

Wachstumsmessungen an *Sphodromantis bioculata* Burm.

1. Länge und Masse.

(Zugleich: Aufzucht der Gottesanbeterinnen. IV. Mitteilung.)

Von

Hans Przibram und Franz Megušar.

(Aus der Biologischen Versuchsanstalt in Wien.)

Mit 11 Figuren im Text.

Eingegangen am 18. März 1912.

Inhaltsübersicht.

	Seite
I. Einleitung: Das Studium des Wachstums	680
II. Das Objekt: <i>Sphodromantis bioculata</i> Burm.	682
III. Die Methodik der (ersten) Versuchsreihe	685
IV. Die Ergebnisse der Versuche	687
V. Schlußfolgerungen	706
VI. Zusammenfassung.	712
VII. Literaturverzeichnis.	713
VIII. Verzeichnis der Tabellen	714
IX. Verzeichnis der Figuren	734

I. Einleitung: Das Studium des Wachstums.

Einige Zeit hindurch sehr vernachlässigt, hat das Studium des Wachstums der Tiere in den letzten Jahren von verschiedenen Seiten her wieder Beachtung gefunden. Einerseits hat die uns längst geläufige Vorstellung vom fortdauernden Wachstum als unumgänglich notwendige Voraussetzung jeder Regeneration endlich bei den meisten Experimentalzoologen Eingang gefunden, anderseits erweckte die Zurückführung der Massenzunahme beim Wachstum auf autokatalytische Prozesse das Interesse der Biochemiker für das Studium der Wachstumskurven; drittens beschäftigten sich die Ernährungsphysiologen mit dem Energiequantum, das von der Nahrung auf das Wachstum, zumal der Säuglinge, verausgabt wird.

Trotzdem sind bis jetzt die Daten über das tierische Wachstum außerordentlich spärlich geblieben und reichen kaum aus, die weitgehenden Verallgemeinerungen zu rechtfertigen, welche Experimentalzoologen, Biochemiker und Ernährungsphysiologen nach oft nur allzu lückenhaften Versuchsreihen aufzustellen sich für berechtigt hielten¹⁾. Vollends ungeeignet sind die Daten aber, um auf Gesetzmäßigkeiten zu führen, nach denen nicht von vornherein gesucht worden war. Da ferner die erwähnten drei Gruppen von Forschern andre Gesichtspunkte im Auge hatten, meist auch andre Objekte heranzogen, so vermögen wir bisher nicht zu erkennen, welcher Zusammenhang zwischen der von der Experimental-Morphologie beobachteten Vergrößerung der Form, der von der Chemie nach dem Gewichte bestimmten Zunahme der Masse und dem von der Calorimetrie ermittelten Energiewerte des Nahrungsansatzes besteht. Es erscheint daher wichtig, an verschiedenen Wachstumstypen Messungen der Längen, Flächen und Volumina, der Massen, ferner der von diesen repräsentierten Energiewerte, und zwar kontinuierlich vom Verlassen des Eies bis zum Erlöschen des Wachstums durchzuführen. Die Auswahl der zu prüfenden Arten soll nach den folgenden Gesichtspunkten geschehen:

1) Möglichkeit, eine größere Anzahl von Exemplaren unter gleichen äußeren und inneren Bedingungen aufzuziehen, also am besten Geschwister ein und desselben Geburtsdatums.

Erforderlich ist also hierzu leichte Aufzucht, geringe Sterblichkeit, große Anzahl von Jungen in einem Gelege oder Wurf, geringe Variabilität, wenigstens in bezug auf Längen- und Gewichtsverhältnisse.

2) Möglichkeit, sowohl Längen- als auch Gewichtsmessungen bequem vornehmen zu können, und zwar nicht nur am einzelnen ganzen Tier, sondern auch an bestimmten Teilen oder Organsystemen.

Erfordernisse: Makroskopische Größe, die über das Maximalmaß von Präzisionsmeßapparaten, namentlich auch feinen Wagen, nicht hinausgehen soll; deutlich abgegliederte Teile, die das genaue Ansetzen von Meßspitzen erlauben, eventuell auch stets in genau gleicher Weise sich abtrennen lassen oder periodisch abgeworfen werden.

3) Möglichkeit, zufällige äußere Verunreinigungen und innere Nahrungsüberreste ohne langwierige Manipulationen zur Zeit der Messungen ausschließen zu können.

¹⁾ Von dieser Kritik möchte ich einige von mir selbst gelegentlich (1906, S. 181 ff.) gemachte Angaben über das Längenwachstum von *Sphodromantis* nicht ausnehmen und durch vorliegende Arbeit verbessert sehen. H. PRZIBRAM.

Erfordernisse: Aufenthalt in einem Medium, das keine Spuren auf dem Tiere zurückläßt, Beendigung der Excretion von Nahrungsüberresten vor der neuerlichen Nahrungsaufnahme, wenigstens zu gewissen, deutlich erkennbaren Zeiten.

4) Möglichkeit, eine Versuchsserie innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeit durchzuführen, um die Wahrscheinlichkeit für unvermeidliche Unterbrechungen in der Kontinuität der Beobachtung möglichst gering zu machen, bei der gleichen Anzahl von Beobachtern eine möglichst große Zahl von Typen zum Vergleiche durchzuarbeiten und auf diese Art rascher allgemeine Beziehungen aufzudecken.

Erfordernisse: Relativ kurze Entwicklungsdauer oder, falls das Wachstum bei dem betreffenden Tiere nicht vor dem Lebensende erlischt, relativ kurze Lebensdauer.

Allen diesen Erfordernissen entspricht in ausgezeichneter Weise die ägyptische Gottesanbeterin, *Sphodromantis bioculata* Burm., welche einer von uns (PRZIBRAM) zunächst von einer Sudan-Reise mitgebracht hatte und die seither zu einem ständigen Bewohner unsrer Anstalt geworden ist. Seit 1905 war die Aufzucht der Gottesanbeterinnen dem andern (MEGUŠAR) von uns anvertraut, und von diesem wurden die Wägungen größtenteils ausgeführt¹⁾, ebenso die während des Lebens der Mantiden erfolgenden Längenmessungen. Die Fragestellung, die schriftliche Bearbeitung der Versuchsergebnisse und die an den abgeworfenen Häuten gewonnenen Längenmessungen rühren von PRZIBRAM her.

II. Das Objekt: *Sphodromantis bioculata* Burm.

Eine ausführliche Darstellung der Lebensgeschichte dieser ägyptischen Gottesanbeterin soll an dieser Stelle nicht wiederholt werden, sie findet sich in den früheren Publikationen, deren Fortsetzung diese Arbeit bildet (PRZIBRAM 1906, 1909). Es erscheint jedoch zweckmäßig, in Kürze jene Punkte zu rekapitulieren, welche für das Verständnis der vorliegenden Arbeit notwendig sind, damit dem Leser, den bloß das Problem des Wachstums interessiert, das langwierige Nachschlagen der früheren Arbeiten erspart werde. Indem zugleich die vier Punkte der Einleitung als Einteilungsgrund für diese Rekapitulation gewählt werden, erfolgt hiermit die Begründung der außerordentlichen Eignung des Objekts für unsre Zwecke.

¹⁾ Vom 18. VIII. bis 20. IX. 1909 wurden während der Urlaubszeit des Herrn Dr. MEGUŠAR die Messungen von Herrn Dr. P. KAMMERER ausgeführt.

1) Fortpflanzungsverhältnisse. Das Weibchen der Gottesanbeterinnen legt nach einmaliger Begattung zeitlebens befruchtete Eier in Paketen (Eier-Kokons) ab. Jedes Paket enthält zahlreiche Eier, sogar bis über 300. In der Regel schlüpfen alle Larven aus einem Pakete an demselben Morgen aus und gleichen einander fast völlig. Die Larven sind gegen Insulte und Veränderungen in den Temperatur- oder Feuchtigkeitsverhältnissen widerstandsfähiger als z. B. die europäische *Mantis religiosa*, und in der Nahrung, kleine Insekten, nicht wählerisch. Eine Schwierigkeit für die Aufzucht einer großen Zahl besteht in dem Kannibalismus, der uns zwingt, jedes Tier in einem eignen Käfig zu isolieren. Da dies aber für die Messungen ohnehin notwendig erscheint, weil eine Markierung der einzelnen Exemplare wegen der Häutungen kaum möglich wäre, so fällt die Isolation als Nachteil nicht ins Gewicht. Durchaus notwendig ist diese Isolation auch bei der Imaginalhäutung, damit eine willkürliche Auswahl der Eltern vorgenommen werden kann. Die Weibchen müssen bei der Zulassung des Männchens gefesselt werden, da ihr Kannibalismus nicht bei diesen Halt macht. Sowohl in ihrer afrikanischen Heimat, als auch in der Gefangenschaft können Geschlechtstiere und Eierpakete das ganze Jahr hindurch erhalten werden; eine Ruheperiode, wie sie bei unsrer europäischen Gottesanbeterin (*Mantis religiosa*) der Winter bildet, gibt es dort nicht.

2) Größenverhältnisse. Die ausgeschlüpfte Larve, welche ungefähr 7 mm lang ist, und beim Ausschlüpfen ihre erste Haut abwirft, kann bereits mit unbewaffneter Hand bei einiger Vorsicht ohne Beschädigung ergriffen werden. Die Mittel- und Hinterbeine sind zwar der Autotomie an der Trochantero-Femuralnaht fähig, so daß sie genau an derselben Stelle abgetrennt werden können, wenn es der Experimentator wünscht; aber die Autotomie erfolgt nicht mit solcher Leichtigkeit, daß sie unbeabsichtigt zu fürchten wäre. Die sehr scharfe Gliederung des Körpers und seiner Anhänge erlaubt gut das Anlegen von Zirkelspitzen, und dies mit freiem Auge oder geringer Lupenvergrößerung. Das gleiche gilt von den Häuten, welche, wie bei den meisten Arthropoden, periodisch abgeworfen werden. Bei vielen Insekten schrumpft jedoch die abgeworfene Haut infolge ihrer geringen Starrheit zu einer unentwirrbaren Masse zusammen, oder bricht infolge ihrer zu großen Sprödigkeit in kleine Fragmente, oder endlich dient sie einigen Formen sogar als Nahrung, so daß sie überhaupt selten aufzufinden ist und das Gewicht des Tieres nach der Häutung fälscht. Die Häute der Gottesanbeterinnen hingegen bleiben

infolge ihrer eben günstigen Chitindicke in fast unveränderten Längenverhältnissen, mit Ausnahme des Hinterleibes, der aber für genaue Messungen infolge seiner Dehnbarkeit bei Nahrungsaufnahme oder Anwachsen der Keimprodukte überhaupt kein günstiges Maß abgibt. Behufs Absolvierung der Häutungen heftet sich die Gottesanbeterin mit den Hinter- und Mittelbeinen in ausgestrecktem Zustande, den Kopf nach abwärts, fest. Die Haut des Thoracalschildes, der Mittel- und Hinterbrust platzt längs der Mitte der Dorsalseite; das frisch-gehäutete Tier entschlüpft seiner alten Haut, ohne daß die Stellung dieser weiter verändert würde, außer daß die Schenkel der Vorderbeine etwas hineingeschoben werden. Auch nach der letzten Häutung haben die Tiere keine solche Größe überschritten, daß sie nicht leicht mit einer Hand gehalten und mit der andern gemessen werden könnten.

3) Ernährungsverhältnisse. Kurz vor jeder Häutung verweigern die Gottesanbeterinnen jede Nahrungsaufnahme; vor der Häutung findet in der Regel eine vollständige Entleerung der Nahrungsreste statt, ja bei der Häutung wird die Vorder- und Hinterdarmwand selbst mitgehäutet. Das frisch der Haut entschlüpfte Tier enthält daher keine Nahrungsüberreste, und da es sich bloß von lebenden Nahrungsmitteln ernährt, so kann man leicht verhindern, daß es vor seiner Abwägung sein Gewicht durch Aufnahme von Nahrung fälscht. Bei nicht allzu reichlicher Fütterung pflegen die Mantiden alle in ihren Bereich gebrachten Nahrungstiere, meist Fliegen, bis auf unverdauliche Teile, wie die Flügel, glatt aufzufressen. Die Entleerung erfolgt in Form eines trockenen, in gut abgegrenzten Klumpen geteilten Kotes. Flüssige Excretion ist, wenn überhaupt vorhanden, geringfügig. Dem Wasserbedarf der Gottesanbeterinnen kann entweder durch Reichung feuchter Nahrung oder auch von Wassertröpfchen entsprochen werden, wenn man ein Bespritzen wegen der Unmöglichkeit, dann die wirklich aufgenommene Wassermenge festzustellen, vermeiden wollte. Um zu trinken, lassen sich die Larven auf die Knie der Vorderbeine nieder und lecken gierig den vorgehaltenen Tropfen mit den Mundwerkzeugen auf. (Es mag gleich erwähnt werden, daß Versuche mit bestimmten Nahrungsmengen in der vorliegenden Versuchsreihe noch nicht vorgenommen worden sind.)

4) Entwicklungsverhältnisse. Die aus der ersten Haut geschlüpften Larven erleiden keine wesentliche Veränderung ihrer äußeren Gestalt bei den weiteren Häutungen, bis in der Imaginalhäutung die Flügel sich entfalten. Da mit dieser Häutung das Wachstum der Man-

tide ihren Abschluß gefunden hat, so beruht der nach jeder Häutung in Erscheinung tretende Wachstumszuwachs namentlich auf einer Vergrößerung der vor der Häutung vorhanden gewesenen Form. (Dieses Moment ist günstig für eine Untersuchung, die sich nicht mit der Differenzierung, sondern bloß mit dem Wachstum beschäftigen soll.)

Die Anzahl der Häutungen beträgt 9 bis 11, welche durchschnittlich 2 bis 3 Wochen auseinander liegen; die Weibchen haben unter sonst gleichen Bedingungen eine Häutung mehr, aber gleiches durchschnittliches Intervall. Die ganze Entwicklungszeit, vom Ausschlüpfen aus dem Ei bis zum Ausschlüpfen aus der Nymphenhaut, erfordert daher 3 bis 7 Monate. Wir haben es in der Hand, durch höhere Temperaturen (27—37° C.) die Zeit gegenüber der bei verhältnismäßig niedrigeren Temperaturen (24—25° C.) benötigten herabzusetzen. In einem Jahre könnten 2 bis 4 Versuchsreihen nacheinander absolviert werden.

III. Die Methodik: Erste Versuchsreihe.

Die erste Versuchsreihe, welche der vorliegenden Abhandlung allein zugrunde liegt, wurde im Jahre 1909 mit ägyptischen Gottesanbeterinnen (*Sphodromantis bioculata* Burm.) ausgeführt, die alle einem Eipakete mit der Bezeichnung: 4. Kokon des F₃ 3gß Ng ♀ entstammten. Dieses Eipaket war am 27. II. 1909 in der Anstalt abgelegt und am 27. V. desselben Jahres ausgeschlüpft.

Die Temperatur des Raumes, in welchem sich die ganze Entwicklung der Tiere abspielte, war über 24½ und unter 27° C.; doch konnte für eine genaue Einhaltung der Grade noch nicht gesorgt werden, was bei weiteren Versuchsreihen jedoch geschehen wird. Zur Haltung der Tiere dienten die in einem früheren Berichte (PRZIBRAM 1910) beschriebenen und abgebildeten Organtinkäfige.

