

Fig. 4. „Wabe“ von oben. Phot. 25. Mai n. d. Leben. Größe $\frac{1}{1}$. Der größte Teil der Kokons ist aufgebrochen. Gegenüber Fig. 1 sind hier neu ausgeschlüpft die Männchen, der männlichen Zellgruppen: 11, 12, 10, 13, zum Teil 15 und 14, auf letzteren namentlich haben sich gerade die Männchen versammelt. Diese Figur liegt dem Schema Fig. 5 S. 688 zugrunde. Die Königin fehlte schon um diese Zeit im Nest.

Ein Versuch, Wachstumskorrelationen und Wachstumsautonomien quantitativ zu bestimmen. (Experimentelle Untersuchungen an Insekten- [*Dixippus*-] Larven.)

Von Prof. Dr. Jan Hirschler (Lemberg-Universität.)

1. Einleitung und Fragestellung.

Das Wachstum der Organismen wurde, wie bekannt, schon auf sehr verschiedenerlei Weise und von verschiedenen Gesichtspunkten aus analysiert und genau untersucht, wobei die Methode, welcher man sich in einem gegebenen Falle bediente, der aufgestellten Frage, die zu lösen war, angepasst werden musste. Es wurden also an wachsenden Organismen in gewissen Zeitintervallen ihre Dimensionen (z. B. Länge, Breite), ihr Volumen oder ihr Gewicht bestimmt, wodurch wir eine Einsicht in das Wachstumstempo, welches dem Verlaufe eines autokatalytischen chemischen Vorganges ähnlich ist (W. Ostwald¹), erhalten haben. Andererseits wurde versucht, die Frage zu beantworten, welchen voluminösen Veränderungen die Substanzen, aus denen der wechselnde Organismus aufgebaut ist, in bestimmten Zeiträumen und Entwicklungsstadien unterliegen, es wurde also der Wassergehalt, die organische Trockensubstanz, die Aschenquantität und andere Bestandteile gemessen und vieles Wichtige und Interessante, hauptsächlich über die Rolle, die dem Wasser bei Wachstumsvorgängen zukommt, festgestellt (Davenport²), Schaper³), Biataszewicz⁴), Liebermann⁵), Pott⁶),

1) Ostwald, W.: Über die zeitlichen Eigenschaften der Entwicklungsvorgänge (Vorträge und Aufsätze über die Entwicklungsmechanik der Organismen, Heft 5, 1908).

2) Davenport, C. B.: The role of water in growth (Proceed. Soc. Natur. Histor. Boston v. XXVIII, 1897).

3) Schaper, A.: Beiträge zur Analyse des tierischen Wachstums (Archiv f. Entwicklungsmech. Bd. 14, 1902).

4) Biataszewicz, K.: Beiträge zur Kenntnis der Wachstumsvorgänge bei Amphibienembryonen (Bulletin Acad. Sc. Cracovie 1908).

5) Liebermann, L.: Embryochemische Untersuchungen (Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiologie, Bd. 43, 1888).

6) Pott, R.: Untersuchungen über die chemischen Veränderungen im Hühnerei während der Bebrütung (Landwirtschaftl. Versuchsstat., Bd. 23, 1879).

Kellner⁷⁾ u. a.). Außer den Volumenschwankungen, der chemisch-physikalischen Komponenten des wachsenden Organismus, wurde auch das Verhalten seiner morphologischen Einheiten, der Zellen, geprüft, indem man versucht hat, den Anteil des Zellenzahl- und Zellenvolumen-Anwuchses am Wachstum des ganzen Organismus, zu bestimmen (Warren⁸⁾, Berezowski⁹⁾, Conklin¹⁸⁾ u. a.). Man interessierte sich auch vielerseits für die Volumen- oder Gewichtsrelation der einzelnen Körperteile im wachsenden Organismus und für die Kernplasmarelation während der Entwicklung und während des Wachstums verschiedener Tiere, worüber uns ausführlich Przibram¹⁰⁾ und Erdmann¹¹⁾ in ihren Zusammenstellungen informieren. Außer Volumen- und Gewichtsbestimmungen wurden an verschiedenen Tieren Dimensionen-Messungen (Länge-, Breite-Messungen) vorgenommen, die entweder nur zur Berechnung des Volumens wachsender Tiere dienten (z. B. Popoff¹²⁾ — *Frontonia*), oder uns auch bei Berücksichtigung der Diameter-Relationen über die Formveränderung des wachsenden Tieres unterrichten sollten (Edwards¹³⁾ — *Holothuria floridana*, Williamson¹⁴⁾ — *Carcinus*, Jennings¹⁵⁾ — *Paramaccium*, Williams¹⁶⁾ — *Gongylus* u. a.) sich also nicht ausschließlich auf die Analyse des Wachstums bezogen. Die Ergebnisse aller derjenigen Untersuchungen, in denen über gleichsinnige Veränderung des Volumens zweier Körperteile, oder gleichsinnige Veränderung der Dimensionen zweier Körperdiameter berichtet wird, könnten vielleicht auf Korrelationen, die zwischen ihnen bestehen,

7) Kellner, O.: Chemische Untersuchung über die Entwicklung und Ernährung des Seidenspinners (ibidem Bd. 30, 1884. Bd. 33, 1887).

