

Aus dem Paul-Buchner-Institut für Symbiosforschung München
(Direktor: Prof. Dr. A. Koch)

Über die Auslösung sog. „Großmodifikationen“ bei Insekten durch Fütterung mit „Vitamin T“ und anderen wachstumsfördernden Substanzen

VON ERIKA SELMAIR

Mit 1 Abbildung in 2 Einzeldarstellungen und 12 Tabellen

(Eingegangen am 15. Februar 1962)

Das Problem der intrazellulären Symbiose bei Insekten ist durch die grundlegenden Arbeiten von P. BUCHNER und seiner Schüler wesentlich gefördert und weitgehend gelöst worden.

Wir wissen, daß die Endsymbionten bei vielen Arthropoden verschiedene lebenswichtige Funktionen ausüben und z. B. vielfach Vitamine des B-Komplexes liefern, ohne die der Wirt praktisch nicht lebensfähig ist. Die letzten Untersuchungen, die in diesem Zusammenhang am *Periplaneta orientalis* und *Blattella germanica* angestellt wurden, haben diese Beziehungen erneut klar dargelegt. Bei Ausschaltung der symbiontischen Bakterien trat eine deutliche Wachstumsverzögerung der Wirtstiere ein. Da nun durch GOETSCH gezeigt worden war, daß das „Vitamin T“ zu sog. Großmodifikation bei Insekten führen kann, erschien es von Interesse zu prüfen, wie *Periplaneta orientalis* und *Blattella germanica* auf die Zufuhr dieser Vitamine reagieren, ob tatsächlich durch Zusatzfütterung dieser Stoffe ein Anstieg der Wachstumskurve oder sogar eine übermäßige Größenzunahme erzielt wird.

Von der Entdeckungsgeschichte des sog. „Vitamin T“ sei nur soviel gesagt, daß GOETSCH erstmalig durch Fütterungsversuche an Termiten auf ein wachstumsförderndes Prinzip aufmerksam gemacht wurde. Die wirksame Substanz war im alkoholischen Auszug von Termitenköniginnen enthalten, welche von DOFLEIN in Afrika gesammelt und die seither im Zoologischen Museum in Breslau aufbewahrt wurden. GOETSCH hatte den Alkohol, in welchem die Termiten seit Jahren gelegen hatten, eingeeengt und den Extrakt dann an die Versuchsobjekte verfüttert.

Er hatte auch seine Termiten (*Anaplotermes spec.*) mit toten Tieren der gleichen Kolonie gefüttert, die er aus Südamerika mitgebracht hatte, und dabei festgestellt, daß in solchen Kulturen eine höhere Quote von Soldaten auftrat als in den normalen Kontrollen. Auch bei Fütterung der Termiten mit Teilen frisch abgetöteter Schaben (*Periplaneta orientalis*) ergaben sich ähnliche Resultate. Daraus schloß GOETSCH, daß in den Termiten sowie in den Schaben ein besonderer wachstumsfördernder, die Entstehung von Soldatenkasten auslösender Faktor vorhanden sei.

GOETSCH vertritt die Ansicht, daß die Termitenlarven in der Natur diesen Wirkstoff durch Aufnahme von Mycelien verschiedener Pilze (*Hyphomyces*, *Penicillium*) in ausreichendem Maße zur Verfügung haben. Er hält es für möglich, daß dieses wirksame Prinzip

im Fettkörper gespeichert wird. Ausgehend von diesen Behauptungen versuchte daher GOETSCH auch aus Pilzen insbesondere aus Hefen (*Torulopsis utilis*), den fraglichen Wirkstoff zu gewinnen, stellte wäßrige Extrakte aus *Torulopsis utilis* und *Pencillium notatum* her und erzielte damit positive Wachstumsergebnisse. Diese Wirkstoffe unbekannter Zusammensetzung nannte er je nach ihrem Ursprung „Torutilin“, „Termitin“ und „Penicin“. Später setzte er an Stelle von „Torutilin“ und „Termitin“ die Bezeichnung „Vitamin T“. Ob es sich tatsächlich um einen neuen Körper von spezifischer Wachstumswirkung handelt oder um das Zusammenwirken aller bisher bekannter Vitamine des B-Komplexes – soweit sie in der Hefe nachgewiesen wurden – sei dahingestellt und es muß zukünftiger Forschung vorbehalten bleiben, diese wichtige Frage zu klären.

Nach GOETSCH sollen Hefe und Pilze den T-Faktor nicht in freier Form enthalten, sondern er muß erst durch besondere Aufschlußmethoden aus ihnen gewonnen werden. Außerdem vertritt er die Ansicht, daß neben den fördernden Wirkstoffen gleichzeitig noch Hemmstoffe in der Hefe enthalten sind, die erst durch eine Dialyse aus dem Präparat entfernt werden können. Ob dem tatsächlich so ist, sei noch dahingestellt. GOETSCH führt z. B. die Entstehung von Bulldogg- und Dackelfröschen in seinen Fütterungsversuchen auf die Anwesenheit solcher Hemmstoffe zurück. Er sieht daher in diesen Stoffen, welche er aber niemals isoliert hat, „Antibiotica“. Durch Säurebehandlung und Erhitzen will er bei „Penicin“ und „Hypomycin“ die hemmende Komponente zerstört haben. Erklärlicherweise wirken die Wachstumsaktivatoren, welche die Wirkung des „Vitamin T“ ausmachen, nur bei Anwesenheit genügender Mengen von Eiweißkörpern resp. deren Bausteinen, den Aminosäuren.

