exemplaren und den Mittelformen mehr oder weniger tiefe Lücken entstanden, so wie dies für die Kurven mit Solenopsis- oder Pheidole-Arbeitern und -Soldaten zutrifft (Abb. 4 u. 5).

Umfangreiche Massenversuche im Frühjahr 1946 gestatteten dann eine genauere Analyse dieser Erscheinungen, und zwar sowohl über die Art wie auch über die Wirkungsweise der Vitamine. Um nicht zu sehr ins Einzelne zu gehen, sind in der Tab. 15 die Ergebnisse einer Versuchsserie zusammengefaßt. An erster Stelle stehen wieder Wildtiere, welche auf ungereinigten Apfelstücken alle möglichen Hefen und Pilze aufnehmen konn-

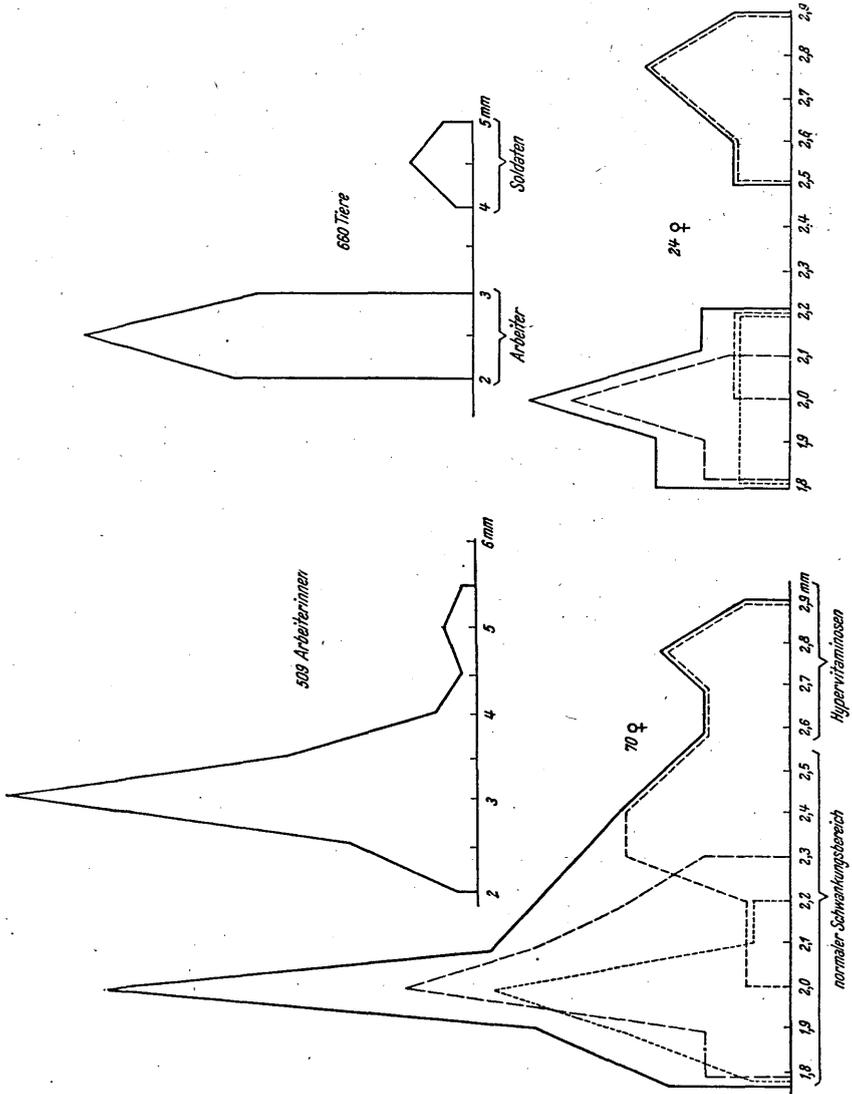


Abb. 5.

Abb. 4.

Abb. 4/5. *Drosophila melanogaster*. Unten kurvenmäßige Darstellung von Weibchen (Wild-, Wasser- und Vitamin T-Tieren). In den Gesamtkurven (ausgezogene Linien) nehmen die Wasser-Weibchen (= punktierte Linien) die linke, die Vitamin T- Weibchen (= kurze Striche) die rechte Seite ein. Die Wild-Tiere (= lange Striche) stehen etwa in der Mitte (etwas nach links verschoben). In Abb. 4 entspricht die obere Kurve in ihrem Aufbau der eines Solenopsis-Nestes (mit Arbeitern und Giganten), in Abb. 5 einem Pheidole-Nest (mit Unterbrechung der Kurve, da Übergänge zwischen Arbeiterinnen und Soldaten fehlen). (Bei den Vitamin T-Weibchen auf der linken Seite der Kurve Abb. 5 handelt es sich um Tiere, deren Larven zu alt waren, um auf Vitamin T anzusprechen.)

ten; daß Saccharomyces-, Torula- und Penicillium-Arten auftraten, ließ sich mit Lupe und Mikroskop feststellen. Eine Zufütterung von Backhefe-Zellen (Germ) brachte kaum eine Änderung des Bildes (Ifd. Nr. 4—6); es geht daraus hervor, daß die Drosophila-Larven in den gereinigten Apfelstücken genügend Eiweiß und genügend Vitamine zur Verfügung haben. Eine Wasserausschwem-

Tab. 16. *Drosophila melanogaster*. Wirkung verschiedener Vitamin-Präparate. Versuchsbedingungen und Bezeichnungen wie Tab. 15. Sämtliche Präparate hatten als Ausgangsmaterial Nähreiweiß Bergius.

Lfd. Nr.	Versuchsanordnung (Zugaben)	Durchschnittsgrößen der Imagius in mm		
		♂	♀	♂+♀
1	ohne Vitaminzugabe	1,65	1,70	1,68
2	H ₂ O-Ausschwemmung pH 10	1,80	2,10	1,95
3	H ₂ O-Ausschwemmung pH 5	1,50	1,98	1,74
4	H ₂ O-Ausschwemmung pH 3	1,80	2,10	1,95
5	Aethyl-Alk.-Ausschw. 25% pH 5	1,75	2,00	1,88
6	Aethyl-Alk.-Ausschw. 35% pH 5	1,70	2,30	2,00
7	Aethyl-Alk.-Ausschw. 75% pH 5	2,40	2,20	2,30
8	Aethyl-Alk.-Ausschw. 75% I. Auswaschung	2,10	2,50	2,40
9	Aethyl-Alk.-Ausschw. 75% II. Auswaschung	1,90	2,00	1,95
10	Aethyl-Alk.-Ausschw. 95%	1,95	2,20	2,08
11	Aethyl-Alk.-Ausschwemmung nach Aether-Extraktion	2,10	2,50	2,40
12	Aether-Ausschwemmung	1,75	1,95	1,80

Hauptergebnis: Vitamin T ist in Alkohol löslich, in Äther nicht.

mung von Germzellen gab bei gereinigten Äpfeln etwas geringere Ergebnisse (Ifd. Nr. 7—9); ihr stand noch nach eine Germ-Ausschwemmung mit Alkohol (Ifd. Nr. 10—12). Diese Tiere unterschieden sich nur wenig von denen, welche keine Wirkstoffe erhielten (Mangeldiät ohne Vitaminzugabe Nr. 13—15). Bei Zugabe eines Präparates, das die Vitamine B₁, B₂, C und P enthielt

(Priovit), wuchsen die Tiere wieder etwas mehr heran. Sie glichen denen, welche Backhefe-Ausschwemmungen erhielten. Dies ist verständlich, denn diese Vitamine sind ja zum größten Teil in den Germzellen enthalten. Nicht wesentlich anders waren die Versuche mit *Wasserausschwemmungen* von Präparaten, die *Oidium lactis*

Tab. 17. *Drosophila melanogaster*. Wirkung von Vitamin T auf Larven verschiedenen Alters; in jede Tube kamen je fünf Larven des Stadiums II und fünf des Stadiums III. NE = Nöhreiweiß.

Lfd. Nr.	Versuchsordnung	Größe der Imagines, deren Larven V. + T. bekamen (Größe in mm)						Geschlüpfte Imagines
		im Stadium III			im Stadium II			
		♂	♀	♂+♀	♂	♀	♂+♀	
1	NE, Auswaschung nach Alk. 70%	1,8	2,2	2,0	2,0	2,95	2,18	8
2	NE, Auswaschung nach Alk. 75%	2,0	2,2	2,1	2,2	2,5	2,45	10
3	frische Torula, mit Alk. 70% extrahiert	2,0	2,2	2,1	2,2	2,5	2,35	8
4	ohne Zugabe, Kontrolle	1,7	1,7	1,7	1,6	1,7	1,65	4
5	ohne Zugabe, Kontrolle	1,5	1,7	1,6	1,55	1,6	1,58	5
6	ohne Zugabe, Kontrolle	1,8	1,8	2,2	1,75	1,9	1,83	3

Ergebnis: Die auf dem Stadium III eingesetzten Larven hatten noch die Möglichkeit, genügend Vitamine aus den Wildhefen der Ausgangskulturen aufzunehmen, die auf Stadium II eingesetzten dagegen kaum. Letztere stehen daher umso mehr unter Vitaminmangel, je kleiner sie beim Einsetzen waren; daher *Verkleinerung* der Imagines bei Nr. 4—6 der Larven von Stadium II. Bei den im Stadium III eingesetzten Larven, die zusätzlich Vitamin T bekamen, ist es umgekehrt; hier sind die Larven des Stadium II *größer*, da sie längere Zeit unter Vitamin T-Wirkung stehen.

Vitamin T wirkt lebenssteigernd und vermindert die Todesrate (vergl. auch Tab. KH, wo bei Wasserauszügen mit Vit. T 7—8 Tiere schlüpften (Nr. 11 und 13), bei Kontrollen ohne Vit. T sowie bei Backhefe-Ausschwemmungen nur 4—5).

oder *Torula utilis* zur Grundlage hatten (Nr. 19—21 und 22—24). Man muß daraus schließen, daß damit Vitamine der B-Gruppe, in der Hauptsache wohl B₁ und B₂, geliefert wurden.

Bei der Zugabe von Alkoholauswaschungen von *Oidium* oder *Torula*-Präparaten ändert sich spontan das Bild. Es gibt so-

fort gewaltige Zunahmen der Körpermaße, die auf Kosten des Vitamin T gesetzt werden müssen. Die größten Weibchen mit dem

Tab. 18. *Drosophila melanogaster*. Einfluß von Vitamin T auf Entwicklung (Verpuppung u. Imago-Bildung). Versuch 15. 4. bis 15. 5. Lenzing. Versuchsanordnung wie 15; überall je 10 Larven mittleren Stadiums. Ausgangsmaterial für die Vitamin-Präparate war stets Nähreiweiß nach Bergius (NE);
 + = mit Vitamin, — ohne Vitamin
 + Eiw. = viel Eiweiß, — Eiw. = wenig Eiweiß.

Lfd. Nr.	Kultur	Versuchsbedingungen (Zugabe)	Verpuppung nach 4 Tagen	Imagines (Durchschnitt) nach 7 Tagen
1	142	Torutilin normal	4	5
2	145	Torutilin normal	6	4
3	131	Torutilin, norm. Dialysat	3	5
4	140	Torutilin, norm. Dialysat	3	6
5	148	NE normal, trocken zugegeben	5	5
6	151	Trocken-Ei + NE Dialysat-Eiw.	5	4
7	152	Trocken-Ei + NE Dialysat-Eiw.	5	4
8	149	NE Dialysat nach Eiweiß-Ausfällung	7	4
9	150	Torutilin nach Eiweiß-Ausfällung	6	4
10	132	NE Dialysat Rückstand	2	—
11	132a	NE Dialysat Rückstand	3	3
12	135	H ₂ O-Auswasch. nach Alk.-Ausschwemmung	2	3
13	146	Trocken-Ei	3	—
14	147	NE trocken, nach Alk.-Extraktion	2	3
15	137	Vitamin B = Komplex	1	2
16	136	Kontrolle I	1	2
17	139	Kontrolle II	2	2
18	144	Kontrolle III	3	2

I. Gruppe + Vit. T + Eiw. 48%
 I u. II + Vit. T 57%
 II. Gruppe + Vit. T - Eiw. 65%
 III u. IV - Vit. T 16%
 III. Gruppe - Vit. T + Eiw. 24%
 III u. IV + Vit. T 19%
 I. Gruppe + Vit. T + Eiw. 49%
 I u. II + Vit. T 45%
 II. Gruppe + Vit. T - Eiw. 40%
 III. Gruppe - Vit. T + Eiw. 18%
 IV. Gruppe - Vit. T + Eiw. 20%
 IV. Gruppe - Vit. T 18%

Vitamin T übertreffen die größten Weibchen ohne Vitamin-Zugabe um 1,10 mm und zeigen damit ihnen gegenüber eine Zunahme der

Körperlänge von 50%! Aber auch die Durchschnittssteigerung bewegt sich gegenüber den vitaminlosen Tieren (Nr. 13 bis 15) um 33%, gegenüber den Tieren mit wässriger oder alkoholischer Germausschwemmung (Nr. 7 bis 12) um 25%; gegenüber Wildtieren oder solchen mit Zufütterung von Germzellen ist immer noch ein Zuwachs von etwa 15% feststellbar. Es ist dieselbe Prozentsteigerung, wie wir sie immer bei Vitaminzugabe finden, z. B. auch bei dem Gewicht der Mäuse (Tab. 27), der Größe der Amphibienlarven u. a. m. Dadurch, daß diese über das Maß der Normaltiere hinausgehenden „Hypervitaminosen“ bei Zusatz anderer Vitamine nicht auftreten, müssen wir die Ursache in den Wuchshefe- oder Mycel-Präparaten suchen, und hier ergibt sich wieder die Frage, was für Bestandteile dafür in Frage kommen.