Zunächst wurde eine größere Anzahl der Larven in einem gemeinsamen Käfige gehalten, und an 10 Exemplaren die Länge des Prothorax bei der 1. (am Ausschlüpftage erfolgenden) Häutung gemessen. Sodann wurde abgewartet, bis die nächste (2.) Häutung eintrat, was bei mehreren (16) Larven auf denselben Tag fiel. Nun wurden die abgeworfenen Häute gemessen und auch 10 der Häute gewogen. Ebenso wurde mit den gehäuteten Tieren verfahren. In derselben Weise wurde die 3., 4. und 5. Häutung behandelt; von da ab wurde aber jede Larve in einem eignen Käfig isoliert und mit einer individuellen Nummer (und zwar 1—38) versehen. Die kumulative Behandlung der ersten Stadien geschah unter der Annahme,

daß kaum ein Abwiegen der einzelnen Tiere, und noch weniger der einzelnen Häute, wegen der geringen Masse zu genauen Resultaten führen würde, während anderseits die Isolation auf frühen Stadien eine sehr große Anzahl von Käfigen und teilweise recht unnötige Mühewaltung bei der Pflege von Larven erfordert hätte, die doch infolge ihrer Schwächlichkeit bereits früh eingegangen wären. Nach der befolgten Methode stellte sich von selbst eine Art Auslese her, die auch noch dadurch für unser Problem günstig war, daß Exemplare mit annähernd gleichen Häutungszeiten, wenigstens der Häutungen II bis V, ausgesucht wurden. Trotzdem mußten wiederholt Exemplare im Verlaufe der weiteren Häutungen ausgeschieden werden, weil sie solche in verkrüppeltem Zustande verließen, öfters eine Folge der bei den Wägungen an den Tarsen erlittenen Verletzungen, welche bei dem unmittelbar nach der Häutung sehr weichen Zustande des Tieres leicht eintreten können.

Über die Meßmethoden müssen einige Worte gesagt werden. Die Längenmessung erfolgte unter Zuhilfenahme einer feinen Schubleere (Fabrikat von C. N. RICHTER, Wien), an welcher Zehntel-Millimeter direkt dem Nonius entnommen, halbe Zehntel (Zwanzigstel) abgeschätzt werden konnten. Zur Messung gelangte der größte Längendurchmesser des Prothorax (s. Fig. J). Die beiden Endpunkte wurden mit den Spitzen eines Greifzirkels berührt und an diesen dann die Greifenden der Schubleere angepaßt. Durch wiederholte Abnahme ein und derselben Strecke wurde die Richtigkeit der Ablesung kontrolliert. Die abgeschätzte zweite Dezimalstelle verdient, wie zu erwarten war, keine Zuverlässigkeit. Da alle Manipulationen mit den lebenden Tieren ohne Narkose ausgeführt wurden, so hätte sich die obenerwähnte Messung kaum mit genügender Genauigkeit ausführen lassen; wir haben uns hier mit Zirkel und Millimetermaßstab begnügt. Eine erste Dezimalstelle ergab sich durch Schätzung, die zweite erst aus der Division bei Berechnung der Durchschnittswerte.

Die Wägung erfolgte auf einer analytischen Wage (NEMETZ, Wien), welche Milligramme direkt abzulesen, zwei weitere Dezimalstellen nach der Schwingungsmethode zu berechnen erlaubte. Zum Zwecke der Wägung wurden die Häute oder die lebenden Tiere in Gläschen von entsprechender Größe getan und von dem ermittelten Bruttogewicht das Gewicht des jeweils verwendeten Gläschens wieder in Abrechnung gebracht.

Die Wägung der Tiere erfolgte stets gleich nach der in der Nacht vor sich gegangenen Häutung, ehe den Tieren wieder Nahrung

oder Wasser durch Bespritzung zugeführt worden war. Auch das Abwiegen der Häute wurde mit tunlichster Beschleunigung unter möglichster Vermeidung großer Feuchtigkeits- und Temperaturschwankungen vorgenommen, was sich später als sehr wichtig erwies, da wir getrocknete und längere Zeit aufbewahrte Häute zur Bestätigung der an den frisch gewogenen aufgefundenen Gesetzmäßigkeiten erfolglos zu verwenden versuchten.

Die Wägungen beziehen sich stets auf das Gesamtgewicht der Tiere oder ihrer Häute. Die letzteren sind deshalb von ganz besonderem Interesse, weil es sich dabei um ein einheitliches Körpersystem handelt, daher die von W. E. KELLICOTT wegen des möglicherweise ungleichförmigen Wachstums der einzelnen Organe vorgebrachten Bedenken gegen die Verwendung von Gesamtgewichten zu zerstreuen imstande ist. Die Wahl des Prothorax an Stelle der von sehr verschiedenartigen Organen beeinflussten Gesamtlänge trägt dem Einwande KELLICOTTs auch in bezug auf Längenmessung Rechnung.

Durch Bestimmung der Hautdicke könnten ferner aus der Masse der Häute absolute Zahlen für das Oberflächenwachstum der Gottesanbeterinnen, durch Bestimmung des spezifischen Gewichtes aus den Massen der Tiere vergleichbare Zahlen für den Rauminhalt abgeleitet werden. Diese Berechnungen sind einer weiteren Mitteilung vorbehalten.

IV. Die Ergebnisse der Versuche.

Von den kumulativ behandelten Häutungen I—V können einzelne Messungen nur für die Längen des Prothorax gegeben werden. Auf der Tabelle A sind diese einzelnen Messungen zusammengestellt, und zwar nach aufsteigender Größe geordnet; es mag nochmals daran erinnert werden, daß während dieser Häutungszeiten die Tiere nicht isoliert waren, also weder eine Beziehung der untereinanderstehenden, noch der nebeneinanderstehenden Zahlen auf ein und dasselbe Exemplar statthaft ist.

Bloß um der wiederholt mit Recht aufgestellten Forderung zu genügen, daß die wirklich erhaltenen Maßzahlen vorzulegen sind, wird diese erste Tabelle publiziert. Bemerkenswert ist die sehr geringe Abweichung der einzelnen Messungen an den lebenden Tieren eines Häutungsintervalles untereinander. Die geringere Übereinstimmung in den Messungen der Häute, die doch genauer gemessen werden konnten, sind möglicherweise auf den mehr oder weniger gelungenen Streckungsgrad bei Absolvierung der Häutung zurückzuführen.

Für uns sind wichtiger als die nicht auf isolierte Individuen zurückführbare Einzelresultate die Durchschnitte aus den Längen für alle Tiere während derselben Häutung. Diese Zahlen sind in Tabelle B für die einzelnen Häutungen samt den Datumszahlen für die Häutung I—V linkerseits gegeben, während sich rechts die durchschnittlichen Gewichte anschließen. Für jeden Durchschnitt ist auch die Anzahl der in Betracht gezogenen Exemplare angegeben, so daß bei den Gewichten das Produkt aus der Durchschnittszahl mit der Anzahl der Exemplare das auf der Wage wirklich ermittelte Nettogewicht ergibt. Es wäre daher überflüssig, diesem Nettogesamtgewichte eine eigne Kolonne zuzuweisen.

Unmittelbar an die für die Häutungen I—V kumulativ ermittelten Durchschnitte schließen sich sowohl die Prothoraxlängen als auch die Gewichte, und in beiden Fällen a) an den Häuten, b) an den lebenden Tieren gemessen, die ganz analogen Durchschnitte für die Häutungen VI—X an. Hier aber sind diese Durchschnitte nicht aus kumulativ behandelten Tiergruppen, sondern aus der Messung und Wägung isolierter Exemplare gewonnen.

Die Lebensgeschichten dieser Exemplare, welche ursprünglich 38 Köpfe zählten, sind in der Tabelle C im einzelnen behandelt, so daß sich die Originalmessungen in dieser Tabelle auffinden lassen. Zur leichteren Orientierung sind ihre Kolonnen, soweit es tunlich war, ganz in Fortsetzung jener der Tabelle B weitergeführt worden, so entsprechen auch die Kolonnen γ und δ den gleich bezeichneten in beiden Tabellen, wie wir später sehen werden. Als neue Kolonnen sind das Geschlecht der bis zur Reife gelangten Gottesanbeterinnen, die Farbe der Tiere und eventuell der frühzeitige Tod aufgenommen. Die Bezeichnung »Krüppel« weist auf die gewöhnlich während eines Häutungsversuches eintretende Verkrüppelung hin, welche dann zur Ausscheidung dieses Krüppels aus dem Experimente Veranlassung gab. Diese Ausscheidungen und Todesfälle sind für die sinkende Zahl der während der Häutungen VII—X zur Messung gelangenden Tiere (vgl. Tabelle B) verantwortlich; bei der Anzahl der gemessenen Häute ist das Schwanken der Zahl großenteils auf das Zerreißen oder den Zerfall von Häuten zurückzuführen, die namentlich keine Längenmessung mehr erlaubt hatten.

Lassen wir zunächst die einzelnen Tiere außer Betracht und fassen wir auf der Tabelle B zunächst die durchschnittlichen Gewichte der Häute ins Auge (Spalte B α a). Es fällt sofort auf, daß mit

jeder folgenden Häutung die Haut das doppelte Gewicht der vorhergehenden Haut aufweist.

Auf Tabelle D (Spalte B α a) sind die Quotienten aus dem durchschnittlichen Gewichte aller Häute eines Häutungsstadiums, dividiert durch das durchschnittliche Gewicht der jeweils vorher abgeworfenen Häute, angegeben. Sie entfernen sich von dem aus allen diesen Quotienten genommenen Mittel (2,02) höchstens um $\pm 0,56$, d. h. 27,8% in der einen wie in der andern Richtung; diese Abweichungen sind in Figur D b graphisch dargestellt. Ähnliche Verhältnisse treffen wir auch beim Durchgehen der einzelnen Exemplare an, deren Quotienten in Tabelle E (Spalte B a) zusammengestellt sind. Entwerfen wir ein Variationspolygon nach den von der VII. Häutung ab einzeln gewogenen Exemplaren, indem wir alle Quotienten um den Mittelwert $2 \pm 0,25$ in gleichgroße Klassen von 0,50 gruppieren, so erhalten wir einen stark ausgeprägten Gipfel, der gegen die Minusseite steil, gegen die Plusseite weniger steil abfällt und hier in der Nähe von 4 eine horizontale Strecke bildet (Figur E a). In der Figur ist jeder Quotient durch 1 mm auf den Ordinaten dargestellt. Die Verteilung auf die Klassen ist folgende:

Klasse:	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
Anzahl:	0	0	6	36	31	7	2	2	1	1	0

Gehen wir von der Betrachtung der Häute zu den Gewichtsmessungen an den eben gehäuteten Tieren über, so finden wir in Spalte B α b der Tabelle D die durchschnittlichen Quotienten für alle Gewichte einer Häutungsperiode, dividiert durch die Gewichte der eben vorhergegangenen, wieder in der Nähe von 2; diese Quotienten sind gewonnen aus den Zahlen der Tabelle B (Spalte B α b). Auch die Gewichte der eben gehäuteten Gottesanbeterinnen weisen also von Häutung zu Häutung eine Verdoppelung auf.

Jedoch finden wir die Abweichungen von dem aus allen Quotienten genommenen Mittel (2,09) bedeutender als bei den Häuten. Namentlich weicht der Durchschnittsquotient für die Absolventen der VII. Häutung mit 3,36 um $+ 1,27$ oder 60,6%, der Durchschnitt für die Absolventen der X. Häutung mit 1,40 um $- 0,69$ oder 49,3% von dem Mittelwerte ab.

Wenden wir uns behufs Gewinnung von Anhaltspunkten für die Bedeutung dieser Unregelmäßigkeiten von den Durchschnittswerten zu jenen der einzelnen Exemplare auf Tabelle C (Spalte B b) und ihren Quotienten (Tabelle E, Spalte B b).

Manche Exemplare weisen nur geringe Abweichungen in ihren Häutungsquotienten auf, so gleich Nr. 1, dessen Gewicht von der VI. zur VII. Häutung das 1,99fache geworden war, von der X. zur XI. das 1,65fache.

Dafür zeigen andre Exemplare noch weit größere Abweichungen, so z. B. Nr. 2, dessen Gewicht von der VI. zur VII. Häutung gerade das 4fache geworden war, während wieder umgekehrt von der vorletzten (hier VIII.) zur letzten (hier IX.) Häutung der sehr niedrige Quotient 1,20 auftritt.

Öfters zeigt es sich, daß auf einen sehr hohen Quotienten ein sehr niedriger folgt; so steigt das Gewicht bei Nr. 4 von der VI. zur VII. Häutung 3,78 mal, von der VII. zur VIII. bloß 1,29 mal, oder bei Nr. 6 in den entsprechenden Häutungsperioden um 4,06 bzw. 1,10. Gruppieren wir alle Quotienten der von uns einzeln gewogenen Tiere in analoger Weise, wie wir es für die Gewichte der Häute getan haben, zu einem Variationspolygon, so erhalten wir die Figur *Eb*. Die zu den Klassen gehörigen Werte sind:

Klasse:	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
Anzahl:	0	15	8	25	15	1	7	8	6	1	0

Dieses Polygon besitzt drei Maxima: der höchsten Erhebung bei 2 gliedern sich auf der Minusseite eine niedrigere bei 1 und auf der Plusseite eine noch geringere bei 4 an; namentlich die letztere ist durch ein tiefes Tal vom Hauptgipfel getrennt.

In manchen Fällen tritt an Stelle einer Verdoppelung des Gewichtes von einer Häutung zur andern eine Vervielfachung (Quotient 4), welche dann von einem Stillstand (Quotient 1) während einer nächsten Häutungsperiode gefolgt sein kann.

Namentlich die VII. Häutung ist es, welche öfters eine solche Verdoppelung der normalen Gewichtszunahme aufweist und daraus erklärt sich nun der viel von 2 abweichende Durchschnittswert in Tabelle D (Spalte B α b, Horizontalreihe VII/VI).

Wir müssen nun zunächst die unregelmäßigen Intervalle ausscheiden, wenn wir die bei den Häuten gefundene Verdoppelung des Gewichtes auch bei den gehäuteten Tieren genauer erhalten wollen. Die korrigierten Durchschnittswerte sind auf den Tabellen B und D unter der Rubrik β eingetragen; die Quotienten entfernen sich vom neuen Mittelwerte (2,07), in den die unverändert gelassenen Durchschnittswerte der nicht im einzelnen gewogenen Häutungsperioden I

bis VI mit eingerechnet sind, noch weniger als die Gewichte der Häute.

Die im Gewicht verdoppelten Intervalle sind auf den genannten Tabellen unter Kolonne γ als Durchschnittswerte gegeben. Auf Tabelle B sieht man durch Vergleich der Spalte γ mit der Spalte β wie die Verdoppelung eines Intervalles die Gewichte einer Häutungsperiode jenen der folgenden Häutungsperiode der regelmäßigen Gruppe ähnlich macht.

Die Stillstände während einer Häutungsperiode (Tabelle A δ) zeigen wieder, wie umgekehrt der Gewichtschnitt der stillstehenden Intervalle dem Gewichtschnitt der vorangegangenen Häutungsperiode der regelmäßigen Gruppe ähnelt.

Vergleicht man das Durchschnittsgewicht jeder Häutungsperiode mit dem einer folgenden Häutungsperiode innerhalb derselben Gruppe, so erhält man wieder von 2 wenig abweichende Quotienten (Tabelle D, Spalte γ und δ).

Unter den Gewichten der aus der VII. Häutung geschlüpften Tiere bleibt eine kleine Anzahl (5) von Fällen übrig, die weder gut in die Gruppe mit Vervierfachung, noch auch in die regelmäßige Verdoppelung des Gewichtes passen. Der Durchschnitt aus diesen ist in der Kolonne δ unter eckiger Klammer behandelt; der Quotient ist fast genau 3. Nach der Verteilungskurve *Eb* zu urteilen, ist dies aber schwerlich von Bedeutung, sondern bloß ein Produkt der Abtrennung der regelmäßig verdoppelten und der vervierfachen Fälle aus der ganzen Menge der Intervalle. Dennoch werden wir später auf eine mögliche Erklärung dieser Erscheinung zurückkommen.