Nach den neueren und neuesten Ergebnissen von I. SCHWARZ, K. OFFHAUS, G. FRÖBRICH und A. KOCH ist ein optimaler Wachstumseffekt auch mit wohldefinierten Gemischen der acht, für *Tribolium confusum* essentiellen, B-Vitamine unter Zusatz von Carnitin zu erzielen. Ob tatsächlich in den „Vitamin T“-Präparaten von GOETSCH noch ein zusätzlicher Beschleuniger vorhanden ist, läßt sich erst sagen, wenn eine Isolierung dieses Faktors in reiner Form geglückt ist. Nach den Erfahrungen von G. KREITMALER (1952) an *Paramaecium* wäre immerhin daran zu denken, daß schon allein die Anwesenheit bestimmter Aminosäuren einen zusätzlichen Wachstumsschub hervorrufen kann.

Bei meinen Versuchen spielt letzten Endes die Frage nach der Identität der Faktoren des Vitamin-T-Komplexes mit bisher bekannten Wirkstoffen keine so wesentliche Rolle. Es kommt mir in der Hauptsache darauf an, die biologische Wirksamkeit solcher „Vitamin T“-Präparate auf sich entwickelnde Insekten genauer zu ergründen. Es müßte hier eher an Parallelen in der Wirksamkeit von „Vitamin T“-Präparaten und Hormonpräparaten (Hypophysen-Vorderlappen) gedacht werden.

JETTMAR, LIEB und EXNER (zit. n. GOETSCH 1951) konnten in ihren Versuchen an *Anopheles bifurcatus* feststellen, daß die auf die Wintermonate fallende Diapause der Larven durch Verfütterung von Leberpräparaten oder „Vitamin T“, aber auch durch Verabfolgung von Extrakten der Hypophysen-Vorderlappen aufgehoben werden kann. Versuche an hypophysektomierten Molchlarven mit „Vitamin T“ und Reimplantation der Hypophyse in hypophysektomierte Tiere ergaben die gleichen Erfolge: einen gewissen Wachstumsantrieb, der aber sehr gering sein kann, Einleitung der Metamorphose, Dunklerwerden (KLATT, 1950). Das „Vitamin T-GOETSCH“ macht keines der übrigen Vitamine überflüssig (?), es bewirkt aber, daß diese in beschleunigter Form in den intermediären Stoffwechsel eingereicht werden.

Nach GOETSCH besteht auch eine Beziehung zu den Geschlechtsdrüsen und zum innersekretorischen System, wie an Versuchen mit Hühnern wahrscheinlich gemacht werden konnte. Hennen, die mit „Vitamin T“ aufgezogen wurden, begannen früher mit der Eiablage als die Kontrollen und das durchschnittliche Gewicht ihrer Eier war größer als bei den Kontrolltieren (Österr. Apotheker-Ztg. 1950).

Auf medizinischem Gebiet sind ebenfalls einige unbestreitbare Erfolge zu verzeichnen. Nach GANGLER zeigen die Bauchorgane „Vitamin T“-vorbehandelter Patienten bei Operationen sichtlich eine gesteigerte Durchblutung. Dadurch wird die Tätigkeit der Drüsen angeregt und hier ist vielleicht die funktionelle Beziehung des T-Faktors zu innersekretorischen Organen zu suchen. Ob die Erfolge von KUPKA mit strychninvergifteten und mit „Vitamin T“ behandelten Mäusen und Ratten auf einer entgiftenden Wirkung der Hefeextrakte beruhen oder ob es sich lediglich um eine Erhöhung der Widerstandsfähigkeit des Organismus gegenüber der Intoxikation handelt, wissen wir nicht. Interessant für uns ist lediglich der Endeffekt.

Die Erfolge NUSSBAUMERS (1949) an dystrophischen Kindern, die später von LENGSELD (1951) an der Amberger Kinderklinik in schönster Weise bestätigt werden konnten, weisen eindeutig auf die wachstums- und stoffwechselanregende Wirkung des sog. „Vitamin T“ hin.

Als Testobjekte wurden von GOETSCH und seinen Schülern vor allem Drosophila, Hyden, Kaulquappen, Mäuse, Ratten, Hühner, Seeigel und Schaben verwendet. In allen Fällen konnte GOETSCH schnelleres Wachstum, frühere Reife und besonders bessere Ausnutzung der Nahrung feststellen. Bei Schaben (*Periplaneta orientalis* und *Blattella germanica*) bekam GOETSCH Exemplare, die hypertrophierte Köpfe mit vergrößerten Mandibeln besaßen. Er spricht sogar von einer besonderen Kaste, ähnlich den Kasten staatenbildender Insekten, die er so künstlich bei seinen Schaben erzeugen konnte.

Leider hat man bei der Lektüre dieser Arbeit den Verdacht, daß die sog. „Großmodifikationen“ in den Versuchen von GOETSCH weniger auf die Wirkung eines neuen Körpers von Vitamincharakter, als auf eine viel tiefergreifende Beeinflussung der ganzen Entwicklung durch starke *qualitative* und *quantitative* Unterschiede (besonders im Eiweißgehalt) der Versuchsdiäten zurückzuführen sind.

Um den Fragenkomplex zu klären, war es nötig, an einem möglichst großen Material, bei genau festgelegten Versuchsbedingungen, die Wachstumsversuche von GOETSCH an Blattiden zu wiederholen und auf eine wesentlich breitere Basis zu stellen.