Die Stoffe müssen naturgemäß in den *Torula*-Zellen darinnen sein; sonst könnte man sie nicht herausholen. Sie werden aber von den *lebenden* Zellen nicht nach außen abgegeben. Dies zeigen eine ganze Anzahl von Versuchen, auf die erst an anderer Stelle näher eingegangen werden kann. Erwähnt sei nur Folgendes: weder bei *Drosophila* noch bei Amphibien-Larven hat die einfache Wasserausschwemmung lebender *Torula*-Zellen eine Wirkung. Ferner regt das aus der *Torula*-Hefe gewonnene Torutilin das Wachstum der *Torula*-Hefe selbst außerordentlich stark an. Wenn die Wirkstoffe aus den lebenden Zellen diffundierten, dann müßte die *Torula* sich ebenfalls selbst dauernd anregen; was aber nicht der Fall ist. Erst der in bestimmter Weise hergestellte Alkoholextrakt hat diese Wirkung.

Mit dem Gesagten stimmt überein, daß Wasserausschwemmungen der *Torula*-Präparate, z. B. Nähreiweiß nach *Bergius*, einen recht geringen Erfolg aufweisen. Sah es doch am Anfang, als ich nur Wasserausschwemmungen verwandte, ganz so aus, als ob Torutilin dem Termitin oder Penicin sehr nachstehen würde. Die Alkohol-Ausschwemmungen bringen jedoch den Wirkstoff aus den bei der Nähreiweißherstellung abgetöteten und zersprengten Zellen heraus, lösen damit aber auch allerlei Fette und Eeiweißkörper.

Wieder sah es zunächst so aus, als ob es sich deswegen um eine fettige Substanz handeln würde. Dem gegenüber steht aber Folgendes: Ätherextraktionen haben lange nicht die gleiche Wirkung wie Alkohol-Gemische (Tab. 16, Nr. 12), und stärker konzentrierte Alkohole stehen denen mit einer Konzentration von 50 bis

75% nach. Weiterhin zeigten Dialysen von alkoholischen oder wässrigen Lösungen des Torutilins, daß es sich nicht um ein fettlös-

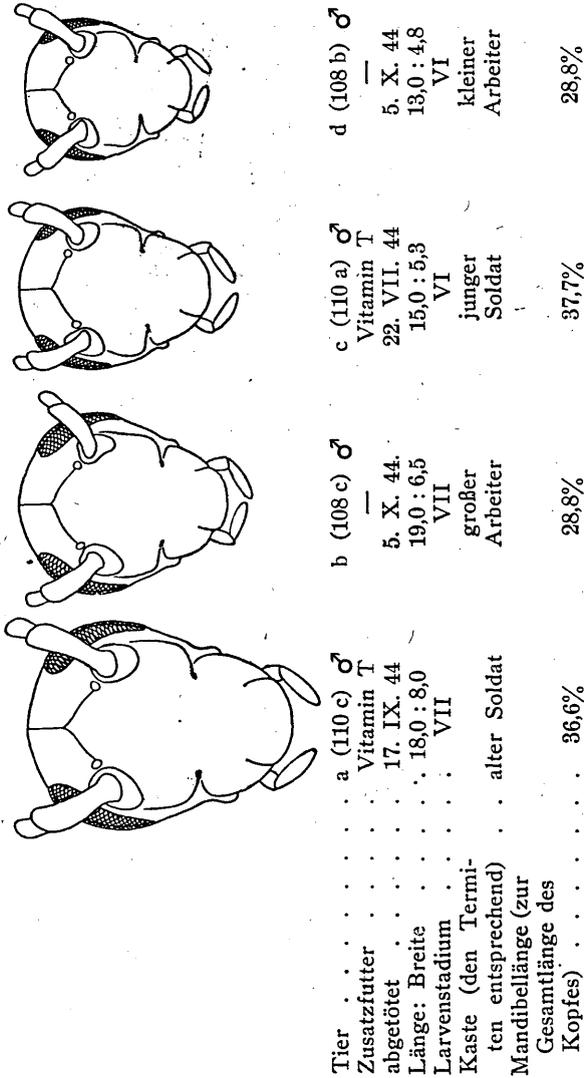


Abb. 6. *Periplaneta orientalis*. Köpfe von Tieren, die zum Teil unter Einfluß des Vitamins T standen (vergl. Tab. 7).

liches Vitamin handeln konnte (Tab. 19, Nr. 3 und 5). Das durchsichtige, klare bräunliche Dialysat, dem man noch weitere Ballast-

stoffe durch Fällungen entziehen kann, zeigte die allerbesten Wirkungen. Benützt man weiterhin Alkoholextrakte nach Ätheraus-

Tab. 19. *Drosophila melanogaster*. Günstiger Einfluß auf Lebensfähigkeit und Schlüpfen der Imagines (Senkung der Todesrate).

Versuchsordnung und Bezeichnung wie Tab. 15 und 17; überall je 10 mittlere Larven. NE-Nähreiweiß nach Bergius.

Lfd. Nr.	Kultur	Versuchsbedingung (Zugabe)	Es schlüpften Zahl Durchschn.	Todesrate Durchschn.
1	142	Torutilin normal	9	10%
2	145	Torutilin normal	7	30%
3	140	Torutilin, Alk.-Ausschw. Dialysat	10	0%
4	148	NE, normal trocken zugegeben	5	50%
5	131 a	NE, H ₂ O-Ausschw. Dialysat	7	30%
6	143	NE, Alk.-Ausschw. Dialysat	7	30%
7	149	NE, wie 143, nach Eiweiß-Ausfällung	6	40%
8	141	NE, Alk.-Ausschw. Rückst. nach Dialyse	7	30%
9	133	Torutilin, nach Eiweiß-Ausfällung	6	40%
10	132	NE, Rückstand nach H ₂ O-Auswasch.	5	50%
11	132 a	wie 132	3	70%
12	135	NE, H ₂ O-Auswasch. nach Alk.-Extraktion	8	20%
13	147	NE, nach Alk.-Extraktion, trocken	5	50%
14	146	Trocken-Ei	4	60%
15	137	Vitamin B 1	4	60%
16	136	Kontrolle I	5	50%
17	139	Kontrolle II	3	70%
18	144	Kontrolle III	3	70%

Ergebnis: Anwesenheit von Vitamin T vermindert die Todesrate.

schwemmungen, so erhält man bei *Drosophila* dieselben Größensteigerungen wie mit Alkohol allein. (Tab. 16, Nr. 8.) Ätherextrakte nach Alkohol-Behandlung zeitigen dagegen kein Ergeb-

Der Einfluß von Vitamin T auf Gestalt und auf Gewohnheiten von Insekten. 243

nis. Der Erfolg ist hier wie auch bei einfacher Ätherauswaschung kaum größer als bei Kulturen ohne jede Zugabe (vergl. Tab. 16, Nr. 12 und Nr. 1). Auch bei Kaulquappen läßt sich in solchen Fällen keine Wirkung erzielen. Die p_H -Werte scheinen recht be-

Tab. 20. *Drosophila melanogaster* (vergl. Abb. 10).

Wirkung zweimaliger Entwicklungsstöße.

Die großen Weibchen C und D standen bereits als Larven unter Vitamin T-Wirkung, die kleinen A und B nicht. Beide Gruppen wurden als junge gerade geschlüpfte Imagines durch vorherige Trockenheit zur Aufnahme von Flüssigkeit veranlaßt. Gruppe B und D erhielt dabei Torutilin, Gruppe A und C Wasser.

Jeder Entwicklungsstoß beeinflusst gerade wachsende Organsysteme; der erste die vordere Region (Kopf, Thorax), der zweite die Gonaden (und damit das Abdomen), gleichgültig, ob Larvenbeeinflussung vorlag oder nicht.

Die Weibchen der 4 Gruppen stellten sich folgendermaßen dar:

Gruppe: (Vgl. Abb. 10)	A	B	C	D
Entwicklungsstoß traf:	— —	— Gonaden	Kopf —	Kopf, Gonaden
Gesamtlänge:	1,90 mm	2,20 mm	2,40 mm	2,80 mm
Kopf + Thorax:	0,90 mm	0,90 mm	1,10 mm	1,10 mm
Kopf-Höhe:	0,48 mm	0,48 mm	0,60 mm	0,55 mm
Kopf-Länge	0,30 mm	0,30 mm	0,40 mm	0,38 mm
Abdomen:	1,00 mm 0,30 mm	1,30 mm 0,85 mm	1,30 mm 0,85 mm	1,70 mm 0,90 mm
Hinterleib:	normal	aufgebläht	normal	aufgebläht
Gonaden:	klein	sehr groß	klein	klein
Nachkommen in 2 Tagen:	3	30	5	32
Färbung:	hell	hell	dunkel	dunkel
Entsprechender Ameisentyp:	verkümmertes Weibchen (Arbeiter)	normales Weibchen	Gigant	Giganten-Königin

langlos zu sein, wenigstens für reines Wasser (Tab. 16, Nr. 2—4). Das ergibt ein Vergleich mit Auswaschungen durch Alkohol höherer Konzentration. (Nr. 6—8). Hierbei bedeutet aber eine Steigerung der Konzentration auch eine Steigerung der Wirksamkeit, wobei jedoch, wie schon erwähnt, zwischen 50 und 75% das Optimum liegt. Äthylalkohol von 95% hat wieder etwas geringere

Tab. 21. *Drosophila melanogaster*.

Größe der unter verschiedenen Bedingungen gezüchteten Fliegen in mehreren Generationen.

Fütterung: Stücke von Apfelschalen mit anhaftendem Fruchtfleisch, in das die entsprechenden Vitamine eingerieben wurden. Falls keine besonderen Angaben gemacht werden, waren sie durch Abwaschen und Abbürsten gereinigt und enthielten *keine* Wildhefen.

P-Generation: Wildpopulation Krumpendorf

ungereinigte Äpfel und Wildhefen.

♂ 1,6—2,2 mm, ♀ 1,9—2,3 mm,

Durchschn.: ♂ 1,76 mm, ♀ 2,00 mm.

F₁

Larven mit Torutilin-Zugabe

♂ 1,9—2,2 mm, ♀ 2,4—3,5 mm,

Durchschn.: ♂ 2,06 mm, ♀ 2,62 mm.

F₂ Larven mit Oidium

♂ u. ♀ groß

F₃ Larven mit Torutilin

♂ 2,15 mm, ♀ 2,46 mm

F₄ Futtermasse wie F₃,

Larven ohne Vitamin

♂ u. ♀ klein

Larven ohne Vitamin

♂ 1,60 mm, ♀ 1,85 mm

in derselben Futtermasse wie F₃,

Larven m. Wildhefen

♂ u. ♀ mittel

Larven m. Wildhefen

♂ 1,59 mm, ♀ 1,80 mm

Larven m. Wildhefen

(erste Eiserie) sehr viel

Larven; geringe

Futtermenge,

mit Vitamin-

Resten; wurde

noch ausge-

nützt, Über-

völkerung.

keine Imagines;

Kultur starb aus.

Geringe Futtermasse

nicht ausgenützt.

Larven ohne Vitamin

♀ 1,75 mm,

♂ 1,50 mm,

(zweite Eiserie) neue

Äpfel ohne Vitamin

♂ 1,90 mm,

♀ 2,20 mm

♂ 1,80 mm, ♀ 1,90 mm

♂ 1,59 mm, ♀ 1,80 mm

F₅ Larven mit Torutilin

♂ 1,95 mm, ♀ 2,60 mm

Larven m. Wildhefen

♂ 1,80 mm, ♀ 2,00 mm

Ergebnisse: 1. Die Größe der Fliegen ist von Außenbedingungen beeinflussbar (Vitamin T, aber auch von der Menge der Bewohner; vgl. Goetsch 1928).

2. Alte geringwertige, z. T. bereits ausgesogene Futtermasse wurde bei Anwesenheit von Vitamin T noch verwertet, ohne T nicht; hier starb die Kultur aus. Es wurde also auch karges Futter mit T, ähnlich wie bei Fröschen,

Hühnern und Mäusen noch assimiliert.

Extrem-Formen: ♂ 2,15 mm, ♀ 2,62 mm (Durchschn.) bei Torutilin-Zugabe,

♂ 1,60 mm, ♀ 1,85 mm (Durchschn.) bei Vitamin-Mangel,

♂ 1,50 mm, ♀ 1,75 mm (Durchschn.) bei Überbevölkerung.

Tab. 22. *Drosophila melanogaster*. Analyse der Form und der Proportion nach Versuchen vom 4. 5. 1946, Lenzing.

Lfd. Nr. Kopfmaße in $\frac{1}{10}$ mm; Längenmaße in mm.