Tragen wir uns die Quotienten der Durchschnittsgewichte der aufeinander folgenden Häutungen in analoger Weise, wie wir es für die Häute getan haben, auch für die eben daraus geschlüpften Tiere auf, so erhalten wir die durch liegende Kreuze gegebenen Punkte, wenn wir die regelmäßige Gruppe (Kolonne β) berücksichtigen; durch ein Sternchen ist der stark herausfallende Punkt markiert, welches bei wahlloser Einbeziehung aller Exemplare im Intervalle VI/VII zustande kommt, während ein stehendes Kreuz die nach Entfernung der regelmäßigen Gruppe übrigbleibende Vervierfachung anzeigt.

Vergleichen wir den Verlauf der mittleren Abweichungen der Durchschnitte in der Aufeinanderfolge der Häutungsintervalle bei den Häuten (Fig. *Da*) und den Tieren (Fig. *Db*), so sehen wir im allgemeinen die Abweichungen der Häute den Abweichungen der Tiere folgen, insbesondere die größte Abweichung der Häute (Intervall

VII/VIII) der größten Abweichung der Tiere (Intervall VI/VII) unmitttelbar folgen.

In manchen Fällen läßt die abgeworfene Haut auch deutlich eine Vervierfachung des Gewichtes erkennen, so bei Nr. 3, VIII. Häutung (vgl. Tabelle C, Kolonne B a); doch ist dies nicht bei allen Vervierfachungen des Tiergewichtes analog, so folgt bei Nr. 4 auf ein vervierfachtes Gewicht des Tieres, VII. Häutung, eine Verdoppelung der Haut in der VIII. Häutung, und bei Nr. 3 erfolgt die Vervierfachung, sowohl bei Tier als auch bei Haut, in der gleichen Häutungsperiode (VI/VII). Diese teilweise Unabhängigkeit zwischen den Unregelmäßigkeiten der Häutegewichte von jenen der ganzen Tiere muß schon an und für sich zu gewissen Fehlern in der Berechnung der Quotienten führen, weil ja die neue Haut in dem Gesamtgewichte des Tieres mit inbegriffen ist.

Die Vervierfachung des Gewichtes kommt bei der Haut viel seltener vor, als beim ganzen Tiere, weshalb die Werte für die Häute regelmäßiger sind als jene für die Tiere, und aus diesem Grunde habe ich auch von einer Ausscheidung der Unregelmäßigkeiten bei der Zusammenstellung der Häute ganz abgesehen.

Erinnern wir uns an den Verlauf der Verteilungskurve von Zunahmsquotienten bei den Häuten (Fig. *Ea*), so erkennen wir nun in dem bei 4 stagnierenden Abfalle der Gipfelkurve den Einfluß der gelegentlich deutlich ausgesprochenen Vervierfachungen.

Stillstände wurden beim Hautgewichte überhaupt nirgends beobachtet, auch nicht wenn sie beim Gesamttiere deutlich vorhanden war oder eine Vervierfachung im Hautgewichte einen folgenden Stillstand hätte erwarten lassen.

Die individuellen Unregelmäßigkeiten im Verlaufe der Gewichtszunahmen, welche die Durchschnittswerte wesentlich zu verschieben imstande sind, machen es dringend notwendig, weitere Stützen für die Richtigkeit der aufgefundenen Regel: Verdoppelung des Gewichtes von einer Häutung zur andern, zu gewinnen.

Glücklicherweise haben wir nicht einer neuen Versuchsreihe bedurft, um solche zu gewinnen. Die gleichzeitig ausgeführten Längenmessungen lieferten einschlägige Ergebnisse, deren Verwertung nun erfolgen soll.

Die Thoracallängen sind auf den Tabellen B bis E in analoger Weise wie die Gewichte (B) behandelt, und zwar im Gegensatze zu diesen mit A) bezeichnet, während wieder Kolonne a) die Häute, b) die lebenden Tiere berücksichtigt.

Das Mittel aus allen Durchschnitten für die einzelnen Häutungsgruppen beträgt nach Tabelle D für die Tiere (b) 1,29, für die Häute (a) 1,28.

Die Abweichungen der Häutungsdurchschnitte von diesem Mittel übersteigen nicht $\pm 0,16$ oder 12,4% bei den Tieren (Fig. *Cb*) und $\pm 0,10$ oder 7,7% bei den Häuten (Fig. *Ca*), sind aber bei den meisten viel geringer. Die einzeln bestimmten Exemplare liefern laut Tabelle E ganz ähnliche Werte, und der gesamte Durchschnitt aus allen Durchschnitten für die einzeln gemessenen Exemplare beträgt 1,24 für die Tiere und 1,31 für die Häute, wenn zuerst der mittlere Durchschnitt der Quotienten aller Häutungen je eines Exemplares bestimmt und dann aus der Addition dieser Werte dividiert durch die Anzahl der einbezogenen Exemplare das Mittel gewonnen wird, oder 1,27 für die Tiere und 1,29 für die Häute, wenn zunächst die Summen aus den Quotienten aller Exemplare für je eine Häutungsperiode gezogen und dann aus der Addition aller so gewonnenen Durchschnitte der aufeinander folgenden Häutungsperioden dividiert durch die Anzahl dieser Perioden das Mittel bestimmt worden ist.

Vergleichen wir auf Tabelle D die Mittel aus den Quotienten der Prothoraxlängen mit den zugehörigen Gewichtswerten, so finden wir einen Zunahmskoeffizienten der Tierlängen von 1,29 mit einem Zunahmskoeffizienten der Tiergewichte von 2,09 (oder bei Berücksichtigung unsrer korrigierten Gewichtswerte von 2,07 bzw. 2,16 und 2,13) in Parallele, ferner einen solchen der Hautlängen von 1,28 mit einem Gewichtswerte von 2,02.

Da bei der räumlichen Zunahme eines Körpers unter sonst gleichbleibenden Bedingungen die Masse mit dem Volum in der dritten Potenz sich vergrößern müßte, während die einzelnen Längen sich bloß in der ersten vergrößern, so lag es nahe, bei den auf den ersten Blick proportional vergrößert aussehenden Häutungsstadien der Gottesanbeterinnen nachzusehen, ob eine intime Beziehung zwischen der Wurzel aus den Gewichtszunahmen und den einfachen Längenzunahmen besteht.

In der Tabelle D sind deshalb unter den Durchschnitten für die Gewichtszunahmen die Kubikwurzeln ihrer Zahlen, unter die Durchschnitte für die Längenzunahmen deren Kubuszahlen gesetzt. Wir finden die Kubikwurzel für die Gewichtszunahmen der Tiere $\sqrt[3]{2,09} = 1,284$, während die Längenzunahme 1,29 (deren Kubuszahl $1,29^3 = 2,147$) beträgt.

In analoger Weise ist die Kubikwurzel für die Gewichtszunahmen der Häute $\sqrt[3]{2,02} = 1,264$, während die Längenzunahme 1,28 (die Kubuszahl $1,28^3 = 2,097$) ausmacht.

Die Längenzunahme des Halsschildes der *Sphodromantis* erfolgt in der Kubikwurzel der Gewichtszunahme des ganzen Tieres oder der Haut.

Die Genauigkeit des Endresultates ist überraschend groß: der Fehler beträgt höchstens 0,016 oder 1,3%.

Da die Zunahmskoeffizienten beim Gewichte sich als 2 (oder dessen nächstliegenden Potenzen $2^2 = 4$ und $2^0 = 1$) herausgestellt haben, so ist es interessant, den Fehler zu berechnen, welchen wir machen, wenn wir für die Längenzunahme an Stelle der erhaltenen Mittelwerte 1,29 (bzw. Häute 1,28) die Kubikwurzel von 2 setzen. Da $\sqrt[3]{2} = 1,26$ ist, so begehen wir höchstens einen Fehler von 0,03 oder 2,3% (im Falle der Häute bloß 0,02 oder 1,5%).

Demnach können wir sagen, daß die Längenzunahme des Halsschildes von einer Häutung zur andern durchschnittlich in der Kubikwurzel von 2 erfolgt.

Ohne das spezifische Gewicht bestimmt zu haben, können wir zwar — wie oben bemerkt — aus den Massen nicht die absoluten Volumina ableiten, jedoch dürfen wir bei der gefundenen Regelmäßigkeit des Wachstums wohl ohne weiteres die Volumina den Massen proportional setzen, also auch annehmen, daß die Länge in der Kubikwurzel des Volumens zunimmt.

Da wir nun auch die Masse der Häute sich von einer Häutung zur andern verdoppeln sehen, somit annehmen können, daß die Volumina der Häute in ihren Massen proportional zunehmen, so muß auch der Quotient aus dem Volumen der Häute, dividiert durch die Länge, ebenfalls einander proportionale Werte ergeben, nämlich im Verhältnis $2 : \sqrt[3]{2} = \sqrt[3]{2}$.

Nun repräsentiert uns die Masse der Häute einen Abguß der Oberfläche des Tieres, so daß eine proportionale Vergrößerung ihres Volumens und der charakteristischen Länge zugleich nur dann möglich erscheint, wenn auch die Dicke der Abgußschicht proportional zugenommen hat. Wir können daher mit großer Wahrscheinlichkeit den Schluß ziehen, daß der genannte Quotient aus dem relativen Volumen der Häute dividiert durch eine relative Länge uns die richtigen relativen Oberflächenzunahmen der *Sphodromantis* ergibt, d. h.:

die Oberflächenzunahme erfolgt von einer Häutung zur andern in der Quadratwurzel von 2.

Wir haben bisher die Resultate der Versuchsreihe ohne Rücksicht auf die Zeit behandelt, welche zwischen den einzelnen Häutungsperioden verläuft. Um den Zusammenhang unsrer Ergebnisse mit den »zeitlichen Eigenschaften der Entwicklungsvorgänge« (Wo. OSTWALD) zu gewinnen, wenden wir uns der Tabelle F zu.

Dasselbst sind die zeitlichen Zwischenräume zwischen je zwei aufeinander folgenden Häutungen für alle einzelnen Tiere und deren sämtliche Häutungsperioden, sowie die sich ergebenden Mittelwerte angegeben.

Danach haben die Gottesanbeterinnen im Durchschnitt von der I. bis zur II. Häutung 14, von der II. zur III. 15, von der III. zur IV. 13, von der IV. zur V. 16, von der V. zur VI. und VI. zur VII. je 14, man kann also sagen für jede der ersten sechs Häutungsperioden je 2 Wochen gebraucht.

Von der VII. zur VIII. Häutung finden wir im Generaldurchschnitt 21 Tage, von der VIII. zur IX. 42, von der IX. bis X. 39 Tage.

Wir sehen also, daß die letzten Häutungen wesentlich längere Zwischenräume aufgewiesen haben als die früheren¹⁾. Es lag nahe, diese Verschiedenheit mit der Metamorphose zur Imago in Zusammenhang zu bringen.

Um den Einfluß der Imaginalhäutung deutlicher zu bekommen, ist es notwendig, die Exemplare nach ihrer Häutungsanzahl zu trennen, um Rubriken ohne und solche mit nur Imaginalhäutungen zu erlangen.

In den früheren Untersuchungen über »Aufzucht, Farbwechsel und Regeneration der Gottesanbeterinnen III. Temperatur- und Vererbungsversuche (1909)« waren wir bereits zu dem Schlusse gekommen:

»daß die Anzahl der Häutungen abhängig ist

A. vom Geschlecht: das ♀ hat unter sonst gleichen Bedingungen eine Häutung mehr als das ♂;

B. von der Temperatur: bei höherer Temperatur (a) werden unter sonst gleichen Bedingungen mehr Häutungen durchgemacht als bei niederer (b);

¹⁾ Ähnliche Daten ließen sich auch aus den Versuchsprotokollen in der früheren Arbeit (PRZIBRAM 1906, 1909) zusammenstellen. Für die Hydrophiliden wurde ähnliches ermittelt (MEGUŠAR 1909).

C. von Regenerationsprozessen: regenerierende Gottesanbeterinnen (α) machen unter sonst gleichen Bedingungen mehr Häutungen durch als verlustlose (β).

Demnach ergeben sich folgende Kombinationen:

♀ $a \alpha$	= Weibchen bei hoher Temp., regener., hatten 11 Häutungen
♀ $a \beta$	- - - - unverletzt, - 10—11 -
♀ $b \alpha$	- - - - niedrig. - regener., meist 10 ¹⁾ -
♀ $b \beta$	- - - - unverletzt, - 9—10 -
♂ $a \alpha$	= Männchen bei hoher Temp. regener. (kamen nicht zur Beob.)
♂ $a \beta$	- - - - unverletzt, meist 10 ¹⁾ Häutung.
♂ $b \alpha$	- - - - niedrig. - regener., 9—10 -
♂ $b \beta$	- - - - unverletzt, 9 ¹⁾ -

Sehr gut stimmen damit auch die 1906 beschriebenen Häutungsvermehrungen überein¹⁾ usw.

Bei den vorliegenden Versuchen sind, da es sich um 25 bis 27°, also nicht um hohe Temperaturen handelt, wieder 9 bis 10 Häutungen gefunden worden¹⁾.

Von den 9 Männchen, die es bis zur Imaginalhäutung gebracht haben, weisen 7 unverletzte Tiere, nämlich Nr. 2, 4, 15, 17, 18, 19 und 31, bloß IX Häutungen, ein Männchen, das zufällig eine Regeneration durchgemacht hatte, Nr. 34, weist X Häutungen, ebenso das neunte Männchen, Nr. 38, welches aber überhaupt ein ganz abnormes Verhalten an den Tag legt. Obzwar es eine äußerliche Verletzung nie aufwies, finden wir in Tabelle C, daß es von der VII. zur XIII. Häutung an Gewicht absolut abgenommen hatte, also ähnlich wie das Tier Nr. 34, bei dem dieses Verhalten aber durch die Regeneration des in der VI. Häutung verloren gegangenen rechten Mittelbeines erklärt ist. Es dürfte auch kein Zufall sein, daß diese Abnormität gerade das zuletzt sich verwandelnde Männchen betrifft; als

¹⁾ Bedauerlicherweise hat sich bei nochmaliger Durchsicht der zur Abhandlung 1909 verwendeten Häutungsfolgen herausgestellt, daß bei der Aufstellung der Tabellen in einigen Fällen Auslassungen von Häutungen stattgefunden hatten, welche eine Verschiebung der Häutungen und eine Veränderung der Häutungsanzahl vorgetäuscht hatten, wie sie in Wirklichkeit nicht vorhanden war. In der obenstehenden Tabelle sind die erforderlich gewordenen Korrekturen, nämlich unter ♀ $b \alpha$ an Stelle von 10—11 »meist 10«, unter ♂ $a \beta$ an Stelle von 9—10 »meist 10« und unter ♂ $b \beta$ an Stelle von 8 »9«, bereits durchgeführt. 8 Häutungen kamen nie zur Beobachtung. An den Schlußfolgerungen ändert sich hierdurch nichts, die Zusammenstellung für ♂ und ♀ gewinnt sogar an Regelmäßigkeit.

Ursache möchten wir daher eine nicht äußerlich sichtbare Schädigung verantwortlich machen.

Von den 12 zur Imago entwickelten Weibchen haben 5 unverletzte Tiere, Nr. 3, 8, 13, 22 und 28, bloß IX Häutungen, während 6 unverletzte, Nr. 1, 11, 24, 27, 32 und 33, endlich ein zufällig regenerierendes, Nr. 6, die größere Anzahl von X Häutungen aufweisen. Die Weibchen mit X Häutungen sind in ihren Verdoppelungszahlen regelmäßig, indem sie entweder bloß Verdoppelungen oder höchstens in einer Häutungsperiode eine Vervierfachung aufweisen; die Weibchen mit bloß IX Häutungen gehören hingegen jener selben abnormen Gruppe an, die in einem Häutungsintervall eine Verdreifachung aufweisen.