8) Warren, E.: Preliminary Attempt to ascertain the Relation-ship between the Size of Cell and the tize of Boohy in *Daphnia magna* Straus (Biometrika vol. 2, 1903).

9) Berezowski, A.: Studien über Zellgröße. Erste Mitteilung über das Verhältnis zwischen der Zellgröße und der Gesamtgröße des wachsenden Organismus (Archiv f. Zellforschung, Bd. 5, 1910).

10) Przibram, H.: Experimentelle Zoologie. Bd. 4. Vitalität (Leipzig und Wien 1913).

11) Erdmann, Rh.: Quantitative Analyse der Zellbestandteile bei normalem, experimentell verändertem und pathologischem Wachstum (Ergebn. d. Anatomie und Entwicklungsgesch., Bd. 20, 1912).

12) Popoff, M.: Experimentelle Zellstudien (Archiv f. Zellforsch., Bd. 1, 1908).

13) Edwards, Ch.: Variation, Development and Growth in *Holothuria floridana* Pourtalès and in *Holothuria atra* Jäger (Biometrika vol. 6, 1909).

14) Williamson, H.: On the Larval and Early Young Stages and Rate of Growth of the Shore-Crab, *Carcinus maenas*, Leach (Annual Report Fisher. Board for Scotland 1903).

15) Jennings, H.: Heredity, variation and evolution in *Protozoa* (Proceed. of the Americ. Philosoph. Soc. vol. 47, 1908).

16) Williams, Ch.: Notes on the Life History of *Gongylus gongyloides*, a Mantis of the Tribe Empusides and a Floral Simulator (Transact. Entomolog. Soc. London 1904).

hindeuten. Werden aber in solchen Fällen Korrelationen angenommen, so gebraucht man diese Bezeichnung nur in dem ziemlich unexakten Sinne, in welchem sie auch in der Variationsstatistik Anwendung findet, worauf Johannsen¹⁷⁾ in seinem Werke aufmerksam macht. Denn Korrelationen können nicht mittelst Messungsmethoden, sondern nur durch Experimente sicher nachgewiesen werden. Für das Wachstumsproblem, welches uns hier interessiert, liegen nun weiter Experimente vor, die das Bestehen von Wachstumskorrelationen beweisen, indem nach Exstirpation gewisser Organe eine Wachstumshemmung des ganzen Organismus festgestellt, oder nach Implantation gewisser Organe, eine stärkere Entwicklung und Wachstum anderer Organe beobachtet wurde. Die ganze Frage über die Korrelation der primären und sekundären Geschlechtscharaktere und die Experimente dieses Forschungsgebietes, inwiefern sie sich auf den jungen und wachsenden Organismus beziehen, würden nun auch, worauf hier nur hingedeutet sei, dem Wachstumsprobleme angehören und zahlreiche Beweise für das Bestehen von Wachstumskorrelationen abgeben. Wie nun aus unserer kurzen Übersicht hervorgeht, wurde das Wachstum der Organismen auf folgendes untersucht: 1. Auf sein Tempo, 2. auf das Verhalten der morphologischen oder chemisch-physikalischen Körperkomponenten (beide mittelst Messungsmethoden), 3. auf Wachstumskorrelationen (Experiment).

Nachdem wir nun eine Reihe von Problemen, die das Wachstum der Organismen betreffen, kennen gelernt haben, erlauben wir uns, unsere Fragestellung vorzuführen. Sie lautet folgend: Ist ein gewisses Dimensionswachstum (z. B. Längenwachstum), welches an einem jungen, wachsenden Organismus stattfindet, von einem anderen Dimensionswachstum (z. B. Breite- oder Dickewachstum) abhängig, oder ist es selbständig, respektive inwiefern das eine oder das andere? Oder mit anderen Worten gesagt: Wird das Wachstum, welches in der Richtung eines gewissen Körperdiameteres verläuft, von dem Wachstum, welches in der Richtung eines anderen Körperdiameteres stattfindet, korrelativ bedingt oder ist es autonom, oder ist es vielleicht teilweise abhängig und teilweise autonom? Wir fragen nun auch nach Wachstumskorrelation und Wachstumsautonomie, aber in einem anderen Sinne, wie in den vorher genannten Experimenten. Dort wird gefragt, inwiefern das Volumengewachstum¹⁹⁾ eines Organes oder des ganzen Körpers von der An- oder Abwesenheit eines anderen Organs abhängig ist, während es sich in unserem Falle vor allem um das Dimensionenwachstum²⁰⁾

17) Johannsen, W.: Elemente der exakten Erblichkeitslehre (Jena 1909).

18) Conklin, E.: Cell-size and body-size (Journal of morphology vol. 23, 1912).

19) = Massenwachstum (W. Roux).