<p>1 Wildweibchen aus einer Kultur von 60 Tieren. 2,75 mm; Kopf + Thorax 12 mm; hell Kopfhöhe: Kopfbreite $6 : 8 = 75-80\%$ Auge $3 \times 4,5 = \frac{1}{2}$ der Kopfseite</p> <p>2 2,70 mm; Kopf + Thorax 12 mm; hell Kopfhöhe: Kopfbreite $6 : 8 = 75\%$ Auge $3 \times 4,5 = \frac{1}{2,3}$ der Kopfseite</p> <p>3 2,70 mm; Kopf + Thorax = 13 mm Kopfhöhe: Kopfbreite $6,5 : 8 = 81\%$ Auge $2 \times 4 = \frac{1}{3}$ der Kopfseite</p> <p>4 2,30 mm; Kopf + Thorax 13 mm Kopfhöhe: Kopfbreite $5 : 7 = 71\%$ Auge $2 \times 3 = \frac{1}{3,3}$ der Kopfseite</p> <p>5 2,00 mm; Kopf + Thorax 10,5 mm Kopfhöhe: Kopfbreite $5 : 4,5 = 80\%$ Auge $3 \times 4 = \frac{1}{2}$ der Kopfseite</p>	}	Mittelformen
---	---	--------------

Kontrollen ohne Vitamine

<p>6 139 2,3 mm; Kopf + Thorax 10,5 mm hell Kopfhöhe: Kopfbreite $6 : 7 = 86\%$ Auge $4 \times 4,5 = \frac{1}{3}$ der Kopfseite</p> <p>7 K II 2,0 mm; Kopf + Thorax 10,0 mm Kopfhöhe: Kopfbreite $5 : 6 = 83\%$ Auge $2 \times 3 = \frac{1}{4,8}$ der Kopfseite</p> <p>8 136 2,3 mm; Kopf + Thorax 11 mm Kopfhöhe: Kopfbreite $5 : 6 = 83\%$ Auge $2 \times 2,5 = \frac{1}{3,8}$ der Kopfseite</p> <p>9 144 1,9 mm; Kopf + Thorax 9,5 mm hell Kopfhöhe zu Kopfbreite $5 : 6 = 83\%$ Auge $2 \times 4 = \frac{1}{3}$ der Kopfseite</p>	}	Zwerg verschiedener Größen
---	---	----------------------------------

Vitamin B₁

<p>10 2,1 mm; Kopf + Thorax 5,5 — 6,0 mm hell Kopfhöhe: Kopfbreite $5 : 6 = 91\%$ Auge $1,5 \times 3 = \frac{1}{3}$ der Kopfseite</p>	}	Zwerg
---	---	-------

Wasserauswaschung der Methylalkoholextraktion

<p>11 1,55 mm; Kopf + Thorax 9,5 mm Kopfhöhe: Kopfbreite $5 : 5 = 1,00$ Auge $1 \times 2 = \frac{1}{7,8}$ der Kopfseite</p>	}	kleiner Zwerg
---	---	------------------

Fortsetzung von S. 245

- | | | |
|---|--|--|
| Wasserauswaschung von Nähreiweiß, erhitzt, | | |
| 12 | 2,3 mm; Kopf „Thorax 11,5, dunkel
Kopfhöhe: Kopfbreite = $5,5 : 7 = 86\%$
Auge $3 \times 4 = \frac{1}{2}$ der Kopfseite | } Größere
Mittelform |
| Wasserauswaschung von Nähreiweiß | | |
| 13 | 2,8 mm; Kopf + Thorax 13 mm
Kopfhöhe: Kopfbreite $6 : 8,5 = 70\%$
Auge $5 \times 3 = \frac{1}{2}$ der Kopfseite | } Giganten |
| Alkoholauswaschung von Nähreiweiß | | |
| 14 | 3,0 mm; Kopf + Thorax 14 mm
Kopfhöhe: Kopfbreite $6,5 : 9 = 72-77\%$
Auge $3 \times 5 = 1/1,8$ der Kopfseite | } kleinerer Gigant,
dunkel durch
viel Eiweiß |
| Rückstände der Dialyse von Alkoholauswaschung | | |
| 15 | 2,8 mm; Kopf + Thorax 14 mm; dunkel
Kopfhöhe: Kopfbreite $6 : 8,5 = 70\%$
Auge $3,5 \times 5 = 1/1,5$ der Kopfseite | } kleinerer Gigant |
| Torutilin-Präparate | | |
| 16 | Methylalk. 2,55 mm; Kopf + Thorax 13,5 mm;
dunkel
Kopfhöhe: Kopfbreite $6,5 : 9 = 72\%$
Auge $3,5 \times 5,5 = 1/1,5$ der Kopfseite | } Große
Giganten |
| 17 | Äthylalk. 2,85 mm; Kopf + Thorax 15 mm; sehr
dunkel
Kopfhöhe: Kopfbreite $6 : 9 = 66\%$
Auge $5 \times 6 = 1/1,2$ der Kopfseite | |
| 18 | Äthylalk. 3,20 mm; Kopf + Thorax 16 mm
Kopfhöhe: Kopfbreite $6,5 : 9,5 = 65-68\%$
Auge $4,1 \times 6,2 = 1/1,6$ der Kopfseite | |

Wirkung (Nr. 10), und ebenso läßt die Wirkung nach bei einer zweiten Auswaschung des Nähreiweißes (Tab. 16, Nr. 9).

Daß eine Erhitzung bis 120° den Wirkstoff des Torutilins ebensowenig zerstört wie es beim Penicin der Fall ist, sei zum Schluß noch erwähnt.

Nachdem wir jetzt in knappen Umrissen sahen, was bei den Torutilin-Präparaten von Wirksamkeit ist, gilt es nunmehr festzustellen, wann und wie die Wirkung sich vollzieht. Die Tab. 17 gibt darüber Auskunft. Es werden *alle* Larven vom Vitamin beeinflusst.

Doch ist die Größensteigerung weit bedeutender, wenn mittelgroße Larven unter den Einfluß des Vitamins geraten. Dies stimmt wieder ganz überein mit den Erfahrungen bei Ameisen; auch dort ist das Larvenstadium II die kritische Periode für die Entstehung der Giganten oder Soldaten.

Die Tab. 17 zeigt aber noch etwas Wichtiges: die Verminderung der Todesrate durch Vitamin T. Sie beträgt bei Nr. 1 bis 3 der Tab. 0—20%, da von 10 Larven sich alle oder wenigstens 8 entwickelten. Bei den vitaminlosen Tieren starben 5—7, so daß die Todesrate 50—70 beträgt. Ähnliches ließ sich immer wieder beobachten (Tab. 18). So war auch bei den Versuchen der Tab. 15 und 16 die Todesrate der Vitamin-T-Tiere weit geringer als die ohne diesen Wirkstoff (z. B. bei Tab. 16, Nr. 8 und 10 und Tab. 15 Nr. 31—36 0—20%, bei Nr. 3 und 5 20—30%, gegenüber 50—60% der Tiere ohne Vitaminbeigabe oder der mit Backhefe-Zufütterung. Tab. 16, Nr. 1, Tab. 15, 4—15). In einer dritten Versuchsgruppe war bei dialysierter alkoholischer Auswaschung von Nähreiweiß die Todesrate 0, bei Torutilin 10%, gegenüber 50—60 der Kontrollen. Bei dem eiweißreichen Rückstand des Dialysats erreichte sie sogar 70%. (Wie spätere Versuche an Kaulquappen zeigten, ist in diesem Rückstand vermutlich ein Hemmstoff enthalten.) Die Lebensfähigkeit der Larven befindet sich damit in einer ungefähren Proportion zur Vitamin-T-Zugabe und damit auch zur Größe.

Steht dies vielleicht in unmittelbarem Zusammenhang? Der gemeinsame Nenner ist auch hier die Entwicklungsbeschleunigung, die durch Vitamin T ausgelöst wird, und diese beruht, wie wir schon wiederholt feststellten, auf Assimilations-Steigerung. Diese Assimilationssteigerung läßt hier wie auch bei Tieren ganz anderer Art (Anphibien, Vögeln, Mäusen) die gesamten Lebensvorgänge rascher pulsieren, und damit tritt eben auch eine Entwicklungsbeschleunigung ein. Sie verringert im vorliegenden Fall die Zeitspanne gefährlicher Übergangsmomente, die in der Verwandlung von Larve zu Puppe und von Puppe zur Imago liegen. Dies kommt bereits in der schnelleren Verpuppung zum Ausdruck. Tab. 18 zeigt, wie bei Larven mit Vitamin T nach 4 Tagen schon 48% und 65% verpuppt sind (Nr. 1—5 und 6—9) gegenüber 24% und 18% ohne Vitamin T. (Nr. 10—18). Daß es dabei gleichgültig ist, ob zu dem Vitamin noch Eiweißfutter hinzukommt oder nicht, zeigt der Vergleich der einzelnen Gruppen miteinander: die Gruppe I mit

Eiweiß (48%) hat sogar eine schwächere Entwicklung als Gruppe II ohne Eiweiß (65%) und Gruppe III mit Eiweiß ohne Vitamin stellt sich ungefähr gleich der Gruppe IV ohne Protein (24 und 18%). Daß dementsprechend dann auch die Imagines schneller ausschlüpfen, z. B. bei I und II mit Vitamin T in einer Woche 45% gegenüber III und IV ohne Wirkstoff = 19%, ist leicht verständlich.

Die raschere Häutung unter dem Einfluß des Vitamin T-Komplexes sahen wir bereits bei den Schaben (Tab. 9) mit ihrer unvollkommenen Verwandlung; es ist bemerkenswert, daß jetzt auch die vollkommene Metamorphose unter genau erfaßbaren experimentellen Bedingungen rascher abließ, da dies den sicheren Anschluß an die Ameisen bedeutet. Denn ebenso wie es gelang, Schaben-Giganten zu konstruieren, die den Termiten-Soldaten entsprechen, glückte es jetzt auch, Großformen von *Drosophila* zu erzielen, die in gewissen Proportionsänderungen den Riesen der Ameisen vergleichbar sind (vergl. auch Abb. 11). Bevor wir uns der Analysen zuwenden, sei noch eine andere Erscheinung erwähnt, die einen der Schlüssel zu der Formentwicklung liefert.

Wenn eine Imago bei vollkommener Metamorphose entsteht, ist die Entwicklung abgeschlossen. Wir wiesen auf die Bedeutung einer solchen „Imaginisierung“ bereits hin. Es gibt dabei aber eine Ausnahme: die Keimdrüsen wachsen noch weiter, und dies führt bei Ameisen und besonders bei Termitenköniginnen zu einer oft recht erheblichen Körperveränderung. In dies Wachstum und in diese Entwicklung vermag nun Vitamin T ebenfalls einzugreifen, so wie es eben alle jugendlichen Zell-Elemente beeinflusst.

Anzeigen für die Beeinflussung der wachsenden Gonaden lagen bereits früher vor. Junge Mäuse hatten in ihren ersten Würfen bei Vitamin-T-Zugabe durchschnittlich 5,3, ohne Zugabe 3,6 Junge. Und bei Käfern und bei Ameisen gab es ebenfalls gesteigerte Nachkommenschaft (Tab. 11—13). Um bei *Drosophila* die auch dort vorhandenen Anzeigen eindeutig zu erfassen, wurden gerade geschlüpfte Imagines durch vorherige Trockenhaltung genötigt, größere Vitaminmengen aufzunehmen. Für die Untersuchung nahm ich sowohl Tiere, die schon in ihrer Larvenzeit durch Vitamin T vergrößert waren, wie auch kleine aus Kontrollen ohne Vitamin-Zugabe. Alle Tiere wurden vor Versuchsbeginn und nach Aufnahme des Vitamins lebend gemessen: 5 kleine Weibchen von

durchschnittlich 1,5 mm hatten nach 2 Tagen um 0,35 mm an Körperlänge zugenommen (= 23%). Keine Zunahme war zu verzeich-

Abb. 7. *Drosophila melanogaster*, Weibchen. (Alle Umriss wurden mit den Zeichenapparat gezeichnet).

a) Gigant, entstanden unter dem Einfluß von Torutilin. (Auswaschung von Nähreiweiß mit 75% Alkohol; enthält noch Eiweiß). Maße: Gesamtlänge: 3,20 mm; Kopf: Höhe 0,85 mm, Länge 0,5 mm; Augen: 0,65 : 0,40 mm (= 1/1,6 des Kopfes).

b) Größtier, entstanden unter dem Einfluß von Torutilin-Dialysat. (Enthält kein Eiweiß). Maße: Gesamtlänge: 2,70 mm; Kopf: Höhe 0,70 mm, Länge 0,5 mm; Augen: 0,50 : 0,35 mm (= 1/2 Kopfes).

c) Wildtier. Größte Form von 20 Exemplaren.

d) Wildtier. Kleinste Form von 20 Exemplaren.

e) Zwerg, ohne Vitamin T, aber mit Zugabe von Vitamin B. Maße: Gesamtlänge: 2,10 mm; Kopf: Höhe 0,55 mm, Länge 0,45 mm; Augen: 0,25 : 0,2 mm (= 1/4,95 des Kopfes).

f) Zwerg, ohne Vitaminzugabe. Maße: Gesamtlänge: 2,25 mm; Kopf: Höhe 0,65 mm, Länge 0,35 mm; Augen: 0,25 : 0,20 mm (= 1/4,55 des Kopfes).