Wir finden also wieder die Anzahl von IX Häutungen für die Männchen, und von X Häutungen für die Weibchen in allen normalen Fällen bestätigt.

In der Tabelle H sind die Gewichte aller gewogenen Imagos nach Geschlechtern und Häutungsanzahl gesondert registriert und die Durchschnitte der Gewichte für jede der vier Kategorien gezogen. Dividieren wir das Durchschnittsgewicht aller Weibchen durch das Durchschnittsgewicht aller Männchen, so erhalten wir $2,34 : 1,40 = 1,67$, welche in naher Übereinstimmung mit dem Zunahmskoeffizienten von der IX. zur X. Häutung ohne Rücksicht auf das Geschlecht steht, den wir der Tabelle D (Kolonne B b β — X/IX) mit 1,63 angegeben finden.

Die bedeutendere Größe der weiblichen Gottesanbeterin gegenüber der männlichen steht also in einer gewissen Correlation zur größeren Häutungsanzahl des weiblichen Geschlechts. Jedoch zeigt sich in Tabelle H unter den Weibchen mit IX Häutungen, daß diese, obzwar durchschnittlich kleiner als ihre Geschlechtsgenossen mit X Häutungen, doch keineswegs auf der Größe des Männchens mit IX Häutungen stehen geblieben sind. Umgekehrt sind die Männchen mit X Häutungen die kleinsten ihres Geschlechts, was sich aus ihrem Charakter als geschädigte Exemplare erklärt.

Kehren wir nach diesem Exkurse über die Anzahl der Häutungen zur Zeit, welche die letzten Häutungen gebrauchen, zurück, so werden wir nun auch hier eine Trennung in Exemplare mit IX von solchen mit X Häutungen vornehmen.

Hierfür sind auf Tabelle F eigne Rubriken angelegt. Es zeigt sich, daß die Imagines mit IX Häutungen zwischen VII. und VIII. Häutung ein durchschnittliches Intervall von 23, zwischen VIII. und

IX. Häutung ein solches von 53 Tagen haben, während die Imagines mit X Häutungen zwischen VII. und VIII. Häutung ein Intervall von nur 17, zwischen VIII. und IX. ein solches von 26, zwischen IX. und X. eines von 39 haben.

Bei beiden Häutungsanzahlen ist also das letzte zur Imago führende Häutungsintervall wesentlich größer als die ersten Häutungsintervalle, das vorletzte um etwas über die Hälfte größer als die ersten vierzehntägigen Häutungsintervalle. Das dazwischenliegende vorvorletzte Intervall bei den Xmal häutenden Exemplaren ist kaum als wesentlich von 14 Tagen verschieden anzusehen (14 Tage selbst sind 3 mal unter den 9 hierher gehörigen Zahlen vertreten).

»Die durchschnittliche Dauer eines Häutungsintervalles ... wächst mit sinkender Temperatur« (PRZIBRAM 1909, S. 611); daher kann der Verdacht aufsteigen, daß die in unsrer Versuchsreihe zur Herbstzeit auftretenden letzten Häutungsintervalle vielleicht bloß auf die nicht ganz genau konstant eingehaltene Temperatur zurückzuführen seien. Daß dem nicht so ist, geht aber aus dem Vergleiche der Tiere mit X und jenen mit IX Häutungen, die sich ziemlich gleichzeitig zu Imagines entwickelt haben, hervor. So braucht das Tier Nr. 1 zur vorvorletzten VIII. Häutung vom 17. bis 31. August, also 14 Tage, während Nr. 2 zu der in die gleiche Jahreszeit fallende vorletzte VIII. Häutung vom 19. August bis 10. September, also 22 Tage braucht; das Tier Nr. 31 braucht zur letzten IX. Häutung vom 15. Sept. bis 4. Nov. = 59 Tage, während Nr. 32 zur letzten IX. Häutung bloß vom 11. Sept. bis 6. Oktober = 25 Tage benötigt usw.

Um uns einen Begriff von der Geschwindigkeit des Wachstums in den verschiedenen Häutungsperioden zu machen, können wir mehrere Wege einschlagen. Bilden wir die Differenzen aus den durchschnittlichen Längen (oder Massen), die bei je zwei aufeinander folgenden Häutungen erreicht wurden, so erhalten wir die absolute Zunahme der betreffenden Länge (oder Masse) während des zwischen den beiden Häutungen liegenden Zeitintervalles (vgl. Tabelle J, Kolonne s). Diese Zuwachse steigen bei den Längen der Tiere (Kolonne A b s) oder Häute (Kolonne A a s) von der Häutungsperiode bis zur VI. Häutung allmählich an, bleiben aber dann mit geringen Schwankungen auf gleicher Höhe, um schließlich wieder etwas abzunehmen.

Die Zuwachse bei den Gewichten der Häute (Kolonne B a s) steigen stetig an, und ebenso jener der Tiere (Kolonne B b β s), wenn wir unsre korrigierten Werte einsetzen, sonst verlaufen die vier letzten Häutungszuwachse ganz unregelmäßig (Kolonne B b s). Gänzlich ver-

ändert sich das Bild, wenn wir nun die absoluten Zuwachse durch die zugehörigen Zuwachszeiten — Anzahl der zwischen zwei Häutungen liegenden — Tage dividieren und auf diese Art die absoluten Wachstumsgeschwindigkeiten, nämlich den in der Zeiteinheit zurückgelegten Weg, an Länge oder Masse erhalten.

Diese absolute Wachstumsgeschwindigkeit steigt bei den Längen der Häute (Kolonne A a, $s:t$) bis zur VI. Häutung, bei den Längen der Tiere (Kolonne A b, $s:t$) bis zur VII. Häutung an, um dann wieder allmählich bis nahe zum frühesten Werte herabzusinken.

Bei den Massen der Häute (Kolonne B a, $s:t$) finden wir einen Anstieg bis zur VIII. Häutung, einen Abfall zur IX. und dann wieder einen Anstieg zur X. Häutung; bei den Massen der Tiere (Kolonne B b, $s:t$) finden wir einen Anstieg bis zur VII. Häutung, einen Abfall zur VIII. und dann wieder einen Anstieg, der bei Berücksichtigung aller Gewichte (Kolonne b α , $s:t$) bis zur X. Häutung anhält, bei den korrigierten Werten (Kolonne B b β , $s:t$) aber wieder einem Anstiege von der IX. Häutung an Platz macht.

Bedenken wir, daß manche Exemplare X, manche aber nur IX Häutungen haben, so dürfen wir dem Verhalten der letzten durchschnittlichen Zuwachsgeschwindigkeiten keinen großen Wert beilegen.

Gehen wir nun nicht vom absoluten Zuwachs, sondern von der relativen Vergrößerung jeder Länge (oder Masse) während der einzelnen Häutungsperioden aus, welche relativen Werte wir bereits als Quotienten aus den Durchschnittswerten für die Messungen einer Häutungsperiode, dividiert durch die Durchschnittswerte der unmittelbar vorhergehenden, in Tabelle D kennen gelernt haben.

Wir können aus diesen Quotienten relative Vergrößerungsgeschwindigkeiten¹⁾ ableiten, wenn wir sie wieder durch die zugehörigen Häutungsintervalle in Tagen dividieren. In den kursiv gedruckten (und mit * bezeichneten) Kolonnen der Tabelle D sind diese relativen Vergrößerungsgeschwindigkeiten den zugehörigen Häutungsperioden beigelegt.

¹⁾ Ich ziehe es vor, den Ausdruck relative Vergrößerungsgeschwindigkeit zu gebrauchen, weil relative Wachstumsgeschwindigkeit in den früheren Abhandlungen als der Quotient aus der absoluten Zuwachsgeschwindigkeit, dividiert durch die Anfangsgröße des Tieres, gebraucht worden ist. Besser schien es mir jetzt, für den letzteren Quotienten den von mir gelegentlich bereits vorgeschlagenen Namen: »spezifische Wachstumsgeschwindigkeit« zu gebrauchen.

Alle Kolonnen, sowohl die auf Längen wie auf Gewichte, ebenso die auf Häute wie die auf Gesamttiere bezüglichen, weisen je in der IV. und in der VII. Häutung einen Anstieg der relativen Wachstumsgeschwindigkeit auf, die von diesen Punkten je nach beiden Richtungen abfällt.

Die Heranziehung des zeitlichen Ablaufes der Häutungsperioden, ob wir nun absolute oder relative Wachstumsgeschwindigkeiten berechnen, stört also in auffälliger Weise jene Regelmäßigkeit, die wir in der Verdoppelung des Gewichtes von einer Häutung zur andern, und im ähnlichen Verhalten der Längen, bei denen bloß an Stelle von 2 deren Kubikwurzel trat, aufgefunden hatten.

Um dieses verschiedene Verhalten besser vergleichen zu können, wollen wir uns die gewonnenen Resultate an Kurven veranschaulichen.

Wir wählen die Abszissenachse zur Anordnung der aufeinander folgenden Häutungen, indem wir als Nullpunkt die mit dem Auskriechen aus dem Kokon sogleich erfolgende I. Häutung ansetzen. Wir tragen nun die Zahlen der folgenden Häutungen (II—X) in gleichen Abständen (wofür 1 cm gewählt wurde) auf die Abszissenachse auf.

Bei den Kurven für die Prothoraxlängen (Häute: Fig. *Aa* und Tiere: Fig. *Ab*) sind die durchschnittlichen Längen in 10facher Vergrößerung als Ordinaten über den zugehörigen Häutungsnummern aufgetragen, so daß ein gemessener Millimeter einem Zentimeter im Originale¹⁾ der Zeichnung entspricht.

Die schwach ausgezogenen Linien verbinden die aus den Messungen wirklich erhaltenen Durchschnittszahlen, während die aus fortgesetzter Division²⁾ der letzten Zahl durch 1,26 als der Kubikwurzel von 2 erhaltenen Punkte durch eine gestrichelte Linie verbunden wurden.

In den Figuren *Ba* und *Bb* sind die Gewichte der Häute bzw. der Gesamttiere als Ordinaten aufgetragen, indem wiederum die wirklich durch Messung erhaltenen Durchschnitte schwach ausgezogen, die durch fortgesetzte Halbierung der letzten Ordinatenzahl sich ergebenden Punkte durch eine gestrichelte Linie verbunden wurden.

¹⁾ Da manche Figuren bei der Reproduktion verkleinert werden mußten, so ist der Zentimeter des Originales stets mit cm bezeichnet worden.

²⁾ Die fortgesetzte Division von der letzten Zahl an wurde der fortgesetzten Multiplikation von der ersten an deshalb vorgezogen, weil bei der letzteren Methode ein sehr kleiner Fehler der ersten an und für sich kleinsten Zahl zu großen Irrtümern im Schlußprodukte führen könnte

Bei den Gewichten der ganzen Tiere sind die korrigierten Werte außerdem durch stark ausgezogene Linien verbunden worden, und von ihrem Endpunkte wurde auch bei der Auftragung der Halbierung ausgegangen.

Vergleichen wir die ausgezogenen Linien der vier Figuren mit den gestrichelten, so finden wir, daß die Kurven in ihrem Verlaufe nirgends weit auseinanderweichen, vor allem aber, daß auch der Verlauf der wirklich durch Messung erhaltenen Kurven ein stetiger ist und vom ganzen Typus der andern Kurven, welche eine Exponentialgleichung zum Ausdruck bringen (nämlich $y = k \cdot 1,26^x$ bzw. $y = k \cdot 2^x$ oder allgemein $y = k \cdot n^x$), nicht wesentlich abweicht. Dieser Typus ist dadurch ausgezeichnet, daß die Logarithmen der Ordinaten über den zugehörigen Abszissenabschnitten aufgetragen eine Gerade geben.

Diese Probe ist in allen Figuren als Kurve »log« bezeichnet; in der Tabelle G sind die logarithmischen Punkte Kursiv neben die betr. Nummern gesetzt.

Kurven von ganz andern Typus erhalten wir aber, wenn wir nun die Häutungsintervalle auf der Abszissenachse nicht als gleichwertige Abschnitte, sondern nach ihrer durchschnittlichen Dauer in Tagen auftragen. Um die Kurven besser mit den bereits beschriebenen vergleichbar zu machen, ist als Gesamtdauer des Wachstums die Länge der Abszissenachse vom Nullpunkt (I. Häutung) bis zum Punkte der X. Häutung angenommen. Da nach Tabelle F als durchschnittliches Alter der in der X. Häutung begriffenen Tiere 168 Tage herauskommen, so sind die 90 mm der Abszissenachse zwischen I. und X. Häutungspunkt durch 168 zu teilen, um das für einen Tag aufzutragende Intervall zu erhalten, und dieses ist 0,54 mm.

Tragen wir nun über den mit dem zugehörigen Alter in Tagen (Tabelle F, vorletzte Horizontalreihe) multiplizierten Abszissenabschnitten (Tabelle F, letzte Horizontalreihe) die zu den betreffenden Häutungen gehörigen Werte auf, so entstehen die in unsern Figuren *Aa*, *Ab*, *Ba* und *Bb* punktierten Linien.

Diese zeigen alle im allgemeinen einen S-förmigen Verlauf, indem sie zunächst langsam, dann schneller, endlich wieder langsam ansteigen.

Ähnlich verhält sich der Verlauf der Kurve, wenn wir nur Tiere mit IX Häutungen berücksichtigen (Punkt-Strich-Kurven), oder wenn wir die Daten für eine einzelne Gottesanbeterin auftragen, z. B. für Nr. 1. (Punktierte Kurve: Hautlänge Fig. *Fa*, Tierlänge Fig. *Fb*, Hautgewicht Fig. *Ga*, Tiergewicht Fig. *Gb*.)

Innerhalb des allgemeinen S-förmigen Verlaufes sind an manchen Figuren noch S-förmige Stücke geringeren Umfanges wahrnehmbar. so nimmt man in Fig. *Ab* eine Erhebung des Zeitpunktes für die IV. Häutung wahr und in Fig. *Bb* eine für die VII. Häutung. Die letztere Unregelmäßigkeit verschwindet aber, wenn wir die korrigierten Werte der Gewichte zur Grundlage der Zeichnung nehmen (stark-punktierte Kurve), während die erstere im Einzelfalle (Fig. *Fb*) sehr an Höhe verliert.

Im Anschluß an JACQUES LOEBS Theorie des katalytischen Charakters der Entwicklungsvorgänge haben zwei seiner Schüler, W. OSTWALD und T. BR. ROBERTSON, wie es scheint, unabhängig voneinander, die Wachstumskurven der Organismen mit den Kurven der autokatalytischen chemischen Vorgänge verglichen und den analogen S-förmigen Charakter bei den mannigfachsten Wachstumsvorgängen wiedergefunden.

Wie viele andre Wachstumskurven weist der zeitliche Verlauf der Gewichts- ebenso wie der Längenzunahme der untersuchten ägyptischen Gottesanbeterinnen S-förmige, mit der Autokatalyse vergleichbare Kurven auf.

Obzwar nun jede Bestätigung einer ansprechenden Theorie an und für sich angenehm ist, so wäre doch dieses Resultat wenig hoch zu veranschlagen, wenn nicht die besondere Gunst des von uns gewählten Versuchsobjektes den bisherigen Analogieschluß etwas weiterzuverfolgen gestatten würde.

Alle bisher untersuchten Wachstumskurven beziehen sich nämlich auf Vorgänge, bei welchen die verschiedenartigsten chemischen Prozesse sich abspielen, mögen sich nun die untersuchten Kurven auf Wägungen oder Messungen lebender Organismen oder auf die Abscheidungsprodukte ihres Gesamtstoffwechsels beziehen.

Dagegen stellen die Häute der Gottesanbeterinnen das geformte Abscheidungsprodukt eines einzigen chemischen Vorganges, nämlich der Chitinbildung, dar.