20) Dimensionelles Wachstum (W. Roux).

handelt, welches natürlich sehr oft auch durch das Volumenwachstum begleitet wird. Da die bestimmte Form, die für das tierische Individuum charakteristisch ist, eben dadurch zustande kommt, dass an ihm, während seiner Entwicklung, das Wachstum in den verschiedenen Richtungen seines Körpers verschieden schnell verläuft, was Formveränderungen am Individuum hervorruft, wird unser Studium, welches sich mit der Korrelation des Dimensionswachstums befasst, auch gleichzeitig zu einer experimentellen Analyse der Formbildung. Während nun aber die früher genannten Arbeiten, die sich auch mit Dimensionenmessung befassen, nur über Veränderungen der Körperdiameter-Relationen berichten, welche am normalen wachsenden Tiere festzustellen sind, versuchen wir die Frage zu beantworten, ob die Lösungen der einzelnen Diameter, die die Form bestimmen, voneinander abhängig, oder unabhängig sind. Wenigstens für einige wollen wir eine Antwort finden. Es wird nun um die Plastizität der Form gefragt.

Wollen wir uns aber über Korrelationen orientieren, so müssen wir experimentell in den Wachstumsvorgang eingreifen, wie dies eben getan wurde. Dem Effekte des Experimentes wurde hernach durch Messungen eine exaktere Form gegeben.

2. Methodisches.

Unsere Frage versuchten wir an Hand von Experimenten, die an jungen Larven einer indischen Stabheuschrecke (*Dixippus morosus* L.) vorgenommen wurden, zu beantworten. Um sich zu überzeugen, ob bei dem Wachstum dieser Tiere Wachstumskorrelationen vorkommen, wurde ihnen quer um den Leib ein weißer Seidenfaden umgebunden, wodurch das Dickenwachstum auf der betreffenden Höhe gehemmt wurde und nun beobachtet, ob diese Wachstumshemmung einen Einfluss auf das Längenwachstum der Tiere hat, was sich aus dem Vergleiche mit gleichalten Kontrolltieren ergeben würde. Bei meinem ersten Versuche wurde dieser Fadenring an verschiedenen Stellen des Thorax (Pro-, Meso- und Metathorax) angelegt, bald aber überzeugte ich mich, nachdem mir der Häutungsmodus dieser Tiere genau bekannt wurde, dass man diesen Ring nur an einer bestimmten Stelle des Thorax anbringen kann und zwar in der Mitte des Metathorax, wenn man auf ein günstiges Resultat rechnen will. Soll nämlich der Fadenring, von einem gewissen Moment angefangen, wirklich als Wachstumshemmer wirken, so muss er den Körper eng umspannen, darf ihn aber nicht derart drücken, damit der Blutkreislauf, das Nervensystem und der Transport der Nahrung durch den Darmtraktus so schädlich beeinflusst wurden, damit sie das Weiterleben des Versuchstieres unmöglich machten. Man muss also bei solchen Eingriffen immer damit rechnen, dass ein gewisses Prozent der „Ringtiere“ eingeht, was

auf zu starke Zuznürung des Fadens zurückzuführen ist. Für die übrigen, die am Leben bleiben, ist wiederum die Häutung ein kritischer Moment und soll ein Versuchstier diese glücklich überstehen, so muss es den Fadenring am Metathorax angebracht haben. Dies ergibt sich aus dem Häutungsmodus: Der Chitinpanzer platzt nämlich auf dem Rücken des Tieres auf der Höhe des Mesothorax, hernach zieht das Tier den Prothorax und den Kopf aus ihm heraus und nach vorne kriechend, befreit es aus ihm den Metathorax und den Abdomen. Ist nun der Fadenring am Metathorax angelegt, der uns die dicke Partie des *Dixippus*-Körpers darstellt, so sind die Tiere imstande, in einer Zahl von Fällen (ein gewisses Prozent geht auch dabei ein) den Chitinpanzer samt Fadenring vom Körper abzustreifen und können somit weiter zum Experiment gebraucht werden, indem man an ihnen nach der Häutung einen neuen Fadenring anbringt. Befindet sich dagegen der Fadenring am Pro- oder Mesothorax, so wird die Häutung in den meisten Fällen unmöglich gemacht und fast alle Versuchstiere gehen ein. In meinen späteren Versuchen wurden Fadenringe nun ausschließlich am Metathorax angelegt. Das Anbringen des Fadenringes haben wir an den Tieren während ihres kataleptischen Zustandes, der leicht durch einen leichten Stoß oder Erschütterung hervorzurufen ist, vorgenommen. An dem Fadenringe eines jeden Versuchstieres wurde ein kleines Zettelchen aus Wachspapier mit Ordnungszahl angebracht, um zu jeder Zeit die Identität des Tieres feststellen zu können und nun wurde eine gewisse Zahl von „Ringtieren“ in einem Glase, welches mit Gaze überbunden war, untergebracht. Zu einem Versuche wurden immer annähernd gleich lange Individuen gebraucht, was natürlich auch auf die Kontrolltiere zu beziehen ist. Da man an den Kontrolltieren keine Zeichen anbringen konnte, musste ein jedes allein in einem kleinen Glase gezüchtet werden. Die Züchtung dieser Tiere kommt leicht und Todesfälle bei Kontrolltieren sind eine Seltenheit; deswegen wurden auch zur Kontrolle nur wenige Exemplare (5—6) gebraucht. Erwähnt sei noch, dass das frischgehäutete Tier stundenlang, regungslos, neben dem abgestreiften Chitinpanzer sitzt, so dass man auch bei Versuchstieren, die den Chitinpanzer samt Fadenring und Zettelchen abwerfen, über ihre Identität im gewissen bleiben konnte. Nun hieß es, die Versuchs- und Kontrolltiere in womöglich gleichen Bedingungen zu züchten, um die Fehler, die beim Ausbleiben dieser Maßregeln ins Experiment einschleichen könnten, auszuschließen. Die Gläser mit den Versuchs- und Kontrolltieren wurden auf ein und demselben Tische in einem Zimmer (Temperatur durchschnittlich $+15^{\circ}$ C.) gehalten. Tagtäglich wurde sämtlichen Tieren reichlich Nahrung (frische *Tradescantiablätter*) dargeboten, so dass am nächsten Tage viel von ihr zurückblieb. In einem jeden Glase befand sich ein mit Wasser ge-