Fütterungsversuche an *Periplaneta orientalis* und *Blattella germanica*

Erstes Ziel dieser Arbeit sollte es sein, die Versuchstiere mit verschiedenen natürlichen Eiweißquellen zu füttern, die zusätzlich neben der auch den Kontrolltieren gebotenen Kost gereicht wurden. Es wurden daher außer Termiten (*Reticulitermes lucifugus*), Periplaneta, Heuschrecken, Mehlwurmlarven (*Tenebrio molitor*), Krebsmuskulatur (*Potamobius fluviatilis*), Wirbeltierfleisch, ferner ein in der Viehzucht gebräuchliches Kraftfutter (BGV 768) und Hundekuchen verabreicht. Weiterhin wurden auch die Fütterungsversuche von GOETSCH mit Wirkstoffquellen pflanzlicher Herkunft (*Torulopsis utilis* und deren Extrakte) wiederholt.

Die Tatsache, daß bei *Anoplotermes*, einer Termitenart, in deren Kolonien bisher nie „Soldaten“ beobachtet wurden, allein durch den Fütterungseffekt ein besonderer Soldatentyp erzeugt wurde (GOETSCH 1949, S. 253), führte GOETSCH zu der Frage, ob es wohl auch bei anderen Insekten möglich wäre, solche „Giganten“ durch Verfütterung geeigneter Wirkstoffe zu erhalten: Es ist ihm auch gelungen, erstmals bei Heuschrecken, *Tachycines asynamorus* (Gewächshausheuschrecke), „Riesentiere“ durch Fütterung mit Insekten, insbesondere mit Termitenleichen, zu erzielen. Allerdings hatte er einen Fehler gemacht und die Kontrollgruppe rein vegetarisch ernährt. Ein unmittelbarer Vergleich dieser beiden Versuchsgruppen ist daher unzulässig. GOETSCH dehnte dann

die Versuche auch auf Schaben aus. Diese Versuche sind es, deren Überprüfung ich aus den schon oben erwähnten Gründen zum Hauptpunkt meiner Arbeit machte.

A. Versuche mit Termiten und anderen tierischen Stoffen als Zusatzfutter

1. Versuche mit Termiten als Eiweißquelle

Zur Versuchsanordnung sei hiermit nur soviel bemerkt, daß viermal in der Woche über die Zeitdauer von 5 Wochen jeder Schabe eine Termiten gereicht wurde. Die Ergebnisse dieser Versuche sind der Tabelle 2 und 4 zu entnehmen. Tabelle 1 und 3 geben die vergleichenden Versuche von GOETSCH wieder,

Tabelle 1. Ergebnisse der Versuche von GOETSCH an *Periplaneta orientalis*

Fütterung mit:	Nach 3 Monaten		Nach 5 Monaten	
	Länge	Breite	Länge	Breite
Brot, Kartoffeln	8 mm	2,25–3,00 mm	9 mm	3,75–4,00 mm
Brot, Kartoffeln + die ersten 2 Wochen Termiten	9 mm	4,75–5,00 mm	16 mm	7,5 mm

(GOETSCH, 1947).

Tabelle 2. Ergebnisse eigener Versuche an *Periplaneta orientalis*

Versuch Nr.	Diät	Anfangsmessung in mm			Messung in mm nach der								
					3. Woche			4. Woche			8. Woche		
		b	c	d	b	c	d	b	c	d	b	c	d
3a	Grundfutter + Termiten	1,3	5,5	2,1	1,4	7,6	2,5	1,5	7,6	2,5	2,5	11	3,6
3 K	Grundfutter	1,3	5,4	2,1	1,4	6,5	2,4	1,4	7,2	2,5	1,7	9,2	3,3

b = Kopfbreite, c = Körperlänge, d = Körperbreite.

Tabelle 3. Ergebnisse von GOETSCH an *Blattella germanica*
Fütterung nach ungefähr 4 Wochen

	Länge	Breite (2. Thoraxsegment)
Termiten	7 mm	3,5 mm
Brot, Zucker	4 mm	1,5 mm

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

Ausgangsgröße: 3:1,5 mm (GOETSCH, 1947).

Dabei möchte ich noch kurze Angaben über die gemessenen Werte machen. Da die Körperlänge begreiflicherweise bei den Arthropoden niemals exakte Werte geben kann, wurden die Maße von der Kopfbreite und Körperbreite vor jenem der Körperlänge bevorzugt.

Tabelle 4. Versuche mit Termitenleichen als Futterzusatz

Versuch Nr.	Diät	Anfangsmessungen in mm			Messungen in mm nach der											
		3. Woche				4. Woche				6. Woche				7. Woche		
		b	c	d	b	c	d	b	c	d	b	c	d	b	c	d
5a 5 K	G + T	0,8	2,7	1,4	1,4	6,0	2,3	1,5	7,8	3,0	—	—	—	2,1	12,3	4,7
	G	0,8	3,0	1,4	1,0	5,0	2,0	1,1	5,6	2,0	—	—	—	1,4	5,6	2,5
9a 9 K	G + T	0,8	2,8	1,4	—	—	—	1,6	7,9	3,4	1,9	10,7	3,9	2,2	12,0	4,4
	G	0,8	2,5	1,4	—	—	—	1,0	4,7	1,8	1,2	5,0	2,0	1,5	5,5	2,5
12a 12 K	G + T	0,8	3,3	1,4	1,4	6,6	2,8	1,7	8,0	3,3	2,1	11,7	4,5	2,2	12,0	4,5
	G	0,8	3,3	1,4	1,0	4,8	2,0	1,2	5,0	2,0	1,5	5,6	2,4	1,5	6,0	2,5
14a 14 K	G + T	0,8	3,0	1,4	1,4	7,0	2,6	1,7	7,0	3,6	1,9	12,0	4,4	1,9	12,0	4,7
	G	0,8	3,0	1,4	1,0	5,2	1,9	1,3	5,6	2,0	1,5	6,0	2,3	1,6	6,5	2,7
22a 22 K	G + T	0,8	3,0	1,4	1,5	7,0	3,0	1,6	8,9	3,3	2,0	11,0	4,4	2,2	12,0	5,0
	G	0,8	3,0	1,4	1,1	5,0	2,0	1,2	5,0	1,5	1,5	6,0	2,4	1,5	6,0	2,5
23a 23 K	G + T	0,8	3,0	1,4	1,5	7,3	3,2	1,6	8,0	3,4	1,9	11,0	4,4	2,1	12,0	5,0
	G	0,8	3,0	1,4	1,1	5,0	2,0	1,3	5,6	2,0	1,4	6,0	2,5	1,5	6,0	2,6

G = Grundfutter, T = Termitenleichen.