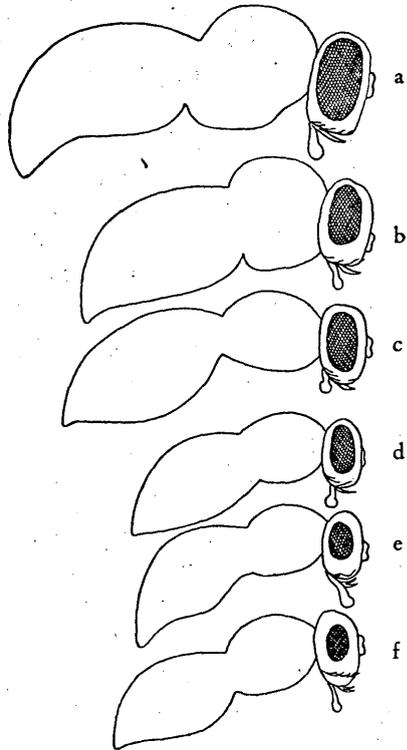
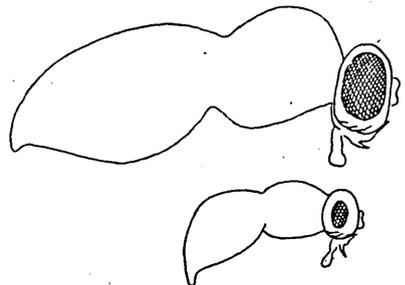


Abb. 8. *Drosophila melanogaster*, Weibchen. Gigant (3,40 mm) und Zwerg (1,50 mm).



nen bei Zugabe von Germausschwemmung sowie bei den Kontrollen, die nur Wasser aufgenommen hatten. In der Tab. 20 und der

Abb. 10 ist der Erfolg eines weiteren Versuchs dargestellt. Man sieht, wie die T-Weibchen ein vergrößertes, verdicktes Abdomen aufweisen, bei dem die Hinterleibsplatten auseinandergedrängt sind, so daß ein ähnliches Bild entstand wie bei Ameisen- oder Kalotermes-Weibchen mit angeschwollenen Ovarien. Es war dabei gleichgültig, ob die Tiere als Larven bereits mit Vitamin T behandelt wurden und damit groß geworden waren, oder aber durch Mangel an Vitamin zwergartig blieben. Bei diesem Versuch ließ sich auch die Zahl der Nachkommen innerhalb von 2 Tagen feststellen. Sie betrug bei Vitamin T-Imagines das 8—10 fache gegenüber den Imagines ohne T, wobei es wiederum gleichgültig blieb, wie die Larven vorher gefüttert waren. Daß Vitamin B₁ und B₂ niemals diesen Erfolg hat, sei noch kurz erwähnt. Wohl gab es gegenüber den Kontrollen eine kleine Steigerung der Nachkommenschaft (z. B. von 1 auf 3), ohne jedoch jemals die 8- oder 10-fache Steigerung zu erreichen.

7. Natürlicher und künstlicher Polymorphismus.

Wie die letzten Versuche überzeugend dartun, hat Vitamin T besonders dann eine große Wirkung, wenn es auf wachsende Organpartien trifft; ihre Entwicklung erleidet dort oft größte Beschleunigung, und so kommt es zu dem schon so oft erwähnten Entwicklungsstoß in den kritischen Phasen. Eine solche Phase liegt, wie wir sahen, bei den verschiedenen Larvenformen der Insekten vor den Häutungsstadien, und ähnliche, besonders sensible Perioden ließen sich auch bei den Anuren-Kaulquappen herausarbeiten. Dort konnte ich bis jetzt 3 große kritische Phasen feststellen, von denen wir 2 bereits kennenlernten: bei dem Verlassen der Eihüllen sind die Kaulquappen besonders empfindlich, und weiterhin dann, wenn die Extremitäten sich gerade anlegen. Genau so wie das Dottermaterial wird aber auch der Schwanz unter dem Einfluß von Vitamin T (Torutilin) viel rascher resorbiert; er nimmt beinahe zusehends ab und ist bei *Rana temporaria* schon nach 2 Tagen völlig verschwunden, während es bei den Kontrollen mindestens 3 Tage dauert. Besonders große oder auch besonders absurd gebildete Tiere entstehen daher hier wie bei den Insekten dann, wenn die jungen Tiere von mehrfachen Entwicklungsstößen getroffen werden, wie beispielsweise das Drosophila-Weibchen in

Abb. 10 D, wo die larvale Entwicklung Kopf und Thorax beeinflusste, die imaginale dagegen das Abdomen.

Mit der Erkenntnis, daß für die Entwicklung der Gonaden ein Wirkstoff wichtig ist, findet zunächst eine Sonderbarkeit in der Biologie der sozialen Insekten eine Aufklärung: die „Liebe bis zum Fressen“. Die Termiten-Paare beißen sich nämlich gegenseitig regelmäßig die Fühler, ja sogar Beintteile ab, und verzehren sie. Es fehlt ihnen allem Anschein nach an dem Entwicklungstoff, denn erst danach findet die Schwellung des Abdomens statt. Vor allem aber ist mit diesen letzten Versuchen die Entstehung des Arbeiter-Polymorphismus noch weiter geklärt als bisher; es kommt eben darauf an, in welcher Larvenperiode die „Stoßstoffe“ dem Körper zugeführt werden.

Die Stoßstoffe allein genügen indessen nicht. Es ist bei der Formprägung auch die Nahrung von Einfluß. Schon bei den Schaben sahen wir, daß Vitamin T allein nur die Entwicklung vorantreibt (vergl. auch Einfluß des Torutilins, Tab. 3). Es kommt zu beschleunigten Häutungen, die aber bei Mangel an richtigem „Betriebsmaterial“ (assimilierbaren Eiweißstoffen) von keiner Vergrößerung begleitet zu sein braucht. Bei *Drosophila* kommt dies weniger zum Ausdruck, denn die Larven finden, wie ja die Vollentwicklung der Kontrollen in gereinigten Apfelstücken zeigt, alles, was sie zur Entwicklung brauchen. Allerdings ist bei ausschließlicher Apfelkost die Entwicklung etwas kümmerlich; denn die Fliegen bleiben nicht nur klein, wie die bereits mitgeteilten Daten zeigen, sondern sind auch hinfälliger. Was den Tieren fehlt, ist aber keineswegs wirkliche Nahrung; denn Dialysate des Torutilins, bei denen durch Fällung neben den Lipoiden auch alle Reste von Eiweiß entfernt wurden, haben ausgezeichnete Wirkung. Dies ist wieder nur so zu erklären, daß die vorhandenen Nährstoffe besser aufgeschlossen werden, oder aber, wie sich immer wieder bei allen herangezogenen Organismen ergab, die Assimilation verstärkt und damit die Nahrung besser ausgenutzt wird. Dabei handelt es sich, wie schon erwähnt, um eine bessere Assimilation der Eiweißkörper. Fehlt nämlich Vitamin T, so geht trotz reichlicher Zufuhr von Protein die Entwicklung nicht gut voran. Dies ergibt sich unter anderem auch aus Tab. 18, wo bei Zusatz von Trockenei die Entwicklung ebenso zurückblieb wie bei Rückständen der Dialyse, d. h. den Eiweißstoffen der Hefe-Präparate, denen die Vitamine ent-

zogen waren. Damit stimmt dann überein, daß überall da, wo Eiweiß plus Vitamin T in genügendem Maße zur Verfügung steht, die Entwicklung rasch verläuft und große dunkelgefärbte Imagines liefert.

Eine das Leben schädigende *Überdosierung* von Vitamin T war bei *Drosophila* bisher nie festzustellen. Bei anderen Tieren

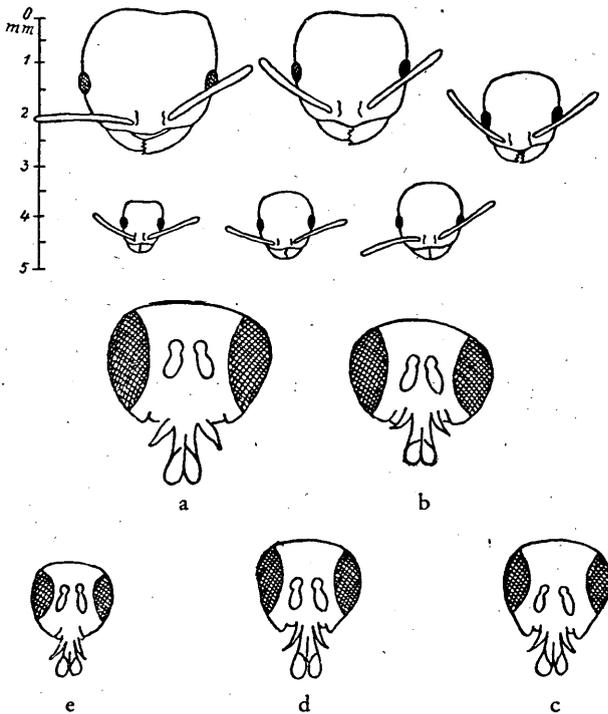


Abb. 9. Oben *Polymorphismus* der Ameise *Messor structor*, unten Köpfe von *Drosophila melanogaster* ♀, entstanden unter verschiedener Vitamin T-Einwirkung. a) Torutilin (mit Eiweißresten). b) Torutilin-Dialysat (ohne Eiweißreste). c) Vitamin B-Zugabe. d) Ohne Vitamin-Zugabe. e) Rückstand von Nähr-eiweiß nach völliger Extraktion von Vitamin T.

kann dagegen ein Übermaß gewisse Schädigungen verursachen. Der Wirkstoff regt dann zu sehr an, und läßt dadurch zu viel Kräfte verbrauchen. So kann es auch bei manchen Insekten zu einer zu raschen Häutung kommen, die dann gelegentlich eine vorzeitige Imaginisierung bewirkt. Bei Schaben liegen Anzeichen dafür vor (Tab. 9), und bei Termiten ist ja gerade eine solche vor-

zeitige Beendigung des normalen Ablaufes die Ursache für die Entstehung der echten Arbeiter und der Soldaten. Ohne durch regulierende Hormone gestoppt zu sein, wie dies bei Wirbeltieren

Tab. 23 a. *Polymorphismus* bei Ameisen-Kasten (*Acromyrmex*) und Fliegen (*Drosophila*). (Insekten mit vollkommener Verwandlung.)

Lfd. Nr.	Art	Kaste, Körperlänge	Verhältnis von Kopf-Höhe zu -Breite	Kaste, Körperlänge	Verhältnis von Kopf-Höhe zu -Breite	Bemerkungen
1/2	Acromyrmex striatus	gr. Zwerg 3,45 mm	0,97	gr. Gigant 7,75 mm	0,75	Naturfund bis auf lfd. Nr. 1, 6, 7, gezüchtet im Kunstnest
3/4		gr. Zwerg 3,50 mm	1,00	gr. Gigant 7,75 mm	0,75	
5/6		m. Zwerg 3,25 mm	1,00	m. Gigant 7,00 mm	0,70	
7/8		m. Zwerg 3,35 mm	1,00	kl. Gigant 6,25 mm	0,72	
9/10		kl. Zwerg 2,25 mm	1,00	kl. Gigant 6,25 mm	0,70	
11/12	Drosophila melanog. ♀	gr. Zwerg ohne Vitamin 2,30 mm	0,83	gr. Gigant Torutilin 3,20 mm	0,75	Gigantismus (Körpervergrößerung, Kopfverbreiterung) künstlich hervorgerufen durch Vitamin T
13/14		gr. Zwerg ohne Vitamin 2,30 mm	0,83	gr. Gigant Dialysat 3,30 mm	0,72	
15/16		m. Zwerg Vitamin B 2,10 mm	0,92	m. Gigant Torutiin 2,85 mm	0,66	
17/18		kl. Zwerg ohne Vitamin 2,00 mm	0,85	m. Gigant Dialysat 2,85 mm	0,70	
19/20		kl. Zwerg Hemmung? 1,55 mm	0,85	kl. Gigant Meth.-Ausw. 2,55 mm	0,72	

Ergebnis: Weitgehende Übereinstimmung der Formbildung bei Ameisen (*Acromyrmex*) und Fliegen (*Drosophila*).

Verhältniszahlen bei Zwergen 0,83—1,00

bei Giganten 0,66—0,75 (ohne daß Überschneidungen stattfinden, (vgl. auch Verhältnisse von Auge zu Kopf Abb. 7 und 8).

der Fall sein kann, verursacht Vitamin T gleichsam ein explosives Wachstum. So betrachtet sind demnach besonders die extremen Soldaten mit ihren Riesenköpfen, die mehr als die Hälfte des ganzen Körpers ausmachen, als anomale Hypervitaminosen anzu-

sehen, in etwas geringerem Maße auch die extremen Riesen der *Drosophila*.

Eine Überdosierung von Vitamin T vermag aber unter gewissen Umständen auch zu *kleine* Individuen zu schaffen, dann näm-

Tab. 23 b. *Polymorphismus* bei Ameisen-Kasten (*Acromyrmex*) und Fliegen (*Drosophila*). (Insekten mit vollkommener Verwandlung.)

Lfd. Nr.	Art	Kaste, Körperlänge	Verhältnis von Kopf-Höhe zu -Breite	Kaste, Körperlänge	Verhältnis von Kopf-Höhe zu -Breite	Bemerkungen
1/2	Acromyrmex striatus	gr. Vollweibchen 8,75 mm	0,80%	gr. Mittel-Arbeiter 6,00 mm	0,80%	Naturfunde bis auf lfd. Nr. 8 (gezüchtet im Kunstnest)
3/4		gr. Vollweibchen 8,75 mm	0,95%	gr. Mittel-Arbeiter 6,00 mm	0,83%	
5/6		m. Vollweibchen 8,50 mm	0,90%	m. Mittel-Arbeiter 5,25 mm	0,70%	
7/8		m. Vollweibchen 8,50 mm	0,79%	kl. Mittel-Arbeiter 4,25 mm	0,90%	
9/10		kl. Vollweibchen 8,00 mm	0,83%	kl. Mittel-Arbeiter 4,00 mm	0,90%	
11/12	Drosophila melanogaster ♀	gr. Wildform 2,75 mm	0,75 — 0,8%	gr. Weibchen Dialys. Rückst. 2,80 mm	0,70%	Wildformähnliche Züchtungen, größere Tiere bei Eiweißzugabe
13/14		gr. Wildform 2,70 mm	0,81%	gr. Weibchen Ei-Zugabe 2,80 mm	0,80 — 0,82%	
15/16		m. Wildform 2,40 mm	0,75%	m. Weibchen Meth. Extr. 2,55 mm	0,72%	
17/18		kl. Wildform 2,30 mm	0,71%	kl. Weibchen H ₂ O-Ausw. 2,30 mm	0,85%	
19/20		kl. Wildform 2,00 mm	0,80%	kl. Weibchen ohne Vitamin 2,30 mm	0,86%	

Ergebnis: Die Formveränderungen *innerhalb* der Ameisenkassen zeigen bereits Schwankungen, die auf *allgemeine* Außenbedingungen zurückzuführen sind: Die Schwankungen der Acromyrmex-Weibchen (0,79—0,95%) sind ähnlich wie die der mittleren Arbeiter (0,70—0,90%). Die Wildformen von *Drosophila* haben nur wenig geringere Schwankungsbreiten (0,71—0,81%), desgl. Tiere mit wenig Vitamin T-Zugabe (0,70—0,86%).

lich, wenn nicht genügend Nahrung zur Verfügung steht, die angekurbelten Entwicklungsvorgänge zu befriedigen. Sind doch schon manche Termitensoldaten trotz ihrer Riesenköpfe kleiner als die Arbeiter, z. B. die mancher *Capritermes* sowie die Nasuti der *Metatermiten*. Wie dies zu erklären ist, zeigen Beobachtungen an *Drosophila*: Läßt man in Tuben mit wenig Nahrung und viel Vitamin T eine zweite Generation entstehen, die unter dem Einfluß des Wirkstoffs besonders reichlich ausfällt (Tab. 20 und Abb. 10), dann gibt es sehr kleine Fliegen, aber in großer Menge (Tab. 21), analog den großen Massen kleinster Arbeiter, die wir bei manchen Ameisen, und zwar gerade bei den Pilzzüchtern, finden.