tränktes Wattestück, welches tagtäglich von neuem benetzt wurde, und nie vollkommen seinen Wassergehalt verlor. Die Versuchstiere nahmen trotz der Fadenringe gierig Nahrung auf, was man entweder direkt beobachten oder aus den angezagten Blättern und den am Boden des Glases liegenden Exkrementen folgern konnte. Ihr Darm war fast immer mit Nahrung erfüllt und schimmerte deswegen wie ein dunkler Streifen durch die Haut durch. In dieser Beziehung verhielten sie sich ebenso wie die Kontrolltiere.

Unser Material eignete sich zu solchen Experimenten nicht allzu gut, denn während der Häutungen, die bei einem anderen Materiale (Mollusken oder Tunicaten) kaum ins Spiel kommen würden, geht ein ansehnlicher Prozent der Versuchstiere ein. Andererseits hat es aber vor einem anderen Versuchsmateriale gewisse Vorzüge, die sich aus der Beschaffenheit des Insektenkörpers ergeben. Der Insektenkörper ist, wie bekannt, in den meisten Fällen im Vergleiche mit dem Körper anderer Tiere (Würmer, Mollusken, Tunicaten) sehr wenig kontraktile und ziemlich steif, soll man nun an ihm Messungen vornehmen, wie dies bei unseren Versuchen nötig war, so ist das Erzielen einer größeren Exaktheit viel leichter als bei Tieren mit stark kontraktilem Körper, dessen Länge und Breite vom jeweiligen Kontraktionszustande abhängen und den Fehlern Tür und Tor offen lassen (auch oft bei Anwendung der Narkose). Zu Längemessungen eignen sich nun die *Dixippus*-Larven besonders gut, denn im kataleptischen Zustande ist ihr stäbchenförmiger Körper gerade ausgestreckt und wie starr. Wenn wir noch in Betracht ziehen, dass zu solchen Experimenten, wie die unserigen, wachsende und junge, also meistens nur kleine Individuen gebraucht werden können, an denen jeder begangene Messungsfehler relativ groß ist, so könnte man wegen der genannten Eigenschaften die *Dixippus*-Larven doch für ein ziemlich geeignetes Material ansehen.

Um den Einfluss der Wachstumshemmung festzustellen, wurde am Anfange und am Ende des Versuches unter einer Lupe, mittelst einem Zirkel, bei den Versuchs- und Kontrolltieren, die Körperlänge gemessen und der Abstand der Zirkelspitzen nach jeder Messung sofort mittelst einer Schraube fixiert. Hernach wurden mittelst einem Zeichenapparate die Zirkelspitzen auf einen Objektmikrometer, der sich unter der Mikroskoptube auf dem Objektische befand, projiziert und die zwischen ihnen enthaltenen Maßeinheiten abgelesen. Diese wurden hernach durch die Vergrößerung multipliziert und auf Millimeter berechnet. Sämtliche Messungen haben wir auf diese Weise ausgeführt. Die Anwendung dieses Verfahrens, die die Exaktheit der Messungen hebt, schien mir wegen der Kleinheit der Objekte angezeigt zu sein. Seine Schilderung wird es nun

dem Leser verständlich machen, auf welche Weise wir die auf den Tabellen angegebenen Bruchzahlen erhalten haben.

3. Taktisches.

Wir übergangen zur Darstellung der Tatsachen: Zu den Versuchen wurde immer eine Zahl annähernd gleich langer Individuen gewählt und am Anfange jedes Experiments ihre Länge bestimmt. Da wir uns mittelst Messungen, die an einigen Kontrolltieren gemacht wurden, überzeugt haben, dass während der Dauer des betreffenden Experimentes die Dicke des Tieres und hauptsächlich die Dicke des Metathorax (an dem bei den Versuchstieren der Fadenring angebracht war) zunimmt, schien uns die Bestimmung der Metathoraxdicke wohl am Anfange jedes Versuchs wie auch nach seinem Ablaufe bei allen Tieren vollkommen unnötig zu sein. Denn angesichts dessen, dass bei jedem Versuche die Kontroll- und Versuchstiere sich sonst in ganz gleichen und annähernd normalen Bedingungen befanden, konnte eine Hemmung des Längenwachstums, bei den Versuchstieren, nur auf die Anwesenheit des Fadenringes zurückgeführt werden.