Grundfutter: Angeglichen an das Kontrollfutter von GOETSCH besteht aus Kartoffelflocken + Semmelbrösel im Verhältnis 1:1.

Anfangsmessung: Um einen genauen Ausgangswert für sämtliche Versuche zu bekommen, wurde die 1. Messung immer am 3. Tage nach dem Schlüpfen vorgenommen.

Schon nach der 3. Woche ist ein deutlicher Unterschied bemerkbar (Tab. 2). Vorübergehend holten die Kontrollen die „Termitentiere“ beinahe auf; dies hat seinen Grund wahrscheinlich darin, daß ich in der 4. und 5. Woche eine Pause mit dem Füttern von Termiten einlegte. Schon nach 14 Tagen war der Unterschied in der Größe wieder deutlich zu sehen.

Diese Versuche mit *Periplaneta orientalis* habe ich aber nicht weiter ausgedehnt, sondern setzte sie mit einem weit günstigeren Objekt, nämlich *Blattella germanica*, fort; sie hat eine viel schnellere Entwicklung und ist für diese Zwecke besser geeignet.

Ergebnisse der Versuche

Wie aus den Tabellen 2 und 4 ersichtlich ist, stimmen meine Ergebnisse mit denjenigen von GOETSCH im wesentlichen überein. Leider kann man in seinen Arbeiten keine Zahlenwerte über die einzelnen Messungen zwischen Beginn und Ende des Versuches und darüber hinaus bis zur Imaginalhäutung finden. Es ist daher anzunehmen, daß auch die Wachstumskurven der Larven bis zur Imaginalhäutung den gleichen Verlauf nehmen.

Interessant wäre es auch gewesen, wenn GOETSCH genaue Angaben über die *Dauer der Larvenperiode* bei konstanten Außenbedingungen (Temperatur und Feuchtigkeit) gemacht hätte. So muß ich mich auf meine eigenen Beobachtungen und jene von WILLE stützen. Die Imaginalhäutungen bei Schaben, die mit Termitenleichen gefüttert wurden, fanden im Durchschnitt zwischen dem 50.–55. Tage statt. Extreme Werte sind 49 und 60 Tage.

Hier sei es gestattet, ganz kurz das Problem der Großmodifikationen zu streifen, das GOETSCH in seiner Arbeit (Östr. Zool. Zt. **1**, Heft 3/4, 1947) aufgeworfen hatte. Ist es überhaupt möglich, bei Blattiden durch eine besonders geartete Fütterung eine andere „Kaste“ zu erzielen, die sich mit den Kasten staatenbildender Insekten vergleichen läßt. Nach den Ergebnissen von GOETSCH und meinen eigenen Befunden hat es im ersten Augenblick den Anschein, als ob dieser Fall tatsächlich eingetreten wäre. Es liegt aber daran, daß ein Fehler schon bei der Wahl des Kontrollfutters gemacht wurde. Es sollte in solchen Versuchen die Grunddiät optimal sein. Doch glaube ich kaum, daß diese Forderung schon für das Kontrollfutter: Kartoffel und Brot erfüllt wird. Erst wenn durch Zugabe wirkstoffhaltiger Präparate zu einer erprobten Volldiät ein deutlicher Effekt erzielt wird, kann der Versuch positiv gewertet werden.

Aber es läßt sich leicht der Nachweis führen, daß GOETSCH keine „Großmodifikationen“ in Händen hatte; Man braucht nur *Imagines* aus Wildfängen oder Kontrollzuchten zu vergleichen mit solchen, die während der Larvalperiode mit Termiten gefüttert wurden. Es läßt sich dann unschwer feststellen, daß keinerlei Größenunterschiede bestehen (siehe Abb. 1b). GOETSCH hat bei seinen Versuchen als Maßstab für das Größenwachstum das Verhältnis von Kopf- zur Mandibellänge gewählt. So habe auch ich diese Maße bei meinen Versuchstieren abgenommen und sie in Tabelle 5 und 6 zusammengestellt. Vergleichsweise wurden bei denselben Tieren auch die Körpermaße genommen (Tab. 7).