Wir haben bisher davon abgesehen, daß die Wachstumskurven der Längen treppenförmig verlaufen, indem innerhalb einer Häutungsperiode kaum eine Zunahme stattfindet, diese vielmehr sprunghaft mit der nächsten Häutung eintritt. Die Berechtigung dieser Ansicht ergibt sich aus dem Vergleiche der Längen des Prothorax am lebenden Tiere (Tabelle B, Kolonne A b) mit den bei der nächsten Häutung abgeworfenen Häuten (Tabelle B, Kolonne A a), welche Zahlen sich nicht viel voneinander unterscheiden. In den letzten Häutungen

sind die Thoraxlängen der abgeworfenen Häute sogar kleiner als diejenigen der Tiere der früheren Häutung, was entweder auf die etwas größere Schrumpfung der Haut oder auf die Ungenauigkeit des am Lebenden ausgeführten Messungen beruhen dürfte.

Wenn nun die Länge des chitinigen Thorax bei jeder Häutung auf das 1,26fache ansteigt, außerdem aber eine Haut von der Länge des Tieres der früheren Häutung abgeworfen wird, so ist die gesamte Wachstumsleistung in bezug auf das chitinige Halsschild eigentlich 2,26.

Da die Gewichte mit so großer Genauigkeit uns die dritte Potenz der Längen ergeben haben, so sind wir weiter auch berechtigt, die Masse des abgeschiedenen Chitins am Ende jeder Häutung als jene anzusehen, die vom Tiere aus der früheren Häutungsperiode bereits mitgebracht worden war. Da nun das Gewicht der Haut bei jeder Häutung auf das 2fache ansteigt, so muß die produzierte Chitinmasse bei jeder Häutung das 3fache der abgeworfenen Haut betragen. Bezeichnen wir das Gewicht der bei der zweiten Häutung abgeworfenen Haut mit $2a$, so sind wir berechtigt anzunehmen, daß diese Chitinmenge im Tiere bereits zur Zeit der ersten Häutung von der früheren in der Embryonalentwicklung stattfindenden Produktion übrig war und daß außerdem ein produziertes Quantum a mit der ersten Haut, also gleich bei dem Ausschlüpfen aus dem Eikokon abgeworfen worden war¹⁾. Dieses Quantum a berechnet sich aus Tabelle B Kolonne B αa zu $0,00015 : 2 g = 0,000075 g$.

Die mit jeder folgenden Häutung abgeschiedenen Chitinmengen folgen dann der Formel $a \cdot 2^{n-1}$, die im Tiere verbleibenden Mengen der Formel $a \cdot 2^n$, die bis zu einer bestimmten Häutung insgesamt abgeworfenen Mengen der Formel $a (2^{n-1} + 2^{n-2} + \dots + 2^{n-n})$ und die bis zu einer bestimmten Häutung insgesamt produzierte Menge der Formel $a (2^n + 2^{n-1} + \dots + 2^{n-n})$.

In der Tabelle K sind die Berechnungen der Chitinproduktion einerseits unter Zugrundelegung der tatsächlich ermittelten Durchschnittsgewichte, anderseits unter Berechnung nach den vorstehenden Formeln (kursiv gedruckte Kolonnen) nebeneinander gestellt und in Fig. K sind die Kurven für die bis zu jeder Häutung anzunehmende Produktion von Chitin in analoger Weise, wie wir es bisher gemacht haben, dargestellt (ausgezogene Kurve = auf Grund der beobachteten Werte, gestrichelte Kurve = berechnete Werte, punktierte Kurve =

¹⁾ Die chemische Untersuchung der ersten Häute hat deren Bestehen aus Chitin bestätigt. Eine ausführliche Publikation über die chemischen Versuche wird später andernorts erfolgen.

Berücksichtigung der gebrauchten Zeit). Wir erhalten wieder die gleiche Gesetzmäßigkeit wie früher, nämlich ohne Berücksichtigung der Zeit einen exponentiellen, bei Berücksichtigung der Zeit jedoch einen S-förmigen Verlauf.

Dank der Gunst des Materiales läßt sich also die jeweilige Produktion an Chitin berechnen und der S-förmige Verlauf für diesen während des ganzen Wachstums einheitlichen chemischen Prozeß nachweisen.

Wir vermögen daher mit voller Beruhigung die Bildung des Chitins, welches in den abgeworfenen Häuten in eine charakteristische Form gegossen ist, mit einem autokatalytischen, oder wenn man mit W. OSTWALD bei Unkenntnis des Katalysators bloß von Autokatalyse sprechen will, einem autokatakinetischen chemischen Prozeß vergleichen.

Über den chemischen Aufbau des Chitins finden sich bloß spärliche Nachrichten, so daß wir gegenwärtig nicht imstande sind, den Nachweis für einen chemischen Stoff als Katalysator oder einen andern katakinetisch wirkenden Faktor zu erbringen. Der einzigen, auf das Vorhandensein eines die primäre Cuticula erhärtenden Enzymes — Chitase (TOWER 1903, 1906) — bezüglich Angabe kann leider nach R. A. GORTNER (1911, S. 751) keine Bedeutung beigemessen werden.

In neuester Zeit ist der Abbau des Chitins von O. v. FÜRTH (1912) und seinen Schülern (vgl. H. BRACH, 1912) in restloser Weise aufgeklärt worden; jedoch teilt mir mein verehrter Freund O. v. FÜRTH mit, daß eine Wiedervereinigung der abgespaltenen Bestandteile Glukosamin und Essigsäure im Reagenzglas zwar dem Chitin ähnliche Stoffe, nicht aber Chitin selbst ergibt. Es müsse daher der Aufbau des Chitins im Insektenkörper unter der Einwirkung andrer Bedingungen vor sich gehen, als jenen, über welche wir im chemischen Laboratorium gewöhnlich verfügen. Für die Annahme einer enzymatischen Wirkung seien jedoch keine Anhaltspunkte gegeben und die Isolierung eines solchen Enzymes daher bei unsern gegenwärtigen Kenntnissen aussichtslos.

Wir werden also weitere Fortschritte der physiologischen Chemie abwarten müssen, ehe wir an Stelle der Analogie die Chitinbildung ihre Identität mit einem autokatalytischen Prozeß setzen könnten.

Mit weniger Sicherheit läßt sich für die Weichteile der Gottesanbeterin der Nachweis der tatsächlich produzierten Gewebsstoffe führen.

Immerhin muß das nach Abzug der im Körper nach der Häutung verbleibenden Stützsubstanzen (Tabelle K, Kolonne 2) zu erhaltende Durchschnittsgewicht der Weichteile dieselbe von Häutung zu Häutung fortschreitende Verdoppelung aufweisen, wie das Gesamtgewicht (Tabelle B, Kolonne B α b) oder das Gewicht der Häute (Tabelle B, Kolonne B α a), da die Differenzen der Glieder zweier in gleicher Proportion fortschreitender Reihen wieder in derselben Proportion fortschreiten müssen.

Durch diese Verhältnisse gewinnt ferner der auf Grund anderer Erwägungen, histologischer (BRINDLEY 1898) und biologischer (PRZIBRAM 1909, Regeneration) Natur aufgestellte Satz, daß zwischen jeder Häutung nicht bloß die Häute, sondern auch die Weichteile des Körpers eine durchgreifende Auswechslung erfahren haben, eine neue Stütze.

Es würde nämlich eines sehr komplizierten Vorganges bedürfen, um die Zahlenreihen für Häute, Gesamtgewichte im Körper zurückgebliebener Chitinmengen und Weichteile wieder in das durchgehende Verhältnis der Verdoppelung von Häutung zu Häutung zu bringen, wenn nicht auch die von der weichen Gewebssubstanz und zur Auswechslung gelangenden abgeschiedenen Stoffmengen dem gleichen Gesetze in der Weise folgen würden, daß von den Weichsubstanzen ebenso wie bei den Häuten das Gewicht von einer Häutung zur andern sich eigentlich verdreifachen und nur durch Abscheidung des einen Drittels die Verdoppelung ergeben würde.

Wir haben endlich noch darauf hinzuweisen, daß in allen unsern Kurven mit S-förmigem Verlaufe die Stelle größter Steilheit in die Mitte der Gesamtzeit fällt. Die Kurven erfüllen also das von ROBERTSON aufgestellte Postulat für autokatalytische Vorgänge einfachster Form: wenn der Stoffumsatz in analoger Weise von der Menge der bereits gebildeten Produkte wie von der Menge der noch zum Umsatz gelangenden Stoffe abhängt, so muß der größte Umsatz stattfinden, wenn die Summe der produzierten und der noch umzusetzenden Menge ein Maximum erreicht. Da nun die Menge der produzierten Stoffe fortwährend steigt, die Menge der noch umzusetzenden Stoffe fortwährend fällt, so wird in der Mitte der Zeit ein Zustand eintreten, in dem die produzierte Menge schon sehr bedeutend zugenommen, die noch zum Umsatz gelangende aber noch nicht so stark abgenommen hat, daß dadurch die Produktion gehindert wird.

Für die in unsern Versuchen ermittelte Wachstumszeit von 160 bis 168 Tagen beträgt die Hälfte 80 bis 84 Tage; das entspricht dem

Alter der VII. Häutung, und hier finden wir auch den steilsten Abschnitt der Kurve, die sowohl gegen den Zeitpunkt der Imaginalhäutung als auch gegen den Zeitpunkt der Abstreifung der ersten aus dem Ei mitgebrachten Haut weniger steil verläuft.

V. Schlußfolgerungen.

Wollen wir die erhaltenen Resultate, welche ja zunächst bloß an einer Tierart gewonnen wurden, für unsre allgemeinen Anschauungen verwerten, so müssen wir zunächst zusehen, ob wir in den uns bereits bekannten Vorgängen organischer Entwicklung eine plausible Erklärung für die gefundene Verdoppelung des Gewichtes von einer Häutung zur andern, sodann ob wir nicht ähnliche Werte aus den bereits in der Literatur vorliegenden Wachstumsmessungen finden, und endlich, welche Bedeutung die Unabhängigkeit einer Gewichtsverdoppelung von der zwischen den Häutungen abgelaufenen Zeit zukommen kann.

Was zunächst den der Verdoppelung zugrunde liegenden Vorgang anbelangt, so brauchen wir nur an den zelligen Aufbau aller Lebewesen zu denken, um eine naheliegende Deutung anzutreffen: wenn jede Zelle des Körpers sich einmal geteilt und in jedem ihrer Teilprodukte wieder auf die ursprüngliche Zellgröße herangewachsen ist, ohne sonst eine Veränderung in ihrer Differenzierung erfahren zu haben, so werden wir als Resultat dieses Prozesses eine Verdoppelung des Gewichtes erwarten können. Wenn nun gerade nach Durchführung eines solchen »Teilungsschrittes« die zu klein gewordene Cuticula abgeworfen wird, so erhalten wir gerade mit jeder Häutung eine Verdoppelung des Gewichtes.

Wie es nun bei der Eifurchung mehrfach beobachtet worden ist, daß infolge des Eingreifens störender Faktoren ein bereits vorbereiteter Teilungsschritt nicht zu rechter Zeit erfolgt, dann aber bei der nächsten Teilung ein spontaner Zerfall in vier Teilprodukte erfolgt, ebenso können wir uns auch vorstellen, daß die beobachteten Vervierfachungen des Gewichtes von einer Häutung zur andern auf einer Störung des normalen Teilungsrhythmus besteht.

Nach den bisherigen Versuchen würde es sich dabei um ein vorzeitiges Heranwachsen der Zellen handeln, welches den Teilungsrhythmus überholt, so daß der eine Teilungsschritt übersprungen und erst am Ende der zweiten Teilungszeit eine Häutung eintritt. Meist verläuft dann der nächste Teilungsschritt ohne bedeutsame Verände-

rung des Gewichtes. Wir könnten also annehmen, daß jetzt die beim früheren Teilungsschritt auf ihr doppeltes Gewicht ohne Teilung angewachsenen Zellen wieder auf ihr ursprüngliches Gewicht herabgesetzt werden.

Diese Hypothese ist auf histologischem Wege, durch Untersuchung der Zellgrößen auf verschiedenen Häutungsstadien prüfbar und daher der experimentellen Bearbeitung zugänglich.

Wir dürfen es nicht gerade als notwendig ansehen, daß jedes Häutungsintervall gerade einem Teilungsschritte entspricht. Es wäre ja auch möglich, daß eine Häutung erst eintritt, wenn sich jede Zelle des Körpers zwei- oder drei- oder viermal oder noch öfters geteilt hat und jedes Teilprodukt wieder auf das ursprüngliche Maß herangewachsen ist. Der Vorgang der Zellteilung, wie wir ihn bei den Metazoen überall verlaufen sehen, bedingt lediglich, daß die Teilprodukte in Potenzen von 2 sich vermehren. Suchen wir nun in der Literatur Angaben über die Gewichtsvermehrung sich häutender Tiere, so müssen wir uns vor Augen halten, daß von einer Häutung zur andern vielleicht nicht gerade ein Teilungsschritt mit einer Gewichtsverdoppelung, sondern eventuell zwei, drei und mehr Schritte mit einer Gewichtsvervier-, Verachtfachung oder einer solchen in einer höheren Potenz von 2 gesucht werden dürfen.

Ich habe eine einzige Literaturangabe gefunden, die mit genügender Genauigkeit durchgeführt ist, um eine Berechnung in unserm Sinne zu erlauben.

Es ist dies die Arbeit von LUCIANI und LOMONACO über die fortschreitende Gewichtszunahme der Larve des Seidenspinners (1897). Diese Autoren verfolgten die Gewichtszunahme von 1000 Seidenspinnerlarven vom Ausschlüpfen aus dem Ei bis zur Einspinnung. In unsrer Tabelle L sind ihre Resultate in den Kolonnen 2 bis 5 wiedergegeben.

Es war bei der großen Menge der verarbeiteten Raupen begreiflicherweise nicht möglich, einzelne Exemplare getrennt zu beobachten oder bloß solche, die an ein und demselben Tage häuteten, herauszusuchen.

Die meisten Häutungen erscheinen daher nicht an einem, sondern an zwei Tagen zu verlaufen. Außerdem war es auch nicht möglich, oder vielleicht gar nicht in der Absicht der Versuche gelegen, die abgeworfenen Häute einer getrennten Bearbeitung zu unterziehen. Ferner haftet den Bestimmungen ein gewisser Mangel dadurch an, daß nicht alle Raupen einer jeden Häutung des Darminhaltes vollkommen entleert zu sein brauchen.

In der 6. Kolonne der Tabelle L sind die Gewichte am Ende jeder Häutungsperiode von mir herausgeschrieben, in Kolonne 7 die Quotienten aus dem Gewichte jeder folgenden Haut durch das Gewicht der vorhergehenden Häutungsgenossen, in Kolonne 8 die diesen Quotientenzahlen nächstliegenden Potenzen von 2 angegeben.

Die letzte Gewichtszahl der Kolonne 6, nämlich 1,615 g, entspricht nicht wirklich der letzten Häutung, sondern stellt das Gewicht der spinnfertigen, aber noch nicht verpuppten Raupen dar. Nach O. KELLNER (1884), der für spinnreife Raupen den mit LUCIANI und LO MONACOS Raupen für den 37. Tag gut übereinstimmenden Wert $2 = 220,99$ g pro 1000 Raupen erhalten hatte, wiegen 1000 Puppen bloß 1030,00 g, 1000 Puppen und die von ihren Raupen gesponnenen Kokone 1170,00 g. Dieser sehr starke Gewichtsabfall ist aber nicht mehr auf Kosten der ausgeschiedenen Abfallprodukte und abgeworfenen Häute zu setzen, sondern auf die bei der Verwandlung zur Imago vor sich gehenden gewaltigen Veränderungen der Differenzierung, welche dann im Gewichte von 1000 Schmetterlingen ein noch weiteres Sinken auf 503,56 g bewirkt. Wir müssen aber im Auge behalten, daß der Wert von 1,615 g für die letzte zur Puppe führende Häutung etwas zu groß, der Wert 1,170 g aber schon viel zu klein ist.