Nachdem es bereits gelungen war, die bei unvollkommener Verwandlung entstehende Termiten-Kasten aus Vorgängen der Schabenentwicklung zu erklären, glückte dies nunmehr auch bei Ameisen mit ihrer indirekten vollkommenen Metamorphose. Vergewärtigen wir uns deshalb noch einmal ganz kurz, was die Ameisen-Giganten auszeichnet und von den Arbeiterinnen unterscheidet. Wir haben zunächst, als auffallendstes Merkmal, die bedeutende Größe, die bei den Attinen, wo die Verhältnisse am besten analysiert sind, besonders in die Augen springt (*Goetsch* 1942, Abb. 8). Gleichzeitig ist die Pigmentierung bei den Giganten stärker; hierfür liefern besonders *Solenopsis*-Arten gute Beispiele. (*Goetsch* 1937, Abb.). Aber auch die Körperproportionen sind bei den Giganten anders als bei den Mittel- und Kleinformen: die Köpfe sind relativ größer und breiter, und die Zahl der Augenfazetten ist vermehrt. Schließlich kann noch die Bestachelung des Kopfes und des Körpers zunehmen (*Goetsch* 1940, Abb. 8 b und 1942, Abb. 8). Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß auch die Innenorgane gewisse Veränderungen erleiden können: die Ovarien sind meist besser ausgebildet (besonders bei *Messor*- und *Solenopsis*-Arten), so daß die Giganten den Weibchen darin ähnlicher sind als die Zwerge. Diese Charakterisierung der Ameisen-Giganten trifft in weitem Maße auch für die *Drosophila*-Riesen zu. Zusammen mit der Größe verwandelt sich Färbung und Körperproportion. Die Pigmentierung ist viel stärker als bei den kleinen, und die Köpfe relativ größer. Am auffallendsten aber sind die Unterschiede der Augen, die bei den *Drosophila*-Giganten weit größere Flächen des Kopfes einnehmen als bei den Mittel- und Kleinformen. (Abb. 7—9). In Tab. 22 sind eine Anzahl verschie-

den großer *Drosophila*-Weibchen genauer analysiert und die Proportionen ausgerechnet, die sich dabei ergeben. Die Stärke und die Art des Vitamins, die Dauer der Entwicklung sowie die Größe der Ausgangslarven spielt dabei, wie wir schon sahen, immer wieder eine Rolle. Zur besseren Veranschaulichung sind in Abb. 7 eine Anzahl der gemessenen Tiere in Körper- und Kopf-Umrissen festgehalten. Sie zeigen, daß bei den in der Mitte dargestellten Wildtieren schon recht beträchtliche Unterschiede vorkommen. Die Kleinen entsprechen etwa den Fliegen, die auf den gereinigten Apfelstücken keine Hefen oder Pilze vorfanden, sowie den Tieren,

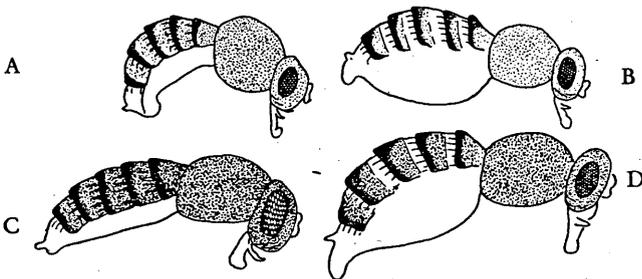


Abb. 10. *Drosophila melanogaster*, Weibchen. Einwirkung mehrmaliger Entwicklungsstöße auf Körperlänge und Keimdrüsen. Auf A) und B) erfolgt *kein* Entwicklungsstoß während der Larvenzeit (= kleine Tiere); C) und D) standen als Larven unter Einfluß von Vitamin T (= große Tiere). Bei B) und D) Entwicklungsstöße auf frischgeschlüpfte Imagines (großes Abdomen), bei A) und D) nicht (= kleines Abdomen). Die Gesamtgröße ist abhängig von der Larvenfütterung, die der Keimdrüsen von der Fütterung der jungen Imagines; Vitamin T beeinflußt stets am stärksten die gerade *wachsenden* Organe (vergl. Tab. 20).

die Vitamin B erhielten. In Abb. 8 sind noch einmal ganz extreme Formen nebeneinandergestellt, um die Unterschiede herauszuheben: sie stehen den Giganten und Zwergen der Messor- und Solenopsis-Ameisen kaum nach, wie auch die Zusammenstellung der Köpfe in Abb. 9 zeigt. Daß die Keimdrüsen gelegentlich zunahmen, wurde schon erwähnt (Abb. 10) und dabei auch bereits festgestellt, wann es dazu kommt: Dort nämlich, wo die jungen Imagines ein Entwicklungsstoß trifft. Kombinieren sich larvale und imaginale Entwicklungsstöße, dann entstehen die größten Giganten. Damit kommen wir wieder zu der Ursache dieser Erscheinungen: ein Mehr oder Weniger von bestimmten Vitaminen

zu bestimmten Phasen entscheidet über das Schicksal und bestimmt die Form, in manchen Fällen sogar das Verhalten der Tiere, wie das folgende Kapitel zeigt.

Wie stark die Ähnlichkeit der *Drosophila*-Giganten und -Zwerge mit denen der Ameisen im Einzelnen sein kann, ist in Tab. 23a und b zusammengefaßt, und im Vergleich hierzu auch die Ähnlichkeit der in unvollkommener Metamorphose entstandenen Termiten- und Schaben-Soldaten (Tab. 24). Vor allem ist die Vergrößerung der Kieferpartien auffallend, die wir in beiden Fällen antreffen. Die Verhältniszahlen stimmen, wie aus Tab. 23 und 24 hervorgeht, in weitem Maße überein, und Überschneidungen finden nicht statt, sofern es sich um wirkliche Giganten handelt, die auf frühen Entwicklungsstufen einen Beschleunigungsstoß erhielten.

Es erscheint reizvoll, aus dem hier Dargelegten allgemeinere Gesetze für die Entwicklung der Insekten sowie für die Entwicklung der Größenverhältnisse überhaupt anzuschließen. Dafür genügen indessen die bis jetzt vorliegenden Daten noch nicht. Daß bestimmte Regeln für manche dieser Erscheinungen vorzuliegen scheinen, zeigen beispielsweise die Elefanten, deren Rüssel und Zähne relativ immer länger werden, je mehr sich die Tiere im Laufe ihrer phylogenetischen Entwicklung vergrößern, und manche Reptilien, deren Kopf und Körperanhänge immer mehr zunehmen, je größer sie werden, oder aber auch die Riesenhirsche mit ihren zunehmenden Geweih-Vergrößerungen. Die Zunahme geht meist so lange vor sich, bis derartige Übertreibungen im wahren Sinne des Wortes untragbar werden, und dann das Aussterben beginnt. Für die Extremformen der Riesensoldaten und Giganten der Ameisen und Termiten trifft diese Selektion deswegen nicht zu, weil andere für sie sorgen. Daß für die Entwicklung mancher Riesenformen körpereigene Wirkstoffe verantwortlich zu machen sind, wurde schon vermutet; bei manchen Dinosauriern spricht z. B. die im Schädelausguß feststellbare Veränderung von Hirnanhängen für hormonale Einflüsse. Von mancher Seite wird sogar die menschliche phylogenetische Entwicklung auf eine Störung des hormonalen Kreislaufes zurückgeführt. Es kann ja in der Tat nicht geleugnet werden, daß die extreme Verlängerung der Jugendzeit,

die ihresgleichen in der Tierreihe nicht hat, mit inneren Wirkstoffen in Zusammenhang steht. Wenn wir nunmehr feststellen können, daß auch Vitamine derartiges bewirken, so erkennen wir damit den Außenbedingungen eine weit größere Rolle zu, als es bis dahin üblich war.

8. Änderung des Verhaltens unter dem Einfluß von Vitamin T.

Die Untersuchungen lehrten, daß nicht nur die Gestalt durch das Vitamin T Veränderungen erleidet; auch das Verhalten kann verändert werden. Der erste konkrete Fall, der hier besprochen werden muß, ist eine eigenartige Gewohnheitsänderung von Ameisenköniginnen. Die Nestgründung junger *Lasius* geht in der Weise vor sich, daß die entflügelten Weibchen sich in ein Versteck zurückziehen, welches sie nach außen abschließen. Bei den vielen 100 Nestgründungen, die ich und meine Mitarbeiter *I. v. Keiser*, *S. Käthner*, u. a. bei *Lasius niger* beobachteten (vergl. auch *Goetsch-Käthner* 1937 c) ließ sich niemals die Art und Weise feststellen, welche *Lasius emarginatus* gelegentlich anwendet: das Zerkauen von Pflanzenteilen zur Herstellung einer Kartonmasse. Diese Methode wurde auch dann nicht angewandt, als wir den *Lasius niger*-Königinnen nur feuchtes Filtrierpapier boten, eine Methode, die sich als sehr gut erwies. (*I. v. Keiser*, unveröffentlicht). Als ich nun mittels dieser Methode im Sommer 1945 bei 10 *Lasius niger*-Weibchen zu dem Wasser, mit dem ich das Filtrierpapier befeuchtete, Torutilin oder Termitin zugab, änderte sich bei 7 Tieren das Verhalten. Sie zerkauten das Papier und bildeten eine Kartonmasse, mit der sie die Nestkammer abschlossen. Bei Wasserzugabe ohne Vitamin T geschah dies auch in dieser Versuchsreihe niemals.

Wie wir bereits sahen, verursacht Vitamin T-Zugabe eine Steigerung der Lebensvorgänge, die sich auch bei Kaulquappen und Mäusen in größerer Lebhaftigkeit äußerte. Bei Ameisen verursacht sie eine vermehrte Ei-Ablage, so daß man auch dort eine Steigerung der Lebensvorgänge findet (Tab. 13). *Lasius emarginatus* ist nun die etwas lebhaftere südliche Form des Rassenkreises, dem auch *Lasius niger* angehört. Daß es sich um wirklich fest umrissene Rassen handelt, die man meist sogar als Arten auffaßt,

zeigt das Vorkommen beider Formen nebeneinander. Im Norden wird nun *Lasius emarginatus* niemals so groß wie im Süden, was den Versuchen nach unmittelbar auf die Temperatur zurückgeführt werden kann (vergl. *Goetsch* 1937, Abb.). Können wir uns die Verhaltensänderung nun vielleicht so erklären, daß durch den Einfluß von Vitamin T gleichsam die Lebensvorgänge der Nordform so gesteigert wurden, daß eine Angleichung an die Südform erfolgt? Die Vermutung ist nicht von der Hand zu weisen, wenn auch ein wirklicher Beweis dazu noch aussteht. Temperaturerhöhung allein brachte bisher noch kein Ergebnis. Vielleicht wird diese Änderung des Verhaltens (= Instinkts) auf körperliche Umbildungen zurückzuführen sein (wie etwa die Vergrößerung der Speicheldrüsen); bei Termiten liegen jedenfalls begründete Anzeichen dafür vor, daß veränderte Körperform veränderte Gewohnheiten bedingt. Wie ich früher bereits beschrieb, benehmen sich bei einer Störung des Nestes *Reticulitermes*-Soldaten ganz anders als Arbeiter und Larven (*Goetsch* 1940). Sie wandern, wenn auch zögernd, auf die Störungsstelle zu, während die Arbeiter die Flucht ergreifen. Bei *Kaloterme*s ist es ähnlich, und hier ließ sich auch feststellen, warum dies wohl so ist. Bei der Soldatenbildung wird nicht nur die Chitinschicht des Körpers und des Thorax verstärkt, sondern auch die Augenanlage verbessert (Abb. 11 e). Bei vielen großen *Kaloterme*s-Soldaten sieht man die Augenfazetten ganz deutlich durchschimmern, auch wenn die Pigmentierung fehlt, und bei manchen exotischen *Kaloterme*s-Arten haben die Soldaten Augen, die Arbeiter nicht. Daß ähnliche Unterschiede bei den Ameisen das Verhalten bestimmen, fiel mir schon früher auf (*Goetsch* 1939); die Giganten der *Attinen* mit ihren auch relativ großen Augen verlassen das Nest viel schneller als die Zwerge, bei denen die Augen oft nur als Rudimente zu bezeichnen sind (*Acromyrmex*-Arten). Solche Zwerge haben stets die größte Scheu, das Nest zu verlassen, und betätigen sich fast ausschließlich im Innendienst. Das Verhalten der Arbeiter und der Soldaten ist auch bei *Messor* in weitem Maße von der körperlichen Ausbildung abhängig (Tab. 25 und 26), und da diese wiederum durch das Vitamin T bedingt ist, beeinflußt dieser Wirkstoff mittelbar die Gewohnheiten der Tiere, oder, wie man früher gesagt haben würde, den „in der Vererbung fest verankerten Instinkt“.