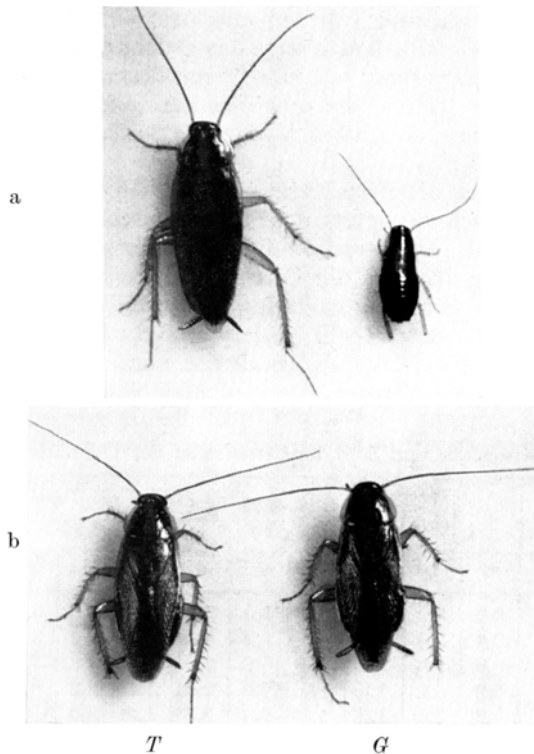


Abb. 1a und b: Die mit *T* gekennzeichneten Tiere erhielten als Futter Termiten; die mit *G* gekennzeichneten Tiere erhielten das Grundfutter. a: Versuchstiere und Kontrolltiere wurden beide im Alter von 60 Tagen getötet. b: Die Tiere wurden zum Zeitpunkt der Imaginalhäutung getötet. Alter der Tiere: 1a *T* = 55 Tage 1b *G* = 154 Tage. Gleiche Größe aber ungleiches Alter.

Tabelle 5. Verhältnis der Kopf- zur Mandibellänge bei Imagines

Herkunft	Kopflänge	Mandibellänge
Fütterung mit Termiten	2,4 mm	0,8 mm = 3:1
Kontrolle	2,4 mm	0,8 mm = 3:1
Wildfang	2,4 mm	0,8 mm = 3:1

Tabelle 6. Verhältnis der Kopf- zur Mandibellänge bei Larven, die 42 Tage alt sind

Herkunft	b	c	d	Kopflänge	Mandibellänge
Fütterung mit Termiten	2,2	11,0	5,0	2,4	0,8 = 3:1
Kontrolle	1,5	6,0	2,6	1,0	0,3 = 3,3:1

Tabelle 7. Messungen von Imagines aus dem Fütterungsversuch mit Termiten

Herkunft	b	c	d	Geschlecht
Fütterung mit Termiten	2,2	12,0	5,0	♀
Kontrolle	2,2	12,0	5,0	♀
Wildfang	2,2	12,0	5,0	♀

Es läßt sich aus diesen drei Tabellen unschwer entnehmen, daß das Verhältnis von Kopf- zu Mandibellänge stets das gleiche war, also eine Zunahme der Mandibelgröße ebensowenig wie eine Vergrößerung der Kopfkapsel feststellbar war. Auch bei Tieren, die mit Termiten gefüttert wurden, und bei Kontrollen *gleichen Alters*, aber nicht gleicher Größe, fand ich dasselbe Zahlenverhältnis (Tab. 6).

In Tabelle 8 will ich die *Einzelwerte* von Versuch 22a (Futter: Termitenleichen) bringen, da ich bis jetzt nur immer Durchschnittswerte anführte. Einen ziemlich sicheren Anhaltspunkt für die Altersklasse der Versuchstiere ergibt die Feststellung der Zahl der Cerciglieder (Selmair, 1962).

Nicht immer ist die Streuung so gering wie in diesem Fall; allerdings betragen die Unterschiede selten mehr als 1 mm, und zwar bezieht sich das nur auf die Körperlänge. Kopf- und Körperbreite variieren kaum. Diese Maße wurden auch von meinen Versuchstieren niemals überschritten.

Tabelle 8. Körpermaße und Zahl der Cerciglieder der Tiere aus Versuch 22a

Tier Nr.	Anfangsmessung in mm			Messung in mm nach der											
				1. Woche			3. Woche			4. Woche			6. Woche		
	b	c	d	b	c	d	b	c	d	b	c	d	b	c	d
1	0,8	3,0	1,4	0,9	5,0	1,9	1,4	7,0	3,2	1,5	8,0	3,3	1,9	11,0	4,4
2	0,8	3,0	1,4	0,9	5,0	1,9	1,5	7,2	3,0	1,6	8,0	3,4	1,9	11,0	4,4
3	0,8	3,0	1,4	0,9	5,0	1,9	1,5	6,8	3,0	1,6	7,8	3,4	1,9	10,0	4,4
4	0,8	3,0	1,4	0,9	5,0	1,9	1,3	7,0	2,0	1,4	8,2	3,2	1,9	11,5	4,4
5	0,8	3,0	1,4	0,9	5,0	1,9	1,4	7,0	3,2	1,5	8,0	3,4	2,2	11,0	4,4
6	0,8	3,0	1,4	0,9	5,0	1,9	1,4	7,0	2,9	1,5	8,0	3,4	2,2	11,5	4,4
D	0,8	3,0	1,4	0,9	5,0	1,9	1,5	7,0	3,0	1,6	8,0	3,3	2,0	11,0	4,4
C					3-5			5-6			6-7			8-9	
St.		0			1-2			2-3			3			4-5	

D = Durchschnittswert, C = Anzahl der Cerciglieder, St. = Stadium.

Die Körpermaße von Tieren, welche die Imaginalhäutung nach 53-55 Tagen vollzogen haben, zeigen nur geringfügige Unterschiede.