Von dieser Erwägung ausgehend, haben wir die vorletzte, als vierte bezeichnete Häutung zum Ausgangspunkte einer Berechnung gewählt, die durch fortgesetzte Division mit den nächstliegenden Potenzen von 2 dem früheren Häutungsgewichte, durch Multiplikation mit 2 dem letzten Häutungsgewichte nahezukommen trachtet (Kolonne 10). Vergleicht man die Zahlen mit den von den Experimentatoren durch Wägung erhaltenen (Kolonne 6), so zeigt sich eine Übereinstimmung mit einem Fehler von höchstens 24%, der aber noch geringer zu veranschlagen ist, wenn wir die verschiedenen, eben besprochenen Fehlerquellen des Materials in Betracht ziehen. Auch ist die tägliche Gewichtsveränderung so groß, daß die Verarbeitungszeit der Raupen, d. h. die Stunde ihrer Einsammlung und ähnliches in die Wagschale fällt. Die Gewichte, Kolonne 10, fallen mehrfach zwischen das Gewicht für den Tag der Häutung und den nächsten, so beim Ausschlüpfen, bei der als I. Häutung und als III. Häutung bezeichneten. Bloß bei der als II. Häutung angegebenen würde das berechnete Gewicht erst zwischen dem gewogenen des 14. und 15., anstatt jenem zwischen 13. und 14. fallen; doch ist dabei zu beachten, daß alle Raupen diese Häutung am gleichen Tage beendet hatten, das durch Wägung ermittelte Gewicht gegenüber den übrigen zwei Tage hin-

durch erfolgenden Häutungen also zu niedrig sein muß. Etwas weniger gute Werte erhält man, wenn von der Zahl 1,615 als Endgewicht ausgegangen wird (vgl. Kolonne 9).

In Fig. L gibt die schwach ausgezogene Linie die unter den oben auseinandergesetzten Bedingungen erhaltene Gewichtskurve ohne Berücksichtigung der gebrauchten Zeit; die gestrichelte Linie zeigt die berechneten Werte; die stark ausgezogene Linie zeigt die von der vorletzten (4.) Häutung ausgehend berechneten Werte.

Die gleichen Abschnitte (Zentimeter) der Abszissenachse stellen nicht Häutungsintervalle, sondern die Vollendung eines Teilungsschrittes vor.

Nach Tabelle L, Kolonne 8, sind vom Ausschlüpfen der Räumchen aus den Eiern bis zu der als 1. bezeichneten Häutung vier solche Einheiten, von der 1. bis 2. Häutung drei, von der 2. bis 3. und 3. bis 4. je zwei, von der 4. bis zur 5. endlich eine solche Einheit aufzutragen.

Im ganzen repräsentieren die beobachteten Häutungsintervalle zusammen $4 + 3 + 2 + 2 + 1 = 12$ Teilungsschritte.

Dividieren wir die 12 Einheiten (Zentimeter) durch die Anzahl der vergangenen Tage, im ganzen 40 (nach Tabelle L, Kolonne 2), so können wir unter Benutzung des gleichen Anfangs- und Endpunktes um die zeitliche Kurve in der Weise entwerfen, daß 3 mm einem Tag entsprechen. Nun verwandelt sich die exponentiell angestiegene Kurve in eine S-Kurve, in analoger Weise, wie wir sie bei den Gottesanbeterinnen erhalten hatten.

WOLFGANG OSTWALD (1908, S. 14), hat die Daten von LUCIANI und LO MONACO ebenfalls zur Stütze der katalytischen Theorie verwertet, und außer der Wachstumskurve als ganzen auch den Verlauf der Zu- und Abnahme des Gewichtes von einer jeden Häutung zur anderen als eine S-förmige Kurve aufgefaßt (vgl. seine Fig. 18, S. 13).

Obzwar es nun sehr möglich ist, daß beim Gesamtgewichte des Seidenspinners, ebenso wie wir dies beim Gesamtgewichte der *Sphodromantis* angetroffen hatten, innerhalb der großen Kurve noch kleine S-förmige Krümmungen als Ausdruck mitlaufender spezieller Differenzierungsvorgänge vorhanden sind, so möchte ich doch zunächst noch bei diesen von OSTWALD mitvertretenen kleineren Oszillationen große Vorsicht walten lassen.

Das Stillestehen des Wachstums vor und während des Häutungs-vorganges selbst braucht nicht durch eine Abnahme der Geschwindigkeit chemischer Wachstumsvorgänge bedingt zu sein, da infolge Auf-

hörens der Nahrungsaufnahme auf jeden Fall der Stoffzufluß stark herabgesetzt wird. Außerdem sinkt das Gewicht durch die völlige Entleerung der Fäces, sowie auch etwas durch den Abwurf der alten Haut. Nach der Häutung steigt das Gewicht rasch durch die aufgenommene Nahrung und die aus dieser stammenden Fäces stark an, was nun wieder eine größere Geschwindigkeit des Wachstums vortäuschen muß ¹⁾.

Sehen wir daher lieber von den durch den Häutungszustand bedingten Oszillationen ab, so ergeben sich doch noch einige interessante Folgerungen aus der Tabelle L und der Fig. L, wenn wir auf die Anzahl der zwischen zwei Häutungen verlaufenen Tage näher eingehen.

Ähnlich wie bei den Gottesanbeterinnen sind die Intervalle der ersten Häutungen zeitlich nicht stark voneinander verschieden, nämlich 7, 6, 7, und beim vorletzten Intervalle 8 Tage; hingegen ist wieder in Analogie zur *Sphodromantis* die letzte Häutung durch ein längeres Intervall (über 12 Tage) von der vorletzten getrennt (vgl. Kolonne 11).

Ziehen wir die Anzahl der in jedem Häutungsintervall anzunehmenden Teilungsschritte (Exponenten von 2 der Kolonne 8) in Betracht, so erhalten wir durch Division des zeitlichen Intervalles zwischen je zwei aufeinander folgenden Häutungen durch die Anzahl der Teilungsschritte die auf einen Teilungsschritt entfallende Zeit; dieselbe wird (vgl. Kolonne 12) bis zur vorletzten Häutung allmählich, dann plötzlich bedeutend länger.

Da wir die Anzahl von 5 Häutungsstadien als eine gegenüber den ursprünglicheren der Gottesanbeterinnen mit 9 bis 12 Häutungen verkürzte ansehen können, so ist es interessant, die Anzahl der angenommenen Teilungsschritte in beiden Fällen zu vergleichen: hier finden wir nun beim Seidenspinner 12 Teilungsschritte, ebensoviel als wie bei der größten bis jetzt beobachteten Häutungszahl der ägyptischen Gottesanbeterin angenommen werden können.

Der Verminderung der Häutungsanzahl braucht also keine Verminderung der Teilungsschritte zu entsprechen.

Bezüglich der S-Kurve des Seidenraupenwachstums möge noch erwähnt werden, daß auch hier der steilste Anstieg in der Mitte der Zeit (etwas über 20 Tage) mit der VII. Häutung erfolgt.

¹⁾ Ähnliches gilt von der Kurve der Kohlensäureabgabe; die Verminderung derselben während der Häutungsprozesse steht außerdem mit der Ruhe der Raupen zu diesen Zeiten im Zusammenhang, braucht also den Stoffansatz gar nicht zu tangieren.

Überblicken wir zum Schlusse die Resultate unsrer ersten Versuchsreihe und die sich aus ihnen ergebenden Folgerungen und Ausblicke, so läßt sich nun als Gesamtergebnis aussprechen, daß uns die Untersuchung des Längen- und Massenwachstums einer ägyptischen Gottesanbeterin (*Sphodromantis bioculata* Burm.) zu einer Trennung des in den Häutungsstadien gegebenen biologischen Verlaufes des Wachstums von dem zeitlichen Verlauf der chemischen Stoffansammlungen geführt hat.

Während also der zeitliche Verlauf der Wachstumskurve dem S-förmigen Typus chemischer autokatakinetischer Reaktionen entspricht, folgen die biologischen Stadien einer geometrischen Progression, deren Exponent der Zweiteilung der Zellen entsprechend 2 ist.

Das schließt natürlich nicht aus, daß jeder einzelne Teilungsschritt wieder, wie WO. OSTWALD die Gewichtskurve des Seidenspinners interpretiert, auf einem eignen autokatakinetischen Prozeß beruhen mag.

Eine Beeinflussung der Progression der Teilungsschritte durch die gerade erreichte Geschwindigkeit der chemischen Autokatakinese spricht sich in allen unsern Kurven mehr oder minder deutlich aus, und zwar in der Abweichung der Häutungspunkte von den berechneten Verdoppelungen gegen die zeitliche Kurve gerade dort, wo das steile Mittelstück der zeitlichen S-Kurve verläuft.

Mit der Gegenüberstellung der chemischen Autokatakinese und des biologischen Wachstums soll daher durchaus nicht gesagt sein, daß letzteres nicht auch auf Grund chemischer Gesetze abläuft, nur werden wir unser Augenmerk, außer auf autokatakinetische, auch noch auf andre Wirkungsweisen zu richten haben, wenn wir den morphologischen Aufbau in seiner Größenzunahme zu verstehen suchen.

Die Beziehung der Gewichtsverdoppelung auf ein Zellteilungsgesetz schlägt eine Brücke von den direkter Wägung zugänglichen postembryonalen Wachstumsvorgängen zu der bloß mikroskopischen Messung zugänglichen Embryonalentwicklung und der hier aufgefundenen Kernplasmarelation R. HERTWIGS. Anderseits wird auch eine neue Bewertung der energetischen Untersuchungen über den Stoffansatz der Säugetierembryonen und jungen Wirbeltiere (RUBNER, FRIEDENTAL u. a.) möglich sein, wenn sich die Gewichtsverdoppelung auch bei den Wirbeltieren nicht als ein willkürlich angenommener Punkt erweisen würde, sondern als ein bestimmter Entwicklungs- oder Teilungsmoment.

In diesem Zusammenhange wird es ersprießlich sein, ein Wirbeltier heranzuziehen, das eine ähnliche Eignung zu den geplanten Untersuchungen wie die Gottesanbeterin unter den Wirbellosen besitzen müßte.

Wir denken zunächst die Ringelnatter (*Tropidonotus natrix* L.), oder eine ähnliche Schlange, die sich ihrer Haut in einem Stück zu entledigen pflegt, heranzuziehen.

VI. Zusammenfassung.

1) Die Untersuchung von 38 *Sphodromantis bioculata* Burm. hat gezeigt, daß mit jeder folgenden Häutung die Haut das doppelte Gewicht der vorhergehenden Haut aufweist.

2) Auch die Gewichte der eben gehäuteten Gottesanbeterinnen weisen von Häutung zu Häutung eine Verdoppelung auf.

3) In manchen Fällen tritt an Stelle einer Verdoppelung des Gewichtes (namentlich der Tiere) von einer Häutung zur andern eine Vervierfachung, welche dann meist von einem Stillstand während der nächsten Häutungsperiode gefolgt ist.

4) Die Längenzunahme des Halsschildes der *Sphodromantis* erfolgt in der Kubikwurzel der Gewichtszunahme des ganzen Tieres oder der Haut.

5) Demnach können wir sagen, daß die Längenzunahme des Halsschildes von einer Häutung zur andern durchschnittlich in der Kubikwurzel von $2 = 1,26$ erfolgt.

6) Die Oberflächenzunahme wird von einer Häutung zur andern in der Quadratwurzel von 2 erfolgen.

7) Wie viele andre Wachstumskurven weist der zeitliche Verlauf der Gewichts-, ebenso wie der Längenzunahme der untersuchten ägyptischen Gottesanbeterinnen S-förmige mit der Autokatalyse vergleichbare Kurven auf.

8) Dank der Gunst des Materiales läßt sich die jeweilige Produktion an Chitin berechnen und der S-förmige Verlauf für diesen während des ganzen Wachstums einheitlichen chemischen Prozeß nachweisen.

9) Während also der zeitliche Verlauf der Wachstumskurve dem S-förmigen Typus chemischer autokatakinetischer Reaktionen entspricht, folgen die biologischen Stadien einer geometrischen Progression, deren Exponent der Zweiteilung der Zellen entsprechend 2 ist.

VII. Literaturverzeichnis.

- BRACH, H., Untersuchungen über den chemischen Aufbau des Chitins. Biochem. Zeitschr. Bd. 33. S. 468. 1912.
- BRINDLEY, H. H., On certain Characters of reproduced Appendages in Arthropoda. Proceed. Zoolog. Soc. London. p. 924. 1898.
- FARKAS, K., Beiträge zur Energetik der Ontogenese (von F. TANGL). III. Über den Energieumsatz des Seidenspinners während der Entwicklung im Ei und während der Metamorphose. PFLÜGERS Archiv. Bd. 98. S. 490. 1903.
- FRIEDENTHAL, H., Über das Wachstum des menschlichen Körpergewichtes in den verschiedenen Lebensaltern und über die Volummessung von Lebewesen. Physiol. Ges. Berlin. 1909.
- Das Wachstum des Körpergewichtes des Menschen und anderer Säugetiere in verschiedenen Lebensaltern. Zeitschr. f. allg. Physiol. 1909.
- Experimentelle Prüfung der bisher aufgestellten Wachstumsgesetze. Physiol. Ges. Berlin. 16. Juli 1909.
- (Alle drei Arbeiten in des Verf. Arbeiten a. d. Gebiete d. exp. Physiologie. Jena, Fischer. II. 1911 abgedruckt.)
- FÜRTH, O. v., Probleme der physiologischen und pathologischen Chemie. I. Gewebeschemie. S. 517. 1912.
- KELICOTT, W. E., The Growth of the Brain and Viscera in the Smooth Dogfish (*Mustelus canis* Mitchill). American Journal of Physiology. Vol. 8. p. 319. 1908.
- KELLNER, O., Chemische Untersuchungen über die Entwicklung und Ernährung des Seidenspinners (*Bombyx mori*). Landwirtschaftl. Versuchsstationen. Bd. 30. S. 59, 381. 1884.
- LOEB, J., Dynamics of living matter. New York 1902.
- Biochemische Zeitschr. S. 34. 1906.
- LUCIANI et LoMONACO, L'accroissement progressif en poids et en azote de la larve du ver-à-soie, par rapport à l'alimentation nécessaire dans les âges successifs. Archives Italiennes de Biologie. Turin. Tom. 27. p. 340–349. 1897.
- MEGUŠAR, F., Lebensgeschichte der Hydrophiliden. Verh. zool.-bot. Ges. Wien. S. 278. Jahrg. 1909.
- OSTWALD, Wo., Über die zeitlichen Eigenschaften der Entwicklungsvorgänge. ROUXS Vortr. u. Aufsätze üb. Entwicklungsmech. Heft V. 1908.
- PRZIBRAM, H., Aufzucht, Farbwechsel und Regeneration einer ägyptischen Gottesanbeterin. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 22. S. 149. 1906.
- Aufzucht, Farbwechsel und Regeneration unsrer europäischen Gottesanbeterin. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 23. S. 599. 1907.
- Aufzucht, Farbwechsel und Regeneration der Gottesanbeterinnen. III. Temperatur- u. Vererbungsversuche. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 28. S. 561. 1909.
- Experimental-Zoologie. 2. Regeneration. Leipzig u. Wien, F. Deuticke. S. 79. 1909.
- Die biologische Versuchsanstalt in Wien. Zweck, Einrichtung und Tätigkeit während der ersten fünf Jahre. Zeitschr. f. biolog. Techn. u. Method. Bd. 1. S. 233. 1910.