Tabelle I.

Nummer	Länge der Versuchstiere		Länge der Kontrolltiere	
	Am Anfange des Experiments	Am Ende des Experiments	Am Anfange des Experiments	Am Ende des Experiments
1	20,9 mm	29,7 mm	21,2 mm	35 mm
2	20,9 „	29,5 „	20,9 „	34,2 „
3	21,2 „	30,1 „	20,9 „	34,5 „
4	21 „	30 „	21 „	35 „
5	21,1 „	30 „	21 „	35,1 „
6	21,3 „	30,2 „	—	—
Länge im Durchschnitt	21,1 „	29,9 „	21 „	34,7 „

Am 18./I. 1914 haben wir einer größeren *Dixippus*-Kultur 20 annähernd gleich lange, junge Larven entnommen; 15 von ihnen wurde am Metathorax ein Fadenring angebracht, die übrigen 5 Individuen dienten als Kontrolltiere. Am 2. Tage vom Beginn des Versuchs gingen 2 Versuchstiere ein, wahrscheinlich deswegen, weil der Fadenring an ihnen zu stark zugeschnürt war. Die 13 zurückgebliebenen Individuen lebten weiter ganz wohl, bis zur Zeit, in der sie die Häutung durchmachen sollten. Während der Häutung, die sowohl bei den Versuchs- wie auch bei den Kontrolltieren fast gleichzeitig, zwischen dem 13. und 15./II. stattgefunden hat, gingen weitere 7 Versuchstiere ein und somit blieben jetzt nur noch

6 am Leben. Diesen 6 Individuen, die während der Häutung den Chitinpanzer samt Fadenring abgeworfen haben, wurde kurz hernach ein neuer Ring am Metathorax angelegt und ihre Zucht weiter bis zum 9./III. fortgeführt. Die Experimentdauer beträgt also im ganzen 50 Tage, während der alle Tiere nur eine Häutung durchgemacht haben. Tabelle I, auf der nur die 6 zurückgebliebenen Individuen eingetragen sind, gibt uns über das Ergebnis des Versuchs einen näheren Aufschluss. Aus ihr ist zu ersehen, dass die Längeschwankungen der Versuchs- und Kontrolltiere am Anfange des Experiments sehr gering waren und bei den ersteren 0,4 mm, bei den letzteren 0,3 mm betragen. Die Versuchstiere hatten im Durchschnitte eine Länge von 21,1 mm, die Kontrolltiere eine von 21 mm. Am Ende des Experiments erscheinen die Längeschwankungen im allgemeinen etwas größer, indem sie bei den Versuchstieren 0,7 mm, bei den Kontrolltieren 0,9 mm betragen. Die Versuchstiere zeigen jetzt im Durchschnitte eine Länge von 29,9 mm, die Kontrolltiere weisen durchschnittlich eine Länge von 34,7 mm auf. Der Zuwachs der Körperlänge beträgt somit für die Versuchstiere 8,9 mm, für die Kontrolltiere 13,3 mm. Wir sehen also daraus, dass das Längenwachstum der Versuchstiere im Vergleich mit diesem der Kontrolltiere teilweise gehemmt wurde, indem die Körperlänge der ersteren um 14% von dieser der letzteren kürzer ist. Diese teilweise Hemmung scheint uns aber eben deswegen interessant zu sein, weil sie dafür spricht, dass das Längenwachstum unserer Tiere nicht vollkommen von dem Dickenwachstum des Metathorax, an dem der Fadenring angebracht war, abhängig ist und von ihm korrelativ bedingt wird. Wenn dies nämlich der Fall wäre, so würde die Körperlänge der Versuchstiere, bei denen das Dickenwachstum des Metathorax durch den Fadenring gehemmt wurde, überhaupt nicht zunehmen können. Ist dies aber nicht der Fall, wie eben bei unseren Versuchstieren, so muss angenommen werden, dass das Längenwachstum in bezug auf das Dickenwachstum des Metathorax eine gewisse Autonomie besitzt. Der Umstand aber, dass auch eine gewisse Hemmung des Längenwachstums stattgefunden hat, beweist andererseits das Bestehen einer gewissen Korrelation, zwischen diesem und dem Dickenwachstum des Metathorax, worauf kurz vorher hingewiesen wurde. Es ist nun jetzt möglich, sich näher darüber zu unterrichten; inwiefern das Längenwachstum des sämtlichen Körpers von dem Dickenwachstum des Metathorax selbständig verläuft und inwiefern es von dem letzteren abhängig ist, wie groß die Korrelation und wie groß die Autonomie ist. Darüber gibt uns Aufschluss eine einfache Berechnung. Angenommen, dass der Zuwachs der Kontrolltiere 100 beträgt, können wir aus der Gleichung

$$13.3 : 8.9 = 100 : x$$

in der uns die Zahl 13.3 den absoluten Zuwachs der Kontrolltiere

und die Zahl 8·9 den absoluten Zuwachs der Versuchstiere darstellt, die Größe der Autonomie (x) berechnen. Diese (x) beträgt 67%; der Rest, der zu 100 fällt = 33%, dieser stellt uns die Größe der Korrelation dar. Die Autonomie verbleibt also zu der Korrelation in einem Größenverhältnis, wie 67 : 33 oder wie 2 : 1.