Tabelle 9. Körpermaße der Tiere aus Versuch Nr. 22a zur Zeit der Imaginalhäutung

Tier Nr.	b	c	d	Imaginalhäutung nach Tagen	Geschlecht
1	2,2	12,0	5,0	53	♀
2	2,2	12,0	5,0	54	♀
3	2,2	12,0	5,0	53	♀
4	2,2	11,5	5,0	55	♀
5	2,2	12,0	5,0	54	♂
6	2,2	11,5	5,0	53	♂

2. Versuche mit anderen Eiweißquellen

Bei Zufütterung von Termitenleichen zur Kontrolldiät ist also ein leichter Wachstumsschub zu verzeichnen. So lockte es, auch andere Nahrungsstoffe an

Tabelle 10. Wachstum der Tiere bei Verabreichung verschiedener eiweißreicher Futterzusätze

Diät	Anfangsmessung in mm			Messungen in mm nach der											
	3. Woche			4. Woche			6. Woche			7. Woche			8. Woche		
	b	c	d	b	c	d	b	c	d	b	c	d	b	c	d
G	0,8	3,0	1,4	1,1	5,0	2,0	1,3	5,6	2,0	1,4	6,0	2,3	1,5	6,2	2,6
G+P	0,8	3,0	1,4	1,5	7,3	3,2	1,6	8,0	3,4	1,9	11,0	4,4	2,1	12,0	5,0
G+H	0,8	3,0	1,4	—	—	—	1,7	8,8	3,6	—	—	—	2,1	11,8	5,0
G+P	0,8	3,0	1,4	1,5	7,2	3,3	1,6	8,5	3,4	2,0	11,5	4,5	2,2	12,0	5,0
G+Me	0,8	3,0	1,4	1,5	7,0	3,2	—	—	—	2,0	11,0	4,4	2,2	12,0	5,0
G+S	0,8	3,0	1,4	1,5	7,2	3,0	1,6	8,0	3,3	2,0	11,0	4,4	2,2	12,0	5,5
G+Hd	0,8	3,0	1,4	1,5	7,0	3,0	—	—	—	2,0	10,9	4,5	2,2	12,0	5,5
G+K	0,8	2,5	1,4	—	—	—	1,4	7,0	3,2	1,9	9,6	4,5	2,0	10,5	4,5
G+V	0,8	3,0	1,4	1,4	7,4	3,3	—	—	—	1,9	10,3	4,4	2,2	11,5	4,7
G+Mi	0,8	3,0	1,4	1,5	6,2	2,7	1,5	8,2	3,3	2,0	11,0	4,5	2,1	12,0	4,5
														12,0	4,7

T = Termiteleichen, P = Periplanetaleichen, H* = Heuschrecken (Wanderh.), Me = Tenebrio-Larven, S = Schweinefleisch, Hd = Hundeknochen, K* = Krebsmuskulatur (Potamobius), V = Zusatzfuttermittel BVG 768, Mi = Mischkost, G = Grunddiät.

*) Von den Heuschrecken wurde die Muskulatur und der Fettkörper, bei Potamobius allein die Muskulatur zerkleinert, im Thermostaten bei 30 °C getrocknet und anschließend zu einem groben Pulver verrieben; genauso wurde auch das Schweinefleisch behandelt.

Tabelle 11. Versuche mit Schweinefleisch und Termiten als Futterzugabe

Kultur	Futter	Anfangsmessung in mm			Messung in mm nach der											
					3. Woche			4. Woche			6. Woche			7. Woche		
		b	c	d	b	c	d	b	c	d	b	c	d	b	c	d
22 c	G+S+T	0,8	3	1,4	1,5	7,2	3,0	1,5	8,0	3,4	2,0	11,4	4,5	2,2	12,0	4,6
22 b	G+S	0,8	3	1,4	1,5	7,2	3,0	1,6	8,0	3,3	2,0	11,0	4,4	2,2	12,0	4,5
22 a	G+T	0,8	3	1,4	1,5	7,0	3,0	1,6	8,0	3,3	2,0	11,0	4,4	2,2	12,0	5,0
22 K	G	0,8	3	1,4	1,1	5,0	2,0	1,2	5,0	2,0	1,5	6,0	2,4	1,5	6,0	2,6
20 b	G+S	0,8	3	1,4	1,2	6,8	2,8	1,4	7,5	3,1	1,9	10,0	4,3	2,0	10,5	4,5
20 c	G+S+T	0,8	3	1,4	1,2	7,0	2,9	1,4	7,8	3,2	2,1	10,5	4,4	2,2	12,0	4,5
20 K	G	0,8	3	1,4	1,1	4,7	1,9	1,2	5,0	2,0	1,4	5,5	2,4	1,5	5,5	2,5

G = Grundfutter, S = Schweinefleisch, T = Termiteilen.

die Schaben zu verfüttern und solche Versuche mit den vorangegangenen zu vergleichen. In den einzelnen Versuchsreihen wurde zur Grunddiät *Periplaneta orientalis*, Wanderheuschrecken, *Tenebrio*-Larven, Schweinefleisch, Hundekuchen, Krebsmuskulatur, ein eiweißreiches Zusatzfuttermittel einer Schweizer Firma (BGV 768) und eine Mischkost (wechselweise gelbe Rüben, Haferflocken, Fleisch) gereicht. Dabei bekam jedes Tier eine halbe Küchenschabe oder *Tenebrio*-Larve pro Tag zugefüttert; Heuschrecken, Krebsmuskulatur, Schweinefleisch, Hundekuchen und das Präparat BGV 768 wurden zu gleichen Gewichtsteilen dem Futter zugesetzt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Tabelle 10 zusammengefaßt.

Es ergab sich, daß die oben genannten Futterzusätze mit Ausnahme von Krebsmuskulatur die gleiche Entwicklungsbeschleunigung zur Folge hatten wie Termitenleiber. Es erreichen auch hier die Versuchstiere nur die normale Größe.

Bei gleichzeitiger Zusatzfütterung von Schweinefleisch und Termiten ließen sich folgende Beobachtungen machen:

Wie aus Tabelle 11 ersichtlich, stimmen die Werte der drei Versuchsgruppen gut überein. Allerdings bestehen Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen 22 und 20. Wahrscheinlich liegt es aber daran, daß die Tiere im allgemeinen schlechter gewachsen sind, wie das ja auch die Kontrolltiere beweisen.