III. Vitamine als Gross-Modifikatoren.

Die starken Veränderungen, die wir bei dem Einfluß des Vitamins T auf Gestalts-Bildung und auf Gewohnheits-Äußerungen kennenlernten, machen es notwendig, den Begriff der Modifikation etwas weniger allgemein zu gebrauchen, als dies bisher üblich war. Umfaßt er doch Erscheinungen, die keineswegs alle miteinander gleichgesetzt werden können. Wir haben bei den Ameisen und Termiten, um diese jetzt am besten analysierten Objekte als Beispiele heranzuziehen, Umweltseinflüsse ganz verschiedener Art: Zunächst die, welche auf dauernde Einflüsse zurückzuführen sind, wie Klima und alles, was damit zusammenhängt. Solche mehr allgemeinen, längere Zeit andauernden Einflüsse treffen *alle* Mitglieder eines Insektenstaates mehr oder weniger *kontinuierlich*, und das Ergebnis sind große, unter günstigen Einflüssen entstandene Männchen, Weibchen, Arbeiter und Soldaten, oder aber kümmerformen in jeder Kaste, wenn die Bedingungen ungünstig sind. Bei den körnersammelnden Ameisen, deren Staaten ich in Spanien, Italien und auf der Balkanhalbinsel vom Meer hinauf bis zum Hochgebirge verfolgte, sind solche kontinuierliche Modifikationen bisher am besten bekannt geworden. Die „Giganten“ der Gebirgsformen sind oft kleiner als die „Zwerge“ der Küstenbewohner; sie bleiben aber Giganten, in gleicher Weise, wie auch die Soldaten von Pheidole-Arten unter günstigen oder ungünstigen klimatischen Verhältnissen groß oder klein sein können. (*Pheidole pallidula*, *Ph. bergi*, *Ph. goetschi* u. a.). Dann, wenn die Umwelt ganz schlecht wird, können hier wie auch bei Messor die Großköpfe ganz fehlen; in den Fällen, in denen sich die Bedingungen zu ihrer Realisierung nicht verwirklichen. Dies führt zum zweiten Typ der Modifikation, der nämlich, welche auf die Anwesenheit modifizierender Vitamine zurückgeführt werden muß: die nur zu gewissen Zeiten wirksame *Stoß-Modifikation*, auf einer plötzlichen, unter dem Einfluß des Vitamins beginnenden Entwicklungsbeschleunigung beruhend. Ich habe sie früher schon als *Groß-Modifikation* bezeichnet (1943), um das *Ausmaß* der dabei zu beobachtenden Veränderungen zu kennzeichnen. Denn der Unterschied zwischen Arbeitern und Soldaten bei Termiten und Ameisen ist eben so groß, daß man sie ohne Kenntnis der Verhältnisse nicht für Geschwister halten würde.

In beiden Fällen, bei der kontinuierlichen Modifikation durch länger dauernde Außenbedingungen sowohl wie bei der stoßweisen Veränderung durch Vitamine können wir nun Folgendes feststellen: sie führen beide, wenn auch in verschiedener Art, zu Erschei-

Tab. 24. *Polymorphismus* (Kasten) bei Termiten (*Kaloterme*) und Schaben (*Periplaneta*). (Insekten mit unvollkommener Verwandlung.)

Lfd. Nr.	Art und Kultur	Kaste, Stadium	Verhältnis v. Mandibellänge zu Kopfgröße	Kaste, Stadium	Verhältnis v. Mandibellänge zu Kopfgröße	Bemerkungen	
1/2	<i>Kaloterme flavicollis</i>	Arbeiter (Larve)	25—28%	Soldat	34%	Naturfunde bis auf 1/2. (im Kunstnest gezüchtet)	
3/4	<i>Kaloterme flavicollis</i>	Nymphe	22—24%	Ersatzmännchen	25%		
5/6	<i>Kaloterme cayutuensis</i>	Arbeiter (Larve V)	24—25%	Soldat	42%		
7/8	<i>Kaloterme cayutuensis</i>	Imagomännchen	27—29%	Ersatzmännchen	29%		
9/10	<i>Kaloterme zapallarensis</i>	Arbeiter (Larve V)	23—25%	Soldat	45%		
11/12	<i>Kaloterme zapallarensis</i>	Arbeiter (Larve)	28%	Soldat	37,5%		
13/14	<i>Periplaneta A/C ♂</i>	„Arbeiter“ Stad. IV	29%	„Soldat“ Stad. IV	39%		Soldatenähn. Bildung (extreme Kopervergrößerung) künstl. hervorgerufen durch Vitamin T
15/16	<i>Periplaneta B/D ♂</i>	„Arbeiter“ Stad. IV	27,5%	„Soldat“ Stad. IV	34,8%		
17/18	<i>Periplaneta A ♂</i>	„Arbeiter“ Stad. V/VI	28%	„Soldat“ Stad. V/VI	34,8%		
19/20	<i>Periplaneta 108 b ♂</i>	„Arbeiter“ Stad. VI	28,5%	„Soldat“ Stad. VI	37,7%		
21/22	<i>Periplaneta 108 c ♂</i>	„Arbeiter“ Stad. VII	28,8%	„Soldat“ Stad. VII	36%		
23/24	<i>Periplaneta B ♀</i>	„Arbeiter“ Stad. VI	24%	„Soldat“ Stad. VI	31%		

Ergebnis: Weitgehende Übereinstimmung der Formbildung bei *Kaloterme*-Arten und *Periplaneta orientales*.

Verhältniszahlen von Kopf-Proportionen in beiden Fällen

bei Arbeiter 22—29%

bei Soldaten 31—45% (ohne das Überschneidungen stattfinden).

nungen, zu deren Erklärung wir bisher oft die Vererbungserscheinungen heranzogen. Wie schon eingangs betont, sind echte Kleinarassen, d. h. die auf erbliche Abänderung (= Mutation) zurückzuführende Eigenschaften wie Fleckung, Färbung, u. a. m. gerade

Tab. 25. *Messor structor*. Verschiedenes Verhalten verschieden großer Arbeiterinnen im Messor-Ameisenstaat. Die Tiere werden bei ihrer Arbeit weggefangen und ausgemessen.

Lfd. Nr.	Tätigkeit, Bemerkungen	Zahl	Größe in mm											
			Klein-Arbeiter		Mittel-Arbeiter		Giganten							
			3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
a. Nest AB X, Varna, Schwarzmeerküste, Bulgarien														
1	Erste Ausläufer („Erkunder“)	28					3	6	2	7	2	5	3	Außendienst
2	Erste Sammler (noch keine feste Gruppe)	57	1	7	10	10	11	5	4	5	3	1		
3	Sammler (feste Gruppe)	84	1	13	11	16	24	11	7	1				
4	Beginn der Bautätigkeit	11	1	1	2	2	5							Innendienst
5	Bauarbeiter (feste Gruppe)	18	1	1	3	3	3	5	2					
6	Pfleger im Nest	10	1	2	3	2	1	1						
	Sa	208	2	4	15	29	27	28	42	17	19	6	6	3
b. Nest o M, Tihany, Plattensee, Ungarn														
7	Erste Ausläufer („Erkunder“)	26		2	5	3	2	3	5	3	3			Außendienst
8	Erste Sammler (keine feste Gruppe)	23		2	6	5	2	2	5	1				
9	Sammler (feste Gruppe)	134	2	6	11	25	31	33	7	16	3			
10	Beginn der Bautätigkeit	19	1	2	2	7	3	1	3					Innendienst
11	Bauarbeiter (feste Gruppe)	14	4	5	2	3								
12	Pfleger im Nest	5	4	1										
	Sa	211	9	10	10	25	39	40	38	12	23	11	4	

Bei weiteren Auszählungen von *Messor structor*-Nestern in Tihany (521 Arbeitern) waren im Nest beschäftigt 46% kleine, 40% mittlere, 15% große; im Außendienst 13% kleine, 65% mittlere, 22% große.

Ergebnis: Bei allen Auszählungen lassen sich im Außendienst stets mehr große, im Innendienst stets mehr kleine Arbeiterinnen feststellen.

Die durch Vitamin T bedingte Größe bestimmt damit auch das Verhalten der Tiere (vergl. auch die Nester der Attinen, Goetsch 1939).

bei Ameisen gut bekannt (Abb. 1), und noch besser natürlich bei *Drosophila*. Sie werden von den Vitaminen nicht betroffen, und die durch die Wirkstoffe erzielten Veränderungen wiederum erwiesen sich nicht als erblich (Tab. 21). Nur dann, wenn immer wieder Vitamin T zur Verfügung steht, bleiben die Nachkommen von *Drosophila* groß, und die Jungen, die aus Soldateneiern von Termiten oder Ameisen entstehen, sind Normaltiere, sofern sie nicht erneut unter den Einfluß des Wirkstoffes geraten. Ähnlich ist es vermutlich bei der Änderung des Verhaltens von Ameisenweibchen bei der Nestgründung, oder bei der verschiedenen Tätigkeit der Nestgenossen innerhalb der Arbeitsteilung, Gewohnheiten, die man früher als Instinkt und damit für vererbbar ansah. Hier ist die Abhängigkeit der Gewohnheit von der Gestalt (und damit von Vitamin-Einflüssen) ebenso evident wie die mangelnde Bewegungsmöglichkeit einer Termitenkönigin, welche durch die riesige, unter dem Einfluß der Fütterung entstehende Schwellung des Abdomens bedingt ist.

Die Entstehung der Klein- und Großformen bei Ameisen, die für die Arbeitsteilung eine Rolle spielt, wird aber vermutlich noch in anderer mittelbarer Weise durch Vitamin beeinflusst, als wir es bisher behandelten: auf dem Umweg über die Eibildung nämlich. Wir sahen schon, daß die Erst-Arbeiter der meisten Ameisen klein sind und aus den kleinen Ersteiern der jungen Königinnen entstehen, eine Erscheinung, die als *blastogen* bezeichnet wird. Bei den Attinen nun sind die ersten Eier größer als später, und damit auch die ersten Arbeiter keine Zwerge. Es ist dies eine Ausnahme, die jetzt verständlich wird. Die jungen Königinnen, welche sich schon vorher von *Hypomyces*-Pilzen nährten, und ihre Mistbeetanlage beim Hochzeitsflug mitnahmen, fressen auch während der Nestgründung ausschließlich Pilzstoffe sowie eigene Eier. Bei ihnen tritt demnach eine Erscheinung ein, wie bei dem imaginalen Entwicklungsstoß der *Drosophila*-Weibchen, u. zw. in bester Kombination mit Eiweißnahrung. Bewirkte doch gerade *Hypomyces* auch bei *Lasius* und *Camponotus* eine verstärkte Eiproduktion (Tab. 12 und 13). Später legt die Attinen-Königin meist Eier geringerer Größe und erzeugt so in Massen die kleinsten Arbeiterinnen, die deutlich Mangelerscheinungen aufweisen. Jetzt stehen der Königin zwar viel Pilze zur Verfügung, aber wenig Eiweiß, denn ihre abgelegten

Eier werden von den Arbeiterinnen sofort weggenommen. Viel Wirkstoff und wenig Betriebsstoff (Eiweiß) bedeutet, wie wir sahen, eine rasche Entwicklung bei geringer Größe (vergl. u. a. Schaben, Tab. 9 und *Drosophila*; dies trifft auch hier auf die sich in den Ovarien entwickelnden Eier zu. Und da die Attinen-Königin nach Aufbau der ersten Mistbeete durch die Arbeiter kontinuierlich unter diesen Bedingungen bleibt, werden von ihr auch in der Hauptsache große Massen kleiner Eier abgelegt. Die sich daraus entwickelnden Larven bleiben auch nach der Geburt meist unter demselben Einfluß, d. h. sie erhalten viel Wirkstoff und verhältnismäßig wenig einseitiges Pilzfutter, das nach unseren Untersuchungen als Allein-Nahrung nur kleine Larven entstehen läßt (*Goetsch-Grüger* 1942). Da aber entgegen allen früheren Ansichten unsere Beobachtungen zeigten, daß neben den Pilzen auch Pflanzensäfte, Früchte, Insekten und vor allem die eigenen Puppen gefressen werden, besteht auch im Attinen-Staat die Möglichkeit eines „Giganten-Futters“, das den Polymorphismus auslöst.

Von Wichtigkeit ist hier folgendes: Die jungen Atta oder Acromyrmex werden im weiten Maße durch Außenbedingungen geprägt. Es können aber auch noch Bedingungen hinzukommen, welche nicht sie selbst, sondern die vorhergehende Generation beeinflussen; Bedingungen, die dann in den Eiern liegen. Dies eben besagt ja der Ausdruck blastogen, den man früher mit Vererbungserscheinungen gleichsetzte. Daß dies nicht zugänglich ist, hatte ich schon früher betont (1939), und für die eigentliche Vererbungserscheinung die Bezeichnung genetische oder chromosomale Einflüsse benützt, die neben den blastogenen vorhanden sind.