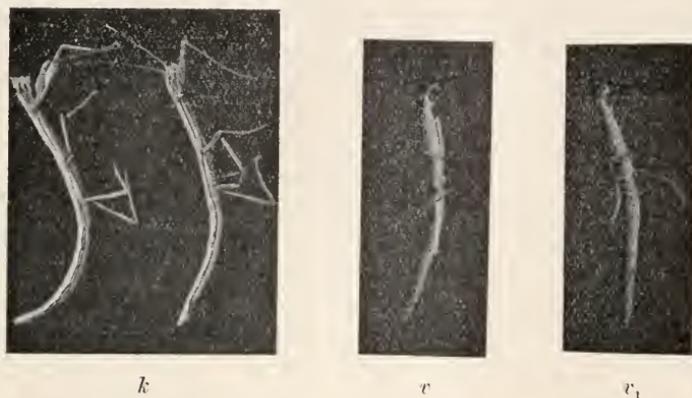


Fig. 1. Versuchs- und Kontrolltiere, bei derselben Vergrößerung wiedergegeben, dem Versuche: Tabelle I zugehörig, am Ende des Experiments. k — zwei Kontrolltiere, r und r_1 — zwei Versuchstiere, an denen die Fadenringe zu sehen sind.

Nun möchten wir auf eine gewisse Ungenauigkeit hinweisen, die möglicherweise unserem Experimente anhaften könnte. Wie nämlich aus seiner Schilderung hervorgeht, besaßen die Versuchstiere den Fadenring am Leibe nicht genau während der ganzen Experimentdauer, da sie ihn bei der Häutung samt dem Chitinpanzer vom Körper abstreiften. Das Anbringen des neuen Ringes hat bei verschiedenen Tieren eine verschieden lange Weile (2—5 Stunden) nach vollzogener Häutung stattgefunden. Obwohl diese Frist nun im ganzen kurz war, verblieben die Versuchstiere doch über eine gewisse Zeit ohne den Fadenring, während der das Dickenwachstum des Metathorax nicht gehemmt war und das Längenwachstum günstig beeinflussen könnte. Um diese Ungenauigkeit zu beseitigen, versuchten wir nun anderen Experimenten eine exaktere Form zu geben. Da nun aber die Häutung ohne Abwurf des Fadenringes unmöglich ist und ihr Ausbleiben den Tod des Tieres verursacht, mussten sich diese Experimente auf eine kürzere Dauer wie bei unserem ersten Versuche und zwar nur auf die Zeit zwischen zwei Häutungen erstrecken. Bei solchen Experimenten war nun die genannte Ungenauigkeit beseitigt, dafür aber ihre Dauer kürzer. Um bei diesen Versuchen die Möglichkeit anderer Fehler, die sich aus dem verschiedenen Tempo des Wachstums, zwischen zwei Häutungen, ergeben könnten, im voraus auszuschließen, wurden

zu ihnen gleich oder fast gleich lange Tiere gebraucht, die gleichzeitig eine Häutung eben überstanden haben. Da nun aber die Beschaffung so eines Materials, auch wenn man über eine größere Kultur der *Dixippus* verfügt, nicht leicht ist und auf große Schwierigkeiten stößt, indem die Häutungen gleich langer Tiere auch nicht ganz gleichzeitig stattfinden, konnten überhaupt nur wenige Tiere angetroffen werden, die allen erwähnten Bedingungen entsprachen. Dieser Umstand möge nun erklären, warum in den folgenden Experimenten, zu deren Schilderungen ich übergehe, nur ganz wenige Tiere gebraucht wurden.

Tabelle II.

	Nummer	Länge der Versuchstiere		Länge der Kontrolltiere	
		Am Anfange des Experiments	Am Ende des Experiments	Am Anfange des Experiments	Am Ende des Experiments
Versuch A	1	25 mm	27 mm	25 mm	28 mm
Versuch B	2	25,8 „	26,8 „	25,8 „	27,2 „
Versuch C	3	20,9 „	22,8 „	20,9 „	23,9 „
	4	21 „	23 „	21,1 „	23,9 „
Länge im Durchschnitt	für Versuch C	20,9 „	22,9 „	21 „	23,9 „

Versuch A. Tabelle II: Zwei gleich große Tiere, die eben gleichzeitig die Häutung überstanden haben, werden auf ihre Länge gemessen und an einem von ihnen am Metathorax ein Fadening angebracht. Die Experimentdauer betrug 15 Tage (vom 24./I. bis zum 8./II.). Die Längen beider Tiere am Anfange und am Ende des Experiments sind auf Tabelle II eingetragen. Der Längenzuwachs des Versuchstieres beträgt 2 mm, dieser des Kontrolltieres 3 mm. Aus der Gleichung $3 : 2 = 100 : x$ ergibt sich die Größe der Autonomie = 67%. $100 - 67 = 33$, dies ist die Größe der Korrelation. Das Resultat dieses Versuches, bei dem die vorher genannte Ungenauigkeit nicht mehr in Betracht kommt, stimmt vollkommen mit dem Ergebnisse unseres früheren Experiments überein, indem auch hier das Größenverhältnis zwischen Wachstumsautonomie und Wachstumskorrelation dasselbe ist, 2 : 1. Dies würde wohl dafür sprechen, dass mit der erwähnten Ungenauigkeit auch bei unserem ersten Versuche wenig zu rechnen ist.