- ROBERTSON, T. BRAILSFORD, On the normal Rate of Growth of an Individual, and its Biochemical Significance. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 25. S. 581. 1908.
 — Further Remarks on the normal Rate etc. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 26. S. 108. 1909.
- RUBNER, M., Das Problem der Lebensdauer und seine Beziehungen zu Wachstum und Ernährung. Arch. f. Hygiene. Verlag R. Oldenbourg. 1908.
 — Kraft und Stoff im Haushalt der Natur. Akad. Verlagsgesellsch. Leipzig. 1900.
- TOWER, W. L., Colors and color patterns of Coleoptera. The Decennial publications Univ. of Chicago. Vol. X. p. 33. 1903.
 — An Investigation of Evolution in Chrysomelid beetles of the Genus *Lep-
 tinotarsa*. Carnegie Institution. No. 48. (p. 139.) 1906.
-

VIII. Verzeichnis der Tabellen.

Tabellen A—K beziehen sich auf *Sphodromantis bioculata* Burm.

- Tabelle A. Prothoraxlängen einzelner Häute und Tiere I.—V. Häutung.
- B. Durchschnittliche Prothoraxlängen und Gewichte der Häute und Tiere aller Häutungen.
 - C. Prothoraxlängen und Gewichte einzelner Tiere und Häute VI. bis X. Häutung.
 - D. Quotienten aus den Werten jeder folgenden Häutung durch die vorangehende von Tabelle B.
 - E. Quotienten aus den Werten jeder folgenden Häutung durch die vorangehende von Tabelle C.
 - F. Zeitintervalle zwischen den Häutungen.
 - G. Beobachtete Quotienten der Tabelle D (mit ihren *Log.*) und berechnete Werte.
 - H. Gewichte der eben ausgeschlüpften Imagines nach Geschlecht und Häutungsanzahl.
 - J. Absolute Zuwachse und absolute Zuwachsgeschwindigkeit der Häutungsperioden.
 - K. Berechnung der gesamten Chitinproduktion.

Tabelle L. Gewichte der Raupen des Seidenspinners (*Bombyx mori* L.) nach LUCIANI und LOMONACO und rechnerische Verwertung.

Tabelle A.

Hän- tung	Millimeterlänge des Prothorax										a) an der einzelnen Haut gemessen										b) an einzelnen lebenden Tieren									
I	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
II	2,00	2,00	2,10	2,15	2,20	2,20	2,25	2,25	2,30	2,35	2,40	2,50	2,50	2,55	2,60	—	—	—	—	—	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1
III	2,70	2,75	2,80	2,90	2,95	3,00	3,00	3,10	3,10	3,20	3,20	3,20	3,35	3,35	3,40	3,50	—	—	—	—	3,9	3,9	3,9	3,9	4,0	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
IV	3,70	3,70	3,80	3,80	4,00	4,00	4,05	4,05	4,10	4,20	4,30	4,30	4,30	4,30	4,30	—	—	—	—	—	5,4	5,4	5,4	5,4	5,5	5,5	5,5	5,6	5,6	5,6
V	5,00	5,05	5,20	5,25	5,25	5,35	5,45	5,50	5,50	5,55	5,70	5,75	5,80	5,85	5,90	5,90	—	—	—	—	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2

Tabelle B.

Häutung		A. Durchschnittliche Prothoraxlängen				B. Durchschnittliche Gewichte									
Nr.	Datum	a) Haut		b) Tier		α) aus allen Wägungen			β) b. nach Ausscheidung der folg. Gruppen verbleibende Tiere		γ) b. Gruppe (mit doppelem Intervall)		δ) b. Gruppe mit Stillstand jeder teilw. Verdopp.]		
		Anzahl	mm	Anzahl	mm	Anzahl	g	Anzahl	g	Anzahl	g	Anzahl	g	Anzahl	g
I	27. V. 09	0	—	10	2,26	0	—	10	0,00362						
II	10. VI. 09	16	2,30	10	3,03	16	0,00015	10	0,00728						
III	24. VI. 09	17	3,11	10	3,99	17	0,00024	10	0,01670						
IV	7. VII. 09	15	4,04	10	5,49	15	0,00047	10	0,03765						
V	23. VII. 09	18	5,51	10	7,13	18	0,00099	10	0,07642						
VI	1. VIII.—17. VIII. 09	34	7,06	36	9,60	36	0,00209	35	0,15503						
VII	15. VIII.—2. IX. 09	30	9,40	32	12,66	32	0,00491	32	0,51997						
VIII	30. VIII.—20. IX. 09	26	12,04	28	16,21	28	0,01254	28	0,73213	5	0,38993	22	0,56105	5	10,47009
IX	25. IX.—20. XI. 09	17	14,91	21	19,36	19	0,02441	19	1,48278	19	0,70122	7	1,17014	2	0,34676
X	5. XI.—10. XII. 09	7	17,49	9	21,90	7	0,03770	7	2,07874	15	1,48072	2	2,30607	2	0,67615
										5	2,41621	0	—	2	1,23505

VI. VII. VIII. IX. X.	3. VIII. 09 10. VIII. 09 5. IX. 09 29. IX. 09 5. XI. 09	6)	7,45 8,95 12,20 15,45 18,20	9,8 12,1 15,0 19,8 23,5	0,00226 0,00406 0,01059 0,01903 0,05374	0,14752 0,59988 0,66222 1,38382 2,53839	♀	grün - - - braun	10	VI./VII. Tier Hb. r. reg. Vb. l. reg. Haut zerrissen	VII./VIII. Tier
VI. VII. VIII. IX. X.	5. VIII. 09 20. VIII. 09 15. IX. 09	7)	7,55 10,75 11,75	9,6 12,6 16,0	0,00103 0,00471 0,00975	0,14788 0,56865 0,77959		grün - -		VI./VII. Tier 15. XII. 09	VII./VIII. Tier [part.]
VI. VII. VIII. IX. X.	2. VIII. 09 17. VIII. 09 7. IX. 09 8. XI. 09	8)	8,15 11,10 14,65	10,3 13,8 17,7	0,00264 0,00566 0,02220	0,20077 0,46508 1,35664	♀	grün - -	9	VII./VIII. Haut (Tier 1½ Int.)	8. XI. 09
VI. VII. VIII. IX. X.	4. VIII. 09 21. VIII. 09 9. IX. 09 3. X. 09	9)	7,80 9,40 12,95 Krüppel	10,0 13,0 15,6	0,00201 0,00504 0,01100	0,17267 0,63217 0,74769		grün - -		VI./VII. Tier	VII./VIII. Tier [part.]
VI. VII. VIII. IX. X.	2. VIII. 09 15. VIII. 09 1. IX. 09	10)	7,95 10,60 14,30 Krüppel	10,0 13,2 18,0	0,00230 0,00521 0,02529	0,17551 0,45044 1,19192		grün - -		VI./VII. Tier; VII./VIII. Haut	
VI. VII. VIII. IX. X.	4. VIII. 09 16. VIII. 09 30. VIII. 09 25. IX. 09 9. XI. 09	11)	7,35 9,60 11,85 15,15? Krüppel	9,4 11,8 15,7 20,5 22,3	0,00201 0,00460 0,01105 0,02241	0,14788 0,31562 0,67989 1,51395	♀	grün - oliv braun	10		

Tabelle C. (Fortsetzung.)

A. Durchschnittliche Prothoraxlängen				B. Gewichte					γ) b.		δ) b.	
Exemplar Nr.	einzelne Messungen		Tiere	einzelne Wägungen		Tiere	Geschlecht des Tieres	Farbe	Häutungsanzahl	doppeltes Intervall zwischen den Häutungen	Tod	Stillstand zwischen den Häutungen
	a) Häute	b) Tiere		a) Häute	b) Tiere							
	mm	mm		g	g							
VI. VII. VIII. IX. X.			12)								9. VIII. 09	
VI. VII. VIII. IX. X.			13)	8,15 10,75 14,80 Krüppel	10,0 14,1 19,0 22,6		♀	grün - - -	9	VI./VII. Tier (1½ Int.?)		
VI. VII. VIII. IX. X.			14)	7,50 9,15 ? 15,50	10,0 13,0 18,1 19,0		♂	grün - - -		VI./VII. Tier VIII./IX. Haut (1½ Int.) Mb. r. reg. VI. Haut		VII./VIII. Tier [part.]
VI. VII. VIII. IX. X.			15)	6,10 9,80 12,15 15,55	9,8 12,5 16,8 18,8		♂	grün - - -		VI./VII. Tier		VII./VIII. Tier [part.]
VI. VII. VIII. IX. X.			16)	6,90 9,90	10,0 14,0			grün -		VI./VII. Tier [part.]	?	

VI. 1. VIII. 09	17)	7,45	10,3	0,00237	0,16636	♂	grün	9	VII./VIII. Haut (Tier 1 1/2 Int.)	
VII. 15. VIII. 09		9,20	13,3	0,00480	0,37639		-			
VIII. 20. IX. 09		12,50	18,0	0,01529	0,91718		-			
IX. 8. XI. 09		16,60	19,5	0,02582	1,66578		-			
X.										
VI. 3. VIII. 09	18)	6,65	9,5	0,00192	0,13512	♂	grün	9	VI./VII. Tier	VII./VIII. Tier
VII. 21. VIII. 09		8,50	12,1	0,00422	0,50458		-		Hb. l. reg.	
VIII. 16. IX. 09		10,75	15,3	0,00857	0,55335		-		VIII. Haut	
IX. 5. XI. 09		Krüppel	15,8				-			
X.										
VI. 6. VIII. 09	19)	7,40	10,0	0,00237	0,17276	♂	grün	9	VI./VII. Tier	VII./VIII. Tier
VII. 19. VIII. 09		9,60	13,5	0,00519	0,60688		-			
VIII. 11. IX. 09		11,75	16,0	0,01118	0,75803		-			
IX. 5. XI. 09		15,25	19,4	0,02603	1,50900		-			
X.										
VI. 4. VIII. 09	20)	7,05	10,0	0,00206	0,17750		grün			
VII. 18. VIII. 09		Krüppel								
VIII.										
IX.										
X.										
VI. 1. VIII. 09	21)	7,60	10,5	0,00240	0,21044		grün			
VII. 15. VIII. 09		10,10	13,3	0,00666	0,44969		-			
VIII. 3. IX. 09		Krüppel								
IX.										
X.										
VI. 3. VIII. 09	22)	7,50	10,0	0,00234	0,18702	♀	grün	9	VIII./IX. Haut (1 1/2 Int.)	
VII. 16. VIII. 09		9,85	13,5	0,00575	0,41646		-			
VIII. 8. IX. 09		13,50	18,0	0,01370	1,09149		graugrün			
IX. 29. X. 09		?	21,3	0,03680	2,34445		grün, ab 23. XI. braun			
X.										

VI. VI VII VIII IX. X.	6. VIII. 09 20. VIII. 09 13. IX. 09 29. X. 09	28)	?	10,0 13,0 17,2 22,7	0,00250 0,00542 0,01442 0,03742	0,18704 0,62515 0,93203 2,26769	♀	grün - braungrün braun	9	VI./VII. Tier (1½ Int.)	
VI. VII VIII IX. X.	14. VIII. 09 31. VIII. 09 23. IX. 09	29)	7,00 9,65 11,00 Krüppel	9,2 12,0 15,0	0,00205 0,00581 0,00960	0,15651 0,53836 0,61749		grün blaugrün graugrün		VI./VII. Tier Mb. I. abgebr. VII. Haut Mb. I. reg. VIII. Haut	VII./VIII. Tier
VI. VII VIII IX. X.	11. VIII. 09 24. VIII. 09 21. IX. 09	30)	6,75 9,35 13,15 Krüppel	10,0 19,0 18,5	0,00272 0,00704 0,01475	0,17754 0,68034 1,07008		grün - braun		VI./VII. Tier; VI./VII. Haut 1½ Int.	
VI. VII VIII IX. X.	10. VIII. 09 23. VIII. 09 17. IX. 09 4. XI. 09	31)	6,85 9,45 12,35 15,40	10,0 13,0 16,2 18,8	0,00225 0,00476 0,01093 0,02282	0,15746 0,57996 0,72421 1,48460	♂	grün blaugrün - grün	9	VI./VII. Tier	VII./VIII. Tier [part.]
VI. VII VIII IX. X.	10. VIII. 09 22. VIII. 09 11. IX. 09 6. X. 09 10. XI. 09	32)	6,70 8,35 10,60 14,35 18,25	8,5 10,1 14,0 18,3 21,0	0,00170 0,00339 0,00795 0,01910 0,04054	0,11169 0,50698 0,55880 1,16952 1,95788	♀	grün oliv - braungrün	10	VI./VII. Tier	VII./VIII. Tier
VI. VII VIII IX. X.	8. VIII. 09 19. VIII. 09 4. IX. 09 28. IX. 09 3. XI. 09	33)	6,70 8,10 10,50 13,35 17,25	9,1 12,0 13,3 18,8 23,0	0,00168 0,00395 0,00986 0,01736 0,03848	0,12437 0,54524 0,54863 1,33195 2,45138	♀	grün - - - braun	10	VI./VII. Tier	VII./VIII. Tier

Tabelle C. (Fortsetzung.)

	A. Durchschnittliche Prothoraxlängen				B. Gewichte			Besondere Bemerkungen				d) b.			
	Exemplar Nr.	a) Häute		b) Tiere	einzelne Messungen mm	mm	einzelne Wägungen g	g	Ge- schlecht des Tieres	Häu- tungs- anzahl	Farbe des Tieres		doppeltes Intervall zwischen den Häutungen	Tod	Stillstand zwischen den Häutungen
V1. VII. VIII.	17. VIII. 09 31. VIII. 09 22 IX. 09	34)	5,80 7,60 9,70	8,1 11,0 12,0	0,00143 0,00332 0,00562	0,09578 0,41157 0,35603	♂	grün blaugrün grün	grün	VI./VII. Tier	VI./VII. Tier Mb. r. abgebr. VI. Haut Mb. r. reg. VII. Haut			VII./VIII. Tier [negat.]	
XI. X.	25. X. 09 10. XII. 09		11,45 15,40	15,5 17,0	0,01244 0,02145	0,63566 1,26114		braungrün -							
V1. VII. VIII. IX. X.	14. VIII. 09 2. IX. 09 24. X. 09	35)	6,30 9,55 Krüppel	8,9 11,0	0,00177 0,00457	0,10131 0,43652		grün - -			VI./VII. Tier; VII./VIII. Haut 1 1/2 Int.				
V1. VII. VIII. IX. X.	12. VIII. 09 26. VIII. 09	36)	6,45 Krüppel	8,3	0,00159	0,12057		grün							
V1. VII. VIII. IX. X.		37)	Krüppel												
V1. VII. VIII. IX. X.	17. VIII. 09 29. VIII. 09 17 IX. 09 12. X. 09 15. XI. 09	38)	6,00 7,35 8,65 11,85 16,20	8,0 10,5 13,6 16,6 18,9	0,00115 0,00285 0,00542 0,01008 0,02350	0,07746 0,39691 0,33749 0,71665 1,20897	♂	grün - - - braungrün	grün	10	VI./VII. Tier			VII./VIII. Tier [negat.]	

Tabelle D.

Quotienten aus den Durchschnittswerten für die Messungen einer Häutungsperiode, dividiert durch die Durchschnittswerte der unmittelbar vorhergehenden. (Mit * bezeichnet Division dieser Quotienten durch die durchschn. Dauer der betr. Häutungsintervalle.)