Aber auch rein genetische Vorgänge können vielleicht einmal in Beziehung gebracht werden mit Wirkstoffen. *Kühn* und seine Mitarbeiter (Literatur s. *Kühn* 1939) zeigten, daß die Wirkungsweise der Gene in weitem Maße so aufgefaßt werden kann, als ob gleichsam von den Chromosomen Hormone abgeschieden würden. Bei dem Schmetterling *Ephestia kühniella* verursacht die Verpflanzung von bestimmten Organen einer dominant dunklen Rasse in helle Tiere eine Verdunklung, d. h. das gleiche, was sonst eine Einkreuzung der dominanten Form bewirkt. Wirkstoffe, die von außen, durch Transplantation nämlich, dem Körper zugeführt wurden, hatten demnach den gleichen Erfolg wie Wirkstoffe, die sonst von

Der Einfluß von Vitamin T auf Gestalt und auf Gewohnheiten von Insekten. 265

den Eiern durch Vererbungsvorgänge geliefert wurden. Da jetzt auch Vitamine, d. h. körperfremde Stoffe, dasselbe zu tun vermögen, scheinen sich die Grenzen der extremen Vererbung noch mehr ein-

Tab. 26. *Messor structor*. Verschiedene Empfindlichkeit großer und kleiner Arbeiterinnen aus Tihany (Plattensee). Die Tiere wurden in Gipsnestern gehalten, die z. T. austrockneten.

a. Nest M. Alte Tiere (Sammler)			
Größe	Eingesetzt 101 Tiere	Tot durch Trockenheit 35 Tiere = 35%	%
Klein (3–3,5 mm)	10 (=10% der Gesamtzahl)	10 (=30% der Toten)	100%
Mittel (5–6,5 mm)	79 (=79% der Gesamtzahl)	23 (=65% der Toten)	30%
Groß (7–8 mm)	12 (=12% der Gesamtzahl)	2 (=5% der Toten)	11%
Sa	101 Tiere	35 Tiere starben =	35%
b. Nest S. Junge Tiere (aus Nest geholt)			
Größe	Eingesetzt 146 Tiere	Tot durch Trockenheit 73 Tiere = 48%	%
Klein (3–4,5 mm)	50 (=34% der Gesamtzahl)	43 (=60% der Toten)	86%
Mittel (5–6,5 mm)	71 (=48% der Gesamtzahl)	30 (=40% der Toten)	42%
Groß (7–8 mm)	25 (=17% der Gesamtzahl)	0 (=0% der Toten)	0%
Sa	146 Tiere	73 Tiere gestorben =	48%

Ergebnis: Die größere Widerstandsfähigkeit der auf Vitamin T zurückführbaren Modifikate hat für die *Messor*-Staaten Selektionswert: Sie ermöglicht ihnen die Besiedlung der Wüsten. Die gegen Trockenheit wenig empfindlichen Großarbeiter stellen, wie auch aus Tab. 25 hervorgeht, die Erkunder und ersten Sammler. Auf ihren Alarm hin vermögen dann die weniger geschützten Mittel-Arbeiterinnen eine gefundene Futterquelle in kürzester Zeit auszunützen. Ähnliches gilt für die Blattschneider-Arten, welche weit in die Trockensteppe Ost-Patagoniens vorzudringen vermögen. Bei ihnen ließ sich noch ein weiterer Selektionswert der Groß-Arbeiter und Giganten feststellen: Die Eidechse *Liolaemus goetschi* frißt in weitem Masse Ameisen (*Forelius*, *Dorymyrmex*). Wie die Magenuntersuchungen ergeben, nimmt sie auch kleine, aber niemals große *Acromyrmex striatus* oder *lobicornis* auf; sie werden wegen ihrer stärkeren Bestachelung verschmäht. Auch hier hat demnach eine Vitamin T-Modifikation bedeutenden Selektionswert.

zuengen. Natürlich bleibt für sie noch ein ganz prinzipieller Unterschied bestehen: die unbeschränkte Weitergabe an die Nachkommen wurde noch nicht erzielt, obwohl *Kühn* schon Dauer-Modifikationen erreichen konnte, d. h. eine Beeinflussung auch der nächsten Generation durch die Einpflanzung von Organteilen in die Eltern.

Für den Systematiker ergeben sich durch diese neuen Erkenntnisse bereits Schwierigkeiten. Die Feststellung, was in einem konkreten Fall vorliegt, ist außerordentlich erschwert, da man eben einem gerade vorliegenden Tier niemals ansehen kann, ob die Formdifferenzen, die es von einem anderen unterscheiden, auf wirklichen Artunterschieden beruhen oder aber auf einer Dauer-Groß-Modifikation. Der Paläontologe, der vor einer solchen Frage steht, ist noch schwieriger daran; er würde vermutlich den Arbeiter einer fossilen Termiten für etwas ganz anderes halten als einen Soldaten.

Aber auch der Zoologe kann in solche Schwierigkeiten geraten, denn nicht einmal das *Verhalten* läßt sich zu eindeutiger Artbestimmung heranziehen, wie die Gewohnheitsänderungen der Ameisen unter dem Einfluß des Vitamins T zeigen. Nicht einmal die *Nachzucht* braucht gleich Aufklärung zu schaffen. Denn wenn man unter normalen Verhältnissen züchtet, bleiben eben die vorherigen Bedingungen erhalten, und wenn bei Abänderung der Bedingungen etwas anders erscheint, dann weiß man nicht, ob es sich dabei nicht etwa um eine gerade hierdurch bedingte Modifikation handelt.

Als hypothetisches Beispiel seien die Wanderheuschrecken angeführt; es spricht nämlich manches dafür, daß bei dem Auftreten ihrer Schwärme Wirkstoff-Einflüsse eine Rolle spielen. Wie besonders englische, amerikanische und russische Untersuchungen zeigen, sind manche, zunächst als verschiedene *Species* angesehene Heuschrecken nur *Formen* oder *Phasen derselben Art*. Die Unterschiede liegen dabei nicht nur in der Gestalt, sondern auch im Verhalten. Die eine Phase lebt ungesellig und wandert nicht, die andere ist wanderlustig und schwarmbildend. Da Heuschrecken im *Experiment* auf Vitamine sehr stark reagieren (Abb. 5, S. 236), kann angenommen werden, daß dies auch in der *Natur* so ist. Schwankende Witterungseinflüsse mit veränderter Ernährung

könnten somit, wenn sie mit einer geeigneten kritischen Phase zusammenfallen, infolgedessen Gestalt und Verhalten vielleicht ebenso beeinflussen wie Vitamin T die Ameisen. Die jetzt als besondere Phasen bezeichneten Formen der Heuschrecken wären, wenn sich diese Hypothese bewahrheiten sollte, dann auch als *Großmodifikanten* zu bezeichnen.

Bei der Frage, ob es sich um eine wirklich echte Art handelt oder nicht, kann sogar gelegentlich *das* Merkmal versagen, das bisher noch am eindeutigsten war: die Begattungsmöglichkeit. Denn zwischen den durch kontinuierliche und stoßweise Modifikation veränderten Geschlechtstieren der Ameisen kann die Begattung aussetzen, einfach dadurch, daß die Größenunterschiede zu bedeutend sind. Durch Häufung solcher Faktoren können demnach scheinbar ganz neue Rassen entstehen, besonders dann, wenn zu der Kulminierung noch eine progressive Steigerung kommt. Viel Vitamin und wenig Nahrung läßt, wie wir sahen, kleine Formen in großer Zahl entstehen. Wenn auf eng begrenzten Raum, wie beispielsweise auf Inseln oder auf Bergspitzen, dauernd Nahrungsmangel, aber Vitaminüberschuß besteht, würde demnach eine Hypervitaminose eine kleine „Inselrasse“ schaffen, und die Bedingungen zu immer weiter fortschreitender Verkleinerung vorbereiten.

Wie man sich derartige Vorgänge denken kann, sei wieder an einem theoretischen Beispiel erläutert, dem vielleicht später einmal sogar praktische Bedeutung zukommen kann. Es ist bekannt, daß auch Honigbienen auf Außenbedingungen ansprechen; in verkleinerten Zellen mit weniger Nahrung bleiben die Arbeiterinnen kleiner als in großen. Es scheint nun nach einigen Vorversuchen nicht ausgeschlossen, daß unter dem Einfluß von Vitamin T Kopfpertien vergrößert werden.

Es spricht vieles dafür, daß die Honigbienen auch auf Vitamin ansprechen, d. h. vielleicht Köpfe und Mundgliedmaßen verändern. Die so gefütterten Völker vermögen dann andere Blüten aufzusuchen als die Normalstöcke. Gesezt den Fall, sie bekämen dadurch die Möglichkeit, sich dauernd mit dem entsprechenden neuen Wirkstoff zu versorgen, dann *bleiben* sie groß, auch für die Dauer. Derartige Gedanken sind nicht nur Spekulation: Anoplotermes-Staaten, wegen des Fehlens der Soldaten als waffenlose Termiten bezeichnet, tragen, wie wir sagen, die Möglichkeit der

Soldaten-Bildung in sich, ohne sie normalerweise zu realisieren. Geraten sie in eine Lage, in der die Umbildung ausgelöst wird, so haben sie plötzlich Soldaten, und zwar vielleicht *nur* Soldaten, so wie in meinem Kunstnest. Da hier die Umbildung nicht so groß

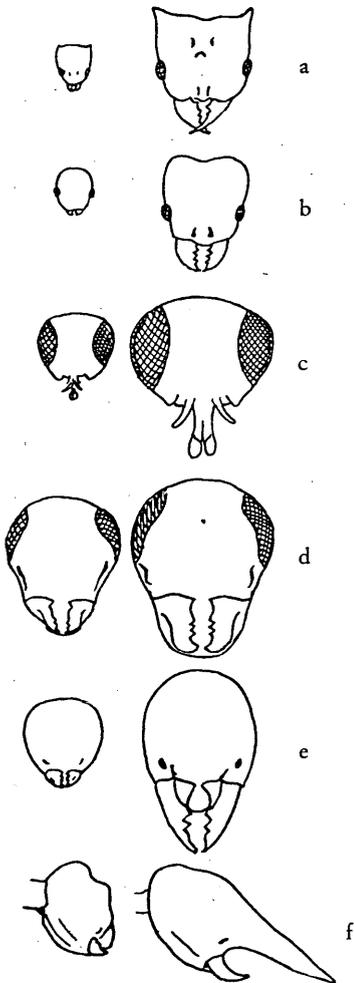


Abb. 11. Veränderung der Kopfgröße, der Kopfform und der Kopfgorgane durch Vitamin T-haltige Nahrung.

Links ohne, rechts mit Vitamin T (hier stets Vergrößerung der Schädelkapsel). Sämtliche Arten wurden auch im Kunstnetz gezüchtet.

a) *Acromyrmex striatus* (Patagonien). Vergrößerung der Kiefer samt Muskulatur. Relativ große Augen, gelegentlich Stirnaugen.

b) *Pheidole goetschi* (Nord-Argentinien). Vergrößerung der Kiefer samt Muskulatur, relativ größere Augen.

c) *Drosophyla melanogaster* (Kärnten, Oberösterreich). Relative Vergrößerung von Kopf und Augen; derartige Extrem-Form kamen bei Wild-Populationen nicht vor.

d) *Periplaneta orientalis* (Breslau). Vergrößerung des Kopfes und der Kiefer in der Art der Kalotermes-Soldaten.

e) *Kaloterme flavicollis* (Ischia, Capri). Vergrößerung der Kiefer samt Muskulatur. Gelegentlich Auftreten deutlich sichtbarer Augen.

f) *Anoplotermes cingulatus* (Misiones). Vergrößerung der Kiefer samt Muskulatur. Auftreten des nasenartigen Verteidigungs-Organs. (Derartige Soldaten kommen in der Natur nicht vor).

war, daß die Arbeitsfähigkeit gehemmt ist, könnten Staaten mit nur solchen Soldaten unter gleichbleibenden Außenbedingungen sogar dauernd existenzfähig sein. Ein Vitamin hätte also dann scheinbar eine neue Rasse gebildet, die wegen des Ausmaßes der Verschie-

denheit und des Fehlens aller Übergänge sogar als neue Art oder neue Gattung aufgefaßt werden würde.

Die lediglich aus Soldaten-Typen bestehenden Dinoponera-Kolonien des Paraná-Urwaldes und die Pogonomyrmex-Staaten der Wüste Nord- und Mittel-Chiles sind ein Beweis für die Verwirklichung solcher Annahme; denn in anderer Umgebung, bei Dinoponera z. B. in der Steppe bei Patqufa und bei Pogonomyrmex in den Wäldern Süd-Chiles, zeigen die verkleinerten Arbeiterinnen *keinen* Soldaten-Charakter.

Was ist in solchen Fällen als normal, was als Ausnahme zu bezeichnen? Die Groß- oder Klein-Köpfe? Da in der Natur alles, was sich verwirklicht, auch als „natürlich“ aufgefaßt werden muß, ist eine solche Frage ebensowenig zu entscheiden wie etwa die, ob in der Erdgeschichte die augenblickliche Art der Meer- und Land-Verteilung eine Ausnahme ist, oder aber die Einebnung der Gebirge und die Überflutung der Kontinente. Wenn wir die vermutliche Entstehung der Kasten zugrunde legen, sind bei den Ameisen die Großformen „natürliche“, denn sie gleichen den Vollweibchen, deren Köpfe sie besitzen, mehr als die Zwerge. Bei den niederen Ponerinen, wie z. B. der schon erwähnten Dinoponera, oder auch bei manchen Myrmicinen, wie Leptothorax, sind auch die übrigen Proportionen der Weibchen recht ähnlich, sodaß es vielerlei Übergänge gibt (*Goetsch* 1937, Abb.). Da wir jetzt wissen, daß für die Ausbildung der Großformen Vitamine eine Rolle spielen, können wir die Kleinen noch mehr als bisher als Kümmerform betrachten, da nicht nur die richtige Ernährung, sondern auch ein Wirkstoff fehlt. Sie sind also Avitaminosen oder Hypovitaminosen in Bezug auf Vitamin T, wofür die Drosophila-Zwerge einen Beleg darstellen. Daß die Großtiere die Vollweibchen nicht ganz erreichen, ist wahrscheinlich auch auf einen Wirkstoff zurückzuführen, welcher bei den Hymenopteren in den allerersten Larven-Stadien eingreift. Vielleicht ist er sogar gasförmig, eine Wirkungsweise von Vitaminen, die man bisher allem Anschein nach noch nicht in Betracht gezogen hat. Bei den Termiten ist das Eingreifen dieses Sexualwirkstoffes S, wie wir ihn nennen können, auch bei älteren Larven sowie sogar Soldaten möglich, und verursacht dann die Ersatz-Geschlechtstiere.