Versuch B. Tabelle II: Zwei gleichgroße Tiere, die eben die Häutung gleichzeitig durchgemacht haben, wurden auf ihre Länge gemessen und an einem von ihnen am Metathorax ein Fadening angelegt. Die Dauer des Versuchs beträgt 10 Tage (vom 11./II. bis zum 21./II.). Die Längen der Tiere am Anfange und am Ende

des Experiments sind auf Tabelle II angegeben. Der Längenzuwachs des Versuchstieres beträgt 1 mm, dieser des Kontrolltieres 1,4 mm. Aus einer ähnlichen Berechnung wie im Versuch A ergibt sich die Größe der Wachstumsautonomie = 71 % und die Größe der Wachstumskorrelation = 29 %. Das Größenverhältnis der Wachstumsautonomie zur Wachstumskorrelation = 2,4 : 1. Dieses Verhältnis ist von demjenigen in unseren zwei früheren Versuchen etwas verschieden, die Differenz scheint mir aber ziemlich gering zu sein, da sie im ganzen nur 4 % beträgt.

Versuch C. Tabelle II: Vier fast gleichgroße Tiere wurden sofort nach dem Ablaufe der Häutung zum Versuch verwendet. An zweien von ihnen haben wir den Fadenring am Metathorax angebracht, die zwei anderen dienten als Kontrolltiere. Ihre Längen am Anfange und am Ende des Experiments sind auf Tabelle II abzulesen. Der Längenzuwachs der Kontrolltiere beträgt im Durchschnitte 2,9 mm, dieser der Versuchstiere durchschnittlich 2 mm. Aus der erwähnten Berechnung ergibt sich die Größe der Wachstumsautonomie = 69 % und die Größe der Wachstumskorrelation = 31 %. Das Größenverhältnis beider 2,2 : 1.

Wenn wir nun die Ergebnisse aller unserer Experimente vergleichen, so erscheint uns das Größenverhältnis zwischen der Wachstumsautonomie und der Wachstumskorrelation als ziemlich konstant, indem die Verhältnisdifferenzen, die aus unseren Versuchen resultieren, im ganzen 4 % nicht überschreiten. Dies würde nun dafür sprechen, dass der Effekt unserer Experimente der Wirklichkeit nahe kommt.

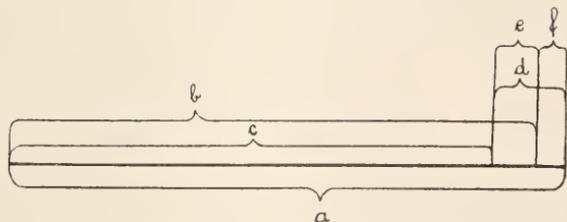


Fig. 2. Graphische Darstellung des Versuchs C: Tabelle II. *a* — Länge (im Durchschnitte) der Kontrolltiere am Ende des Experiments, *b* — Länge (im Durchschnitte) der Versuchstiere am Ende des Experiments, *c* — Länge (im Durchschnitte) der Kontroll- und Versuchstiere am Anfange des Experiments, *d* — Längenzuwachs der Kontrolltiere, *e* — Längenzuwachs der Versuchstiere, *f* — Größendifferenz zwischen dem Längenzuwachs der Kontroll- und Versuchstiere.

Einer besseren Übersicht wegen könnten unsere Versuche auch graphisch dargestellt werden. Beispielsweise haben wir dies für den Versuch C getan: Textfig. 2. Die Länge der einzelnen Abschnitte ist hier in vierfacher Vergrößerung wiedergegeben. Über die Bedeutung der einzelnen Abschnitte unterrichtet uns die Erläuterung, die dieser Textfigur beigegeben ist.