Die Imaginalhäutungen der Tiere von Kultur 22c liegen zwischen dem 51. und 55. Tag, die der Tiere von Kultur 20c zwischen dem 54. und 57. Tag. Diese geringfügigen Unterschiede in der Entwicklungsgeschwindigkeit liegen noch innerhalb der Schwankungsbreite der Tiere in Optimaldiäten; sie lassen sich aber auch durch Qualitätsunterschiede der Muskeleiweißzusätze zur Nahrung leicht erklären.

Aus diesem Versuch folgt, daß der Zusatz von Termiten oder „Vitamin T“ zu einer „Volldiät“ (Grundnahrung + Schweinefleisch) keinen erhöhten Wachstumsimpuls bei den Schaben auslöst. Auch Heuschrecken- oder Krebsmuskulatur ergänzt die Grundnahrung zur Volldiät. GOETSCH hat aber in der Muskelsubstanz kein „Vitamin T“ feststellen können. „Daß es sich bei der Fütterung mit Schaben bei *Rana temporaria* wirklich um einen Anregungsstoff und nicht etwa um das Fleisch als solches handelt, zeigen die Kontrollen, die trotz Froschfleischernährung klein blieben. Besonders bleiben die Tiere zurück, die einseitig mit Froschfleisch ernährt worden waren . . .“ (GOETSCH, Öster. Zool. Z. 1948, 542).

Ich kann diese Angaben von GOETSCH nicht bestätigen. Termiten und „Vitamin T“ besitzen nicht die Eigenschaften eines „Großmodifikators“. Es läßt sich dies unschwer aus Tabelle 11 entnehmen.

B. Versuche mit *Torulopsis utilis* und „Vitamin-T Goetsch“

In einer letzten Versuchsreihe sollte noch der Wachstumserfolg einer Beifütterung von *Torulopsis utilis* oder deren Extrakten (Handelspräparat „Vitamin T-GOETSCH“ der Fa. Pharmazell = dialysierter Extrakt von T. u.) nachgeprüft werden (Tab. 12).

Die Imaginalhäutungen der Versuchstiere liegen bei Zufütterung von getrockneter Holzzuckerhefe mit 55–62 Tagen etwas zurück gegenüber solchen Tieren, die mit Termitenleichen gefüttert wurden. Doch ist bei der etwas geringeren Wachstumsgeschwindigkeit die durchschnittliche Größe der *Imagines* gleich geblieben.

Tabelle 12. Versuche mit *Torula utilis* und „Vitamin T-GOETSCH“ als Zusatzfutter

Diät	Anfangsmessungen in mm			Messung in mm nach der											
				3. Woche			4. Woche			6. Woche			7. Woche		
	b	c	d	b	c	d	b	c	d	b	c	d	b	c	d
G	0,8	0,3	1,4	1,1	5,0	2,0	1,3	5,6	2,0	1,4	6,0	2,3	1,5	6,2	2,6
G + To	0,8	3,0	1,4	1,4	7,0	2,5	1,5	7,6	3,6	1,9	9,5	4,2	2,1	10,0	4,7
G + VT	0,8	3,0	1,4	1,1	5,0	2,2	1,3	6,0	2,4	1,4	6,2	2,6	1,6	7,0	3,2

G = Grundfutter, To = *Torulopsis utilis*, VT = „Vitamin T-GOETSCH“. G + VT enthält 4% Trockensubstanz.

Dagegen bleibt die Wachstumswirkung des „Vitamin-T“-Präparates weit zurück gegenüber allen übrigen Diäten. Auch bei einer höheren Dosierung des Extraktes erhielt ich immer ähnliche Werte. Eine Entwicklungsbeschleunigung konnte ich also dabei nicht feststellen. Die Größe der Tiere nach der Imaginalhäutung, die frühestens am 70. Tag erfolgte, war auch hier dieselbe wie in allen übrigen Versuchen. Dieses Ergebnis überrascht insofern, als GOETSCH nur für den dialysierten Hefeextrakt (= sein Vitamin T), nicht aber für die unbehandelte Hefe eine solche Wachstumswirkung beobachtet haben will. Er schreibt: „Es besteht kein Zweifel, daß in den Hefen, die zur Herstellung der T-Präparate herangezogen wurden, stets solche Hemmstoffe vorhanden sind. Sie verzögern die Entwicklung und vermindern die Größenzunahme im Verhältnis zur Kontrolle und können der Förderung durch den T-Faktor mehr oder weniger entgegenwirken, je nach dem Prozentsatz, in welchem sie in den Präparaten enthalten sind.“ (GOETSCH 1951, S. 165).

Doch läßt sich nach all unseren Erfahrungen sagen, daß in der getrockneten Hefe keine „Hemmstoffe“ im Sinne von GOETSCH enthalten sind. Auch FRÖBRICH und OFFHAUS suchten sie vergeblich nachzuweisen.

Sicher ist, daß sich unter den von GOETSCH genannten Bedingungen bei Schaben keine Großmodifikationen auslösen lassen. Niemals ist es mir bei Verabreichung von optimalem Futter, das ausreichende Eiweißmengen enthält, und zusätzlichen Gaben von Termitenleichen gelungen, überdimensionale Tiere zu bekommen. Die starken Größenunterschiede zwischen Kontrollen und Versuchstieren (Abb. 1a) sind lediglich darauf zurückzuführen, daß unter den von GOETSCH gewählten Ernährungsbedingungen die Kontrolltiere unzureichendes, die Versuchstiere aber optimales Futter bekamen.