Die Übertreibungen, die wir durch den Einfluß von Vitamin T bei Ameisen-Soldaten gelegentlich finden, sind dagegen als eine Art Hypervitaminosen zu betrachten. Auch hierfür sprechen die Ergebnisse bei *Drosophila*. Bei den Termiten mit ihrer ganz anderen unvollständigen Entwicklung sind die Arbeiter die „natürlicheren“ Formen, wie denn auch bei den niederen Familien die arbeitende Schicht ausschließlich von den Larven gestellt wird (Kalotermitiden). Da wo bei den höher organisierten Staaten der Meso- und Metatermitiden eine besondere Arbeiterkaste auftritt, handelt es sich um eine vorzeitige Imaginisierung, so wie bei den Schaben (Tab. 9) oder aber bei den Termiten-Soldaten, wo unter dem Einfluß des Vitamins T ebenfalls eine vorzeitige Imaginisierung eintritt, aber mit gesteigertem Wachstum der vorderen Partien. Bei solchen Soldaten ist ja, wie wir sahen, die extreme Entwicklung der Kopfpartien unzweifelhaft auf ein „wildes Wachstum“ unter dem Einfluß des Vitamins T aufzufassen.

Trotz äußerer Ähnlichkeit sind die Soldaten der Termiten auch hierin etwas anderes als die der Ameisen, so wie dies ja überhaupt der Fall ist: Bei den Ameisen sind sie stets nur Weibchen, bei den Termiten können sie auch Männchen sein. Nur die äußeren Ähnlichkeiten im staatlichen Leben lassen es etwas verwischen, daß es sich um Tiere ganz verschiedener systematischer Stellung handelt.

Gerade durch diese verschiedene Stellung im System wird aber offensichtlich, daß die Wirkungsweise von Vitamin T nicht eng begrenzt ist. Die Ergebnisse an anderen Kerbtieren, bei denen die Extrem-Formen nicht so in die Augen fallen, unterstreichen noch seine Bedeutung. Daß seine Wirkungsweise aber noch weit über die Arthropoden hinausgreift, wurde durch gelegentliche Erwähnung von Ergebnissen an Bakterien, Hefen, Pilzen, Würmern, Kriechtieren, Vögeln und Säugern schon angedeutet. Es handelt sich dabei um Untersuchungen, deren ausführliche Darstellung weiteren Arbeiten vorbehalten bleiben muß.

Zum Schluß seien noch einmal die wichtigsten Ergebnisse zusammengefaßt:

IV. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die durch besonderen Körperbau und durch besonderes Verhalten ausgezeichneten Ameisen-Soldaten und Ameisen-Giganten entstehen dann, wenn bestimmte Larven-Stadien unmittelbar Insekten-Fleisch verzehren (vergl. Abb. 1, 2, 11 a, b und Tab. 25 und 26). Bei einzelnen Termitenarten können dreierlei Soldaten-Typen ausgebildet werden, und zwar dadurch, daß Jungtiere bestimmten Alters Teile eigener Nestgenossen verzehren. Hierdurch ließ sich sogar bei den sonst soldatenlosen *Anoplotermes* eine Soldaten-Bildung erzielen (Abb. 11 f.).

Durch Verfütterung von Termiten war es möglich, auch bei Schaben derartige Entwicklungs-Stöße auszulösen (Tab. 1 und 2); die Extrem-Formen gleichen in den vergrößerten Kopf-Proportionen den Termiten-Soldaten (Abb. 6, Tab. 24). Es ließ sich zeigen, daß bei der Ausbildung der Großköpfe von Ameisen, Termiten und Schaben drei Faktoren eine Rolle spielen:

1. Eine kritische Phase;
2. Ein bestimmter Wirkstoff (Vitamin T);
3. Eine genügende Eiweißernährung.

Der Wirkstoff allein verursacht eine beschleunigte Häutung (Entwicklungsstoß) ohne Körpervergrößerung (Tab. 9). Reichliches Eiweiß vermag eine Körperverbreiterung herbeizuführen, ohne jedoch Entwicklungsstöße auszulösen oder Extrem-Formen zu schaffen. Erst die Kombination von Wirkstoff-Stoß und Eiweiß-Nahrung zur kritischen Periode ruft Riesenwachstum und veränderte Kopf-Proportionen hervor.

Der in Betracht kommende Wirkstoff war festzustellen in Fett von Termiten und anderen Insekten („Termitin“ u. a. Insektine), sowie in *Hypomyces*, *Penicillium* u. a. niederen Pilzen („Hypomycin“, „Penicin“ u. a. Mycoine). Am einfachsten konnte bisher der neue Wirkstoff (= Vitamin T) aus Nähreiweiß-Präparaten von *Torula utilis* isoliert werden („Torutilin“). Dies Vitamin T ist wasser- und alkohllöslich (Tab. 15 und 16) und trägt höhere Temperaturen (bis 120°). In manchen Fällen, wie z. B. bei seiner Herstellung aus *Penicillium*, entfernt überhaupt erst eine stärkere Erwärmung gewisse hemmende (bakteriostatische) Faktoren.

An der Taufliege *Drosophila melanogaster* wurden umfangreiche Versuche ausgeführt, die feststellten, daß Vitamin T mit keinem der bekannten Vitamine identisch ist (Tab. 15; vergl. auch Tab. 27). Der mit Hilfe des Vitamins T künstlich erzielte Polymorphismus der Taufliege gleicht in weitem Maße dem der Ameisen

Tab. 27. Wirkung von Vitamin T auf weiße Mäuse (30 Tiere). Zusammenfassung von Versuchen Breslau 1944/45 und Lenzing 1946. Gewichtszunahmen bis zum 40. Lebenstag = Pubertäts-Beginn. Erreichung eines Gewichtes von annähernd 14 g.

N ^o .	Zugaben	Zahl	Durchschnittsgewichte		Erreichung des Gewichtes von ca. 14 g
			nach 15 Tagen selbstständigen Fressens (35 Tage alt)	nach 20 Tagen Fressens (40 Tage alt)	
1	—	11 (4♂.7♀)	13,10 g	13,90 g	in 20 Tagen
2	Vitamin B ₁ , B ₂ C, P	10 (3♂.7♀)	12,30 g	13,55 g	in mehr als 20 Tagen
3	Vitamin T	10 (3♂.7♀)	13,94 g	14,75 g	in 15 Tagen

Ergebnis: Das Gewicht von annähernd 14 g wurde erreicht von 10 Tieren mit Vit. T in 15 Tagen, von 10 Tieren mit Vit. B₁, B₂, C, P in 20 Tagen, von 10 Tieren ohne Vitamin in 20 Tagen.

Die Zugabe verschiedener Vitamine außer T hat demnach keinen Einfluß.

Das Ergebnis bedeutet eine Futter-Ersparnis von 5 Tagen in 20 Tagen; d. h. eine Ersparnis von $\frac{1}{4}$ (25%) der Futterzeit.

(Tab. 23, Abb. 3—5, 11). Insbesondere ist die Veränderung der Augengröße auffällig (Abb. 7—9). Die größten Formen entstehen bei mehrfachen Entwicklungsstößen, die in der Larvenzeit das Wachstum der vorderen Region, in der frühen Imaginal-Zeit das Wachstum der Keimdrüsen und damit des Hinterleibs beeinflussen (Abb. 10, Tab. 20).

Die auf das Vitamin T zurückzuführenden Giganten und Soldaten zeigen oft ein anderes Verhalten als mittlere und kleine Arbeiter (Tab. 25). Auch ließ sich eine Änderung der Gewohnheiten unter dem Einfluß des Vitamins T bei gründenden Ameisen-Weibchen feststellen. Vielleicht beruht auf ähnlichen Vitaminwirkungen auch der sog. Phasen-Wechsel der Wanderheuschrecken.

Vitamin T, das durch Steigerung der Eiweiß-Assimilation alle möglichen Organe zu beschleunigtem, oft extremem Wachstum anregt, vermag dadurch als „Groß-Modifikator“ zu wirken. Solche Groß-Modifikatoren stehen als stoßweise Entwicklungsbeschleuniger neben den gewöhnlichen, meist längere Zeit wirkenden Vorgängen der normalen Modifikation. Sie haben mit den Mutationen gemeinsam die sprunghafte Auslösung neuer Formen, die oft Übergangslos nebeneinander stehen; sie vergrößern damit wie diese die Formenfülle und vermehren so die Selektionsmöglichkeit.

Literatur.

- Bavendamm, W.* (1936): Erkennen, Nachweis und Kultur der holzverfärbenden und holzersetzenen Pilze. Handb. d. Biol. Arbeitsmethode v. *Abderhalden*, Abtl. XII, Teil 2, Heft 7. — *Becker, G.* (1940): Untersuchungen über die Ernährungsphysiologie der Hausbockkäferlarven; Z. vergl. Phys. 29. — *Fröbrich, G.* (1939): Untersuchungen über Vitaminbedarf u. Wachstumsfaktoren bei Insekten; Z. vergl. Physiol., 27. — *Goetsch, W.* (1927): Die Körpergröße der Tiere und die sie bestimmenden Faktoren; „Naturwissenschaften“. — Ders. (1928): Untersuchungen über wachstumshemmende Faktoren; Zool. Jahrb. (Festbd. f. Hesse), 45. — Ders. (1935): Fauna Chilensis, Zool. Zeitschr. System. 67. — Ders. (1937): a) Ameisen-Staaten; F. Hirt, Breslau. — Ders. (1937): b) Die Staaten der Ameisen; Verständl. Wiss. 33, J. Springer. — Ders. (1939): Die Staaten argentinischer Blattschneider-Ameisen. Zoologica 96. — Ders. (1940): Vergleichende Biologie der Insekten-Staaten; Leipzig, Akad. Verl. Ges. (Hier umfangreiche Literatur.) — Ders. (1942): a) Forschungsreisen zum Studium der Insektenstaaten. Jen. Zeitschr. f. Naturwissenschaften. — Ders. (1942): b) Beiträge zur Biologie spanischer Ameisen; „Eos“ Rev. esp. de Entomologia, 18. — Ders. (1943): Termiten-Bauten und Termiten-Verbreitung in verschiedenen Landschaften; Petermanns Geogr. Mitteilg. — Ders. (1944): Lebewesen und Umwelt; Vorträge in der Breslauer Universität (im Druck). — Ders. (1946): Darmsymbionten als Eiweißquelle und als Vitamin-spender. Österr. Zool. Zeitschr. 1. — Ders. (1946): Vitamin T, ein neuartiger Wirkstoff. Österr. Zool. Zeitschr. 1. — Ders. (1946): Einfluß von Vitamin T auf Körperform und Entwicklung; Naturwissenschaften 33, H. 5. — Ders. und *Käthner, S.* (1937): Die Koloniegründung der Formicinen. Z. Biol. u. Ökol. 33. — Ders. u. *Grüger, R.* (1942): Pilzzucht und Pilznahrung staatenbildender Insekten; Biologia generalis 16. — Ders. *Offhaus, K.* u. *Töth, C. V.* (1944): Untersuchungen über Flagellaten- und Bakterien-Symbiosen bei Termiten; „Naturwissenschaften“. — *Henseler, H.* (1938): Untersuchungen über den Einfluß der Ernährung auf die morphologische und physiologische Gestaltung des Tierkörpers, Kühn Arch. 50. — *Koch, A.* (1933): Über das Verhalten symbiontenfreier Sitodrepa-Larven; Biol. Zentralbl. 53. —

274 W. Goetsch: Der Einfluß von Vitamin T auf Gestalt und auf Gewohnheiten

Kühn A. (1939): Vererbungslehre. (Hier umfangreiche Literatur). — *Nardi, F.*: Bakteriologische Untersuchungen zum Wirkungsmechanismus des Penicillins, „Naturwissenschaften“ 1944. — *Offhaus, K.* (1939): Einfluß der wachstumsfördernden Faktoren auf die Insektenentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Phytohormone; *Z. vergl. Physiol.* 27. — *Rennerfeld* (1938): Beobachtungen über den gegenseitigen Einfluß einiger Pilze aufeinander. *Swensk Botan. Tidskr.* 32. — *Saller, K.* (1927): Untersuchungen über das Wachstum bei Säugern (Nagern); *Arch. Entw. Mech.* 111. — *Wallenfels, K.* (1945): Symbiose und Antibiose. *Chemie.* — *Wieland, Th.* u. *Löw, J.* (1945): Zur Biochemie der Vitamin B-Gruppe. *Fortschr. d. Chemie org. Naturstoffe*, Bd. IV. (Mit umfangreicher Literatur).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichische Zoologische Zeitschrift](#)

Jahr/Year: 1948

Band/Volume: [01](#)

Autor(en)/Author(s): Goetsch Wilhelm

Artikel/Article: [Der Einfluß von Vitamin T auf Gestalt und auf Gewohnheiten von Insekten. 193-274](#)