4. Kritisches.

Zuletzt möchte ich noch auf einige Mängel hinweisen, die unseren Versuchen anhaften und an denen teilweise der Experimentator und teilweise das Versuchsmaterial schuld ist. Ein Faktor, der den Erfolg des Experimentes sehr ungünstig beeinflussen kann, ist uns in den individuellen Verschiedenheiten (individuelle Schwankungen des Wachstumstempo, individuelle Schwankungen des Größenverhältnisses der Wachstumsautonomie und Wachstumskorrelation u. a.), die den Versuchstieren zukommen, gegeben; mit diesem Faktor ist bei Experimenten nie genug zu rechnen und sein event. schädlicher Einfluss kann nun, wie bekannt, dadurch größtenteils beseitigt werden, dass man womöglich viele Versuche anstellt und zu jedem womöglich viele Tiere verwendet. Dadurch werden Durchschnittswerte erhalten, die der Wirklichkeit sehr nahe kommen können. Inwiefern nun in dieser Hinsicht unsere Versuche Mängel aufweisen, sind sie für die Lösung unserer Frage, die sich mit dem Nachweise von Wachstumskorrelationen und Wachstumsautonomien befasst, wenig gefährlich, denn sie können durch weitere und zahlreichere Experimente beseitigt werden. Viel schwieriger, wenn überhaupt nicht zu überwinden, sind die Mängel, die sich aus dem Versuchsmateriale ergeben. Die Häutungen, bei denen, wie gesagt, ein großer Teil der Versuchstiere eingeht, würden uns kaum erlauben, bei Insekten und anderen Tieren, welche sich in dieser Beziehung ähnlich verhalten, die ganze Wachstumsperiode, während der mehrere Häutungen stattfinden, auf die aufgestellte Frage mittelst unserem Verfahren zu analysieren. Dieser Umstand möge nun rechtfertigen, warum unsere Experimente nicht die ganze und nur größere oder kleinere Fragmente der Wachstumsperiode umfassen. Bei anderen Tieren (Tunicaten, Mollusken), bei denen diese schädlichen Faktoren fehlen, wird es wohl möglich sein, die ganze oder jedenfalls einen viel größeren Teil der Wachstumsperiode auf unsere Weise zu analysieren.

Es könnte nun noch gefragt werden, ob die Deutung, die wir der Reaktion unserer Versuchstiere gegeben haben, richtig ist; ob nämlich die teilweise Hemmung des Längenwachstums nur durch die Hemmung des Dickenwachstums am Metathorax, oder doch noch durch andere Faktoren verursacht wird. Man könnte vermuten und vielleicht einwenden, dass die Hemmung des Längenwachstums durch die abgeschwächte Ernährung und Assimilation, durch die schädliche Beeinflussung des Nervensystems, durch die teilweise Störung des Blutkreislaufes oder anderer physiologischer Vorgänge, die alle auf den Druck des Fadenrings zurückzuführen sind, bedingt wird, und nicht ihre Ursache allein in der Hemmung des Dickenwachstums am Metathorax hat. Alle diese Einwände könnten nun insofern richtig sein, dass sie darauf hinweisen würden, dass man das Phä-

nomen der Wachstumshemmung allseitiger analysieren kann, als dies unsererseits getan wurde, sie würden aber unserer Deutung in nichts widersprechen. Sie würden nur dies hervorheben, dass durch die Hemmung des Dickenwachstums am Metathorax (durch den Fadenring) eine Reihe von physiologischen Vorgängen sehr wahrscheinlich teilweise gestört wird, worin die Ursache der Hemmung des Längenwachstums gegeben ist. Sie würden einen Aufschluss über die Qualität der Korrelation, die zwischen dem Längenwachstum und dem Dickenwachstum des Metathorax besteht, fordern, während wir uns zum Ziel unserer Untersuchungen nur die Bestimmung ihrer Quantität machten, die eben in unseren Versuchen vorliegt. Wir glauben nun auf Grund dieser Überlegung unsere Deutung als richtig ansehen zu können, indem wir in der Hemmung des Dickenwachstums am Metathorax, die Grundursache aller Veränderungen, die an unseren Versuchstieren nachzuweisen wären, also auch der teilweisen Hemmung des Längenwachstums erblicken.

Das Material, an welchem ich diese Versuche anstellte, entstammt dem Insektorium am Zoologischen Garten in Berlin; die Versuche selbst wurden im Anatomisch-Biologischen Institut an der Universität Berlin vorgenommen. Ich nehme mir nun die Freiheit, Allen, deren Beistand und freundliches Entgegenkommen mir das Unternehmen dieser Versuche ermöglichten, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen: Der Hochlöblichen Akademie der Wissenschaften in Krakau und den Herren Direktor des Anatomisch-Biologischen Instituts Geheimrat Prof. Dr. Oskar Hertwig, Prof. Dr. Heinrich Poll, Priv.-Dozent Dr. Richard Weissenberg, Direktor des Zoologischen Gartens Prof. Dr. Ludwig Heck, Kustos dieser Anstalt Dr. Oskar Heimroth.

Paris, im Juni 1914.

Zur Geschlechtsbestimmungsfrage bei den Hymenopteren, insbesondere bei der Honigbiene.

Von Dr. Otto Dickel, Augsburg.

I. Vorbemerkungen.

Durch die Untersuchungen der Neuzeit, namentlich durch die Versuche von Bresslau (1908a, 1908b), die Untersuchungen über die Spermatogenese der Bienen von Meves (1904, 1907), Mark and Copeland (1906) und Doncaster (1906, 1907b), vor allem aber durch die zytologischen Befunde Nachtsheim's (1912, 1913) am Bienenei selbst, ist für die Wissenschaft mit aller wünschenswerten Klarheit der Nachweis erbracht worden, dass die fehlerfreie, normale, begattete Königin in Drohnenzellen unbefruchtete Eier

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [34](#)

Autor(en)/Author(s): Hirschler Jan

Artikel/Article: [Ein Versuch, Wachstumskorrelationen und Wachstumsautonomien quantitativ zu bestimmen. \(Experimentelle Untersuchungen an Insekten-\[Dixippus-\] Larven.\) 707-719](#)