Letzten Endes kommt auch GOETSCH bei seinen Amphibienversuchen zu prinzipiell den gleichen Ergebnissen, wenn er schreibt: „Ein Wachstum der T-Tiere über die Endgröße der Kontrollen ließ sich *nicht* feststellen. Da ja die Metamorphose früher einsetzt, können T-Tiere sogar etwas kleiner sein.“ (GOETSCH, 1951, S. 161.) Und an einer anderen Stelle sagt er: „Die Entwicklung führt aber über physiologische Grenzen nie hinaus. Es ist also abwegig, wenn die Frage aufgeworfen wird, ob der Mensch durch Vitamin-T etwa zum Riesen wird. Eine solche Gefahr besteht nicht. Wohl aber vermag die physiologische Potenz unter auch sonst günstigen Bedingungen (Zusatzfaktoren) zur vollen Auswirkung zu gelangen, wenn T verabfolgt wird.“ (GOETSCH, Österr. Apoth. Z. 1951).

Die Wirkung des „Termitins“ ist *unspezifisch*. Eine Reihe anderer Tierstoffe: Muskeleiweiß von Schwein, Krebs und Heuschrecken wirken genauso.

Meine Versuchsergebnisse zeigen nur, daß bei optimal gewählter Mischkost (Eiweiß + Kohlenhydrate + Vitamine) ein normales Wachstum bis zu der artmäßig bedingten Endgröße erfolgt.

Zusammenfassung

GOETSCH konnte durch Fütterung der *Periplaneta orientalis* mit alkoholischem Termitenextrakt und Schabenfleisch an den Blattiden Veränderungen der Größe und der Kopfproportionen feststellen, welche ähnlich denen von Termitensoldaten waren.

Diese Versuche wurden an *Blattella germanica* nachgeprüft. Die Tiere bekamen verschiedene Zusatzdiäten (Termiten, Periplaneta, Heuschrecken, Tenebrio-Larven, Schweinefleisch, Hundekuchen, Krebsmuskulatur, ein eiweißreiches Kraftfutter einer Schweizer Firma, Mischkost sowie *Torulopsis utilis* und deren Extrakte) zum Grundfutter (Kartoffelflocken + Semmelbrösel) gereicht.

Es ließ sich dabei niemals ein Wachstum über die normale Größe hinaus beobachten.

Die Kontrolltiere zeigten eine starke Wachstumsverzögerung gegenüber den Versuchstieren, die allein auf die unzureichende Qualität der Grunddiät zurückzuführen ist, nicht aber auf einen besonderen Faktor, der in Termiten oder Schabenfleisch vorhanden ist. Denn bei Fütterung der Tiere mit Termiten + einer optimalen Grunddiät erfolgte keine Wachstumsbeschleunigung.

Schrifttum

- BUCHNER, P., Endosymbiose der Tiere mit pflanzlichen Mikroorganismen (Basel 1953). — FRAENKEL, G. and M. BLEWETT, Biochem. J. **37**, 686–692 (1943). — FRÖBRICH, G., Z. vergl. Physiol. **27**, 335–383 (1940); Naturwiss. **40**, 344/5 (1953); Naturwiss. **40**, 356 (1953). — FRÖBRICH, G. und K. OFFHAUS, Naturwiss. **39**, 575 (1952). — GIER, H.T., Ann. Entom. Soc. America **11**, 2 (1947). — GOETSCH, W., Österr. Zool. Z. **1**, H. 1/2, 49 bis 57 (1946); Österr. Zool. Z. **1**, H. 1/2, 58–86 (1947); Z. Vit., Hormon-, Ferment-Forschg. **1**, 87–110 (1947); Experientia **3**, 7 (1947); Österr. Zool. Z. **1**, H. 3/4, 193–247 (1947); Österr. Zool. Z. **1**, H. 6, 533–626 (1948); Rev. Suisse Zool. **56**, 252–264 (1949); Österr. Apothekerztg. **18** (1950); Probleme der Formbildung. Neue Ergebnisse und Probleme der Zoologie (KLATTfestschrift) (Wien 1950); Naturwiss. **41**, 5, 124 (1954); Naturwiss. **46**, 2, 84 (1959). — GUNN, D., J. Exp. Biol. **10**, 274 (1933). — KAISER, R., Wiener Tierärztl. Mschr. **36**, 305–312 (1949). — KAUDEWITZ, H., Z. vergl. Physiol. **35**, 380–415 (1953). — KLATT, B., Zool. Anz., **145**, 260–279 (1950). — KOCH, A., Biol. Zbl. **53**, 199–203 (1933). Mikrokosmos **38**, (1949); Münch. med. Wschr. **98**, 1309–1313 (1956); Die physiologische Bedeutung der Symbionten für den Wirtsorganismus. Verh. Dtsch. Ges. Inn. Med. **1957**, 55–64. — KUPKA, E., Z. Vit., Hormon-, Ferment-Forschg. **2**, H. 3/4, 173–178 (1948). — LENGSELD, W., Münch. med. Wschr. **1951**. — MELAMPY, R., Phys. Zool. **10**, 36–44 (1937). — NUSSBAUMER, G., Med. Klin. **44**, H. 20 (1949). — OFFHAUS, K., Z. vergl. Phys. **27**, 384–429 (1939). — PFLUGFELDER, O., Entwicklungsphysiologie der Insekten (Leipzig 1952). — SCHWARZ, I. und A. KOCH, Wiss. Z. Univ. Halle, Math.-Nat. **4**, 7–20 (1954). — SELMAIR, E., Z. Parasitenkunde **21**, 321–362 (1962). — WILLE, J., Biologie und Bekämpfung der deutschen Schabe (Berlin 1920). — ZACHER, F., Die Vorrats-, Speicher- und Materialschädlinge und ihre Bekämpfung (Berlin 1927).

Anschrift der Verfasserin:

ERIKA SELMAIR, 8000 München 42, Agricolastraße 30