Häutungen	A. Prothoraxlängen				B. Gewichte					
	Dauer der Intervalle in Tagen	a) Häute	b) Tiere	*	c) aus allen Wägungen	b) β .	Nach Ausscheidung d. folgenden Gruppen	Nur Gruppe (mit dop-peltem Intervall)	b) γ .	b) δ .
				*	a) Häute	b) Tiere	*	*		Gruppe mit Stillstand (oder teilw. Verdopp.)
II	14	—	1,34	0,096	—	2,01	0,145			
I	15	1,31	1,31	0,087	1,65	2,29	0,153			
III	13	1,30	1,38	0,106	1,94	2,26	0,174			
IV	16	1,36	1,30	0,081	2,11	2,03	0,123			
V	14	1,28	1,34	0,096	2,11	2,03	0,145			
VI	14	1,33	1,32	0,094	2,35	3,36	0,240	2,51	0,179	(3,62)
VII	21	1,26	1,28	0,061	2,54	1,52	0,072	1,80	0,086	2,23
VIII	42	1,18	1,20	0,028	1,95	1,87	0,044	2,11	0,050	1,95
IX	39	1,22	1,13	0,029	1,54	1,40	0,038	1,63	0,042	1,83
X										
IX										
Mittel:		1,28	1,29		2,02	2,09		2,07	2,16	2,13
Kubus des Mittels:		2,10	2,15	Wurzel des Mittels:	1,27	1,28		1,28	1,29	1,29
Mittel exkl. $\frac{X}{IX}$:		1,29	1,31		2,09	2,17		2,13	2,16	2,16
Mittel exkl. $\frac{IX}{VIII}$ u. $\frac{X}{IX}$:		1,31	1,32		2,12	2,21		2,13	2,17	2,19

Tabelle E.

Quotienten aus den Werten für die Messungen einer Häutungsperiode dividiert durch den entsprechenden Wert der vorhergehenden.

(* Nur jene Exemplare, welche die siebente Häutung gut überstanden haben, sind in die Tabelle aufgenommen; das Geschlecht ist nur bei jenen angegeben, welche einen solchen Reifezustand erreichten, der die äußerliche Erkennung leicht erlaubte.)

Geschlecht *	Nr. des Exemplars *	A. Prothoraxlängen										B. Gewichte									
		a) Häute					b) Tiere					a) Häute					b) Tiere				
		Einzelne Häutungen				Mittel aus den Häut. eines Exempl.	Einzelne Häutungen				Mittel aus den Häut. eines Exempl.	Einzelne Häutungen				Mittel aus den Häut. eines Exempl.	Einzelne Häutungen				Mittel aus den Häut. eines Exempl.
		VII	VIII	IX	X		VII	VIII	IX	X		VII	VIII	IX	X		VII	VIII	IX	X	
		VI	VII	VIII	IX		VI	VII	VIII	IX		VI	VII	VIII	IX		VI	VII	VIII	IX	
♀	1	1,24	1,42	1,26	1,19	1,28	1,31	1,18	1,35	1,17	1,25	2,47	2,08	1,99	2,02	2,14	1,99	1,88	2,49	1,65	2,00
♂	2	1,29	1,32	1,27	—	1,29	1,40	1,21	1,13	—	1,25	3,97	2,29	2,77	—	3,01	4,00	1,77	1,20	—	2,32
♀	3	1,30	1,38	1,23	—	1,30	1,35	1,35	1,20	—	1,30	2,41	3,60	1,83	—	2,61	2,29	2,44	1,79	—	2,17
♂	4	1,27	1,37	1,26	—	1,30	1,28	1,31	1,12	—	1,24	1,86	2,65	2,69	—	2,40	3,78	1,29	1,86	—	2,31
♀	6	1,20	1,36	1,31	1,18	1,26	1,23	1,24	1,32	1,19	1,24	1,80	2,61	1,79	2,83	2,23	4,06	1,10	2,09	1,83	2,27
♀	7	1,42	1,09	—	—	1,25	1,31	1,27	—	—	1,29	4,57	2,07	—	—	3,32	3,85	1,37	—	—	2,61
♀	8	1,36	1,32	—	—	1,34	1,34	1,28	—	—	1,31	2,15	3,92	—	—	3,03	2,31	2,92	—	—	2,11
♀	9	1,21	1,38	—	—	1,29	1,30	1,20	—	—	1,25	2,50	2,18	—	—	2,34	3,65	1,18	—	—	2,41
	10	1,33	1,35	—	—	1,34	1,32	1,36	—	—	1,34	2,27	4,85	—	—	3,56	2,56	2,56	—	—	2,10
♀	11	1,31	1,23	1,28	—	1,27	1,25	1,33	1,30	1,09	1,24	2,29	2,40	2,01	—	2,10	2,14	2,19	2,23	—	2,22
♀	13	1,32	1,38	—	—	1,35	1,41	1,35	1,18	—	1,31	2,62	2,35	—	—	2,48	2,44	2,45	—	—	2,44
♂	14	1,22	—	—	—	1,22	1,30	1,39	1,05	—	1,25	2,29	2,21	2,88	—	2,46	4,02	1,21	2,15	—	2,46
♂	15	1,61	1,24	1,28	—	1,38	1,27	1,34	1,12	—	1,24	2,49	3,26	1,37	—	2,37	3,87	1,34	1,77	—	2,33
	16	1,43	—	—	—	1,43	1,40	—	—	—	1,40	2,22	—	—	—	2,22	2,63	—	—	—	2,63

♂ 17	1,23	1,36	1,33	—	1,31	1,29	1,35	1,08	—	1,24	2,03	3,18	1,69	—	2,30	2,27	2,44	1,82	—	2,18
♂ 18	1,28	1,26	—	—	1,27	1,27	1,26	1,03	—	1,19	2,20	2,03	—	—	2,11	3,74	1,10	—	—	2,42
♂ 19	1,29	1,22	1,30	—	1,27	1,35	1,18	1,21	—	1,25	2,19	2,15	2,32	—	2,22	3,51	1,25	1,99	—	2,25
21	1,33	—	—	—	1,33	1,27	—	—	—	1,27	2,78	—	—	—	2,78	2,14	—	—	—	2,14
♀ 22	1,31	1,37	—	—	1,34	1,35	1,33	1,19	—	1,29	2,45	2,38	2,69	—	2,51	2,23	2,65	2,15	—	2,34
23	—	—	—	—	—	1,44	—	—	—	1,44	2,12	—	—	—	2,12	4,36	—	—	—	4,36
♀ 24	1,34	1,21	1,27	—	1,27	1,25	1,31	1,11	1,32	1,25	1,81	1,89	2,19	—	1,96	3,44	1,22	2,21	—	2,29
25	1,44	1,14	—	—	1,29	1,26	1,27	—	—	1,26	1,70	2,21	—	—	2,00	3,85	1,03	—	—	2,44
♀ 27	1,28	1,21	1,37	1,32	1,29	1,29	1,34	1,29	1,22	1,28	1,88	1,73	2,73	2,17	2,14	4,61	1,03	2,26	1,98	2,47
♀ 28	—	—	—	—	—	1,30	1,32	1,32	—	1,31	2,17	2,66	2,60	—	2,48	3,34	1,51	2,43	—	2,43
29	1,38	1,14	—	—	1,26	1,30	1,25	—	—	1,27	2,83	1,65	—	—	2,24	3,43	1,15	—	—	2,28
30	1,39	1,41	—	—	1,40	1,40	1,32	—	—	1,36	2,59	2,09	—	—	2,34	3,83	1,57	—	—	2,70
♂ 31	1,38	1,31	1,25	—	1,31	1,30	1,25	1,16	—	1,24	2,11	2,30	2,10	—	2,17	3,69	1,25	2,05	—	2,33
♀ 32	1,25	1,27	1,35	1,27	1,28	1,19	1,39	1,31	1,15	1,28	2,00	2,35	2,40	2,13	2,22	4,53	1,14	2,09	1,68	2,38
♀ 33	1,20	1,30	1,27	1,29	1,26	1,32	1,11	1,41	1,22	1,26	2,36	2,50	1,76	2,21	2,21	4,40	1,01	2,43	1,84	2,42
♂ 34	1,31	1,28	1,18	1,34	1,28	1,36	1,09	1,29	—	1,21	2,32	1,69	2,21	1,73	1,98	4,29	0,86	1,79	1,98	2,23
35	1,52	—	—	—	1,52	1,23	—	—	—	1,23	2,58	—	—	—	2,58	4,33	—	—	—	4,33
♂ 38	1,22	1,18	1,37	1,37	1,28	1,31	1,29	1,22	—	1,24	2,48	1,90	1,86	2,33	2,24	5,16	0,85	2,13	1,69	2,46
Mittel d. Häutungsperiode getrennt	1,32	1,29	1,28	1,28	1,29	1,31	1,28	1,21	1,18	1,27	2,41	2,47	2,21	2,20	2,32	3,45	1,57	2,05	1,81	2,22
Mittel aller Exempl.					1,31					1,24					2,35					2,46
Mittel d. verwandten Exempl.					1,28					1,27					2,34					2,31

Tabelle F.

Geschlecht	Nummer	Zeitintervalle (in Tagen) zwischen je zwei aufeinander folgenden Häutungen, erhalten durch Subtraktion des Alters während der vorangehenden von dem Alter während der nachfolgenden Häutung										Alter zur Zeit der Imaginalhäutung in Tagen	
		Berücksichtigung aller Tiere										Alle Imagines mit 9 Häut. 9 Häut.	Imagines mit 10 Häut. 10 Häut.
		II-I	III-II	IV-III	V-IV	VI-V	VII-VI	VIII-VII	IX-VIII	X-IX	Bemerkung		
♂	1	14	15	13	16	10	15	14	25	41		159	159
♂	2	14	15	13	16	12	15	22	53	—		156	156
♀	3	14	15	13	16	10	14	21	45	—		144	144
♂	4	14	15	13	16	13	16	30	50	—		163	163
♂	5	14	15	13	16	20	—	—	—	—		—	—
♀	6	14	15	13	16	11	16	17	24	37		159	159
♂	7	14	15	13	16	13	15	26	—	—		—	—
♀	8	14	15	13	16	10	15	21	62	—		162	162
♂	9	14	15	13	16	12	17	19	—	—		—	—
♂	10	14	15	13	16	10	13	17	—	—		—	—
♂	11	14	15	13	16	12	12	14	26	45		163	163
♂	12	14	15	13	16	—	—	—	—	—		—	—
♀	13	14	15	13	16	11	13	21	60	—		159	159
♂	14	14	15	13	16	11	16	25	53	—		159	159
♂	15	14	15	13	16	11	16	24	53	—		158	158
♂	16	14	15	13	16	13	12	—	—	—		—	—
♂	17	14	15	13	16	9	14	18	67	—		162	162
♂	18	14	15	13	16	11	18	26	50	—		159	159
♂	19	14	15	13	16	14	13	23	55	—		159	159

reg. VI/VII

[illegible]

Werte für
die Kurve
1 Tag =
0,54 mm

Tabelle G

liefert die Bestimmungspunkte für die Kurven, welche als Figuren mit den zu den Kolonnenköpfen dieser Tabelle analogen Buchstaben bezeichnet sind¹⁾.

	A. Durchschnittliche Prothoraxlänge mm					B. Durchschnittliches Gewicht 10-5 g				
	a) Haut			b) Tier		a) Haut			b) Tier	
	1) aus den Messungen		2) berechnet durch fortges. Div. der letzten Zahl durch die dritte Wurzel aus 2, d. l. 1,26	1) aus den Messungen	2) berechnet durch fortges. Div. der letzten Zahl durch die dritte Wurzel aus 2, d. l. 1,26	1) aus den Wägungen		2) berechnet durch fortges. Division der letzten Zahl durch 2	3) aus den korrigierten Wägungen	
	num.	log.		num.	log.	num.	log.	num.	num.	num. β)
I	—	—	—	2,26	0,354	—	—	—	362	362
II	2,30	0,362	2,77	3,03	0,481	15	1,176	15	728	728
III	3,11	0,493	3,48	3,99	0,601	24	1,380	29	1670	1670
IV	4,04	0,606	4,38	5,49	0,740	47	1,672	58	3765	3765
V	5,51	0,741	5,52	7,13	0,853	99	1,996	117	7642	7642
VI	7,06	0,849	6,95	9,60	0,982	209	2,320	235	15503	15503
VII	9,40	0,973	8,75	12,66	1,102	491	2,691	471	51997	38993
VIII	12,04	1,081	11,02	16,21	1,210	1254	3,098	942	79213	70122
IX	14,91	1,173	13,88	19,36	1,287	2441	3,388	1885	148278	148072
X	17,49	1,243	17,49	21,90	1,340	3770	3,576	3770	207874	241621
Kurven	ausgezogen	gestrichelt	ausgezogen	gestrichelt	ausgezogen	ausgezogen	gestrichelt	ausgezogen	gestrichelt	fettg.
	1 mm gibt 0,1 mm obiger Kolonnen wieder	1 mm gibt 0,1 mm obiger Kolonnen wieder	1 mm = 0,0001 g	1 mm = 0,01 g	1 mm = 0,01 g	1 mm = 0,01 g	1 mm = 0,01 g	1 mm = 0,01 g	1 mm = 0,01 g	1 mm = 0,01 g

¹⁾ Die Werte für die zu den punktierten, die Entwicklungszeit mitberücksichtigenden Kurven sind aus der letzten Horizontalreihe der Tabelle F ersichtlich (Abschnitte der Abszissenachse); die hierzu gehörigen Ordinatenzahlen sind dieselben wie für die schwachausgezogenen Kurven Figur Aa, Ab, Ba und Bb.

Tabelle H.
Gewichte der eben ausgeschlüpften Imagines.

Männchen mit IX Häutungen				Männchen mit X Häutungen				Weibchen mit IX Häutungen				Weibchen mit X Häutungen			
Nr.	vorkommende Unregelmäßigkeiten	g	Nr.	vorkommende Unregelmäßigkeiten	g	Nr.	vorkommende Unregelmäßigkeiten	g	Nr.	vorkommende Unregelmäßigkeiten	g	Nr.	vorkommende Unregelmäßigkeiten	g	
2	Intervall	1,32724	34	Regeneration	1,26114	3	Intervall	1,99245	1	0	2,64413				
4	-	1,29471	38	Abnahme	1,20897	8	-	[Krüppel]	6	2	2,53889				
15	-	1,47502				13	-	[-]	11	0	[Krüppel]				
17	1 1/2	1,66578				22	-	2,34445	24	2	[-]				
18	2	[Krüppel]				28	-	2,26769	27	-	2,48847				
19	-	1,50900							32	-	1,95788				
31	-	1,48460							33	-	2,45138				
Durchschnitt:		1,45906			1,23505			2,20153			2,41621				
Durchschnitt aus allen Männchen:					1,40331	Weibchen:					2,38570				
Durchschnitt aus allen Tieren beiderlei Geschlechts mit Häutungen:					IX 1,70677					X 2,07874					

Tabelle J.

Durchschnittliche absolute Zuwachse (s), erhalten durch Subtraktion des Durchschnittes der Längen oder Gewichte jeder Häutungsperiode von dem Durchschnitt der folgenden, und absolute Zuwachsgeschwindigkeit ($\frac{s}{t}$), erhalten durch Division der Zuwachszahlen durch Zeitdauer der Häutungsperiode in Tagen (t).

Häutungen	t	A. Prothoraxlängen				B. Gesamtgewichte					
		a) Häute		b) Tiere		a) Häute		b) Tiere		ρ korrigierte Werte ¹⁾	
		s mm	$s:t$ mm pro Tag	s mm	$s:t$ mm pro Tag	s g	$s:t$ g pro Tag	s g	$s:t$ g pro Tag	s g	$s:t$ g pro Tag
II—I	14			0,77	0,055			0,00366	0,000261		
III—II	15	0,81	0,054	0,96	0,064	0,00009	0,000006	0,00942	0,000628		
IV—III	13	0,93	0,072	1,50	0,115	0,00023	0,000018	0,02095	0,001612		
V—IV	16	1,47	0,092	1,64	0,103	0,00032	0,000033	0,03877	0,002423		
VI—V	14	2,55	0,182	2,47	0,177	0,00110	0,000079	0,01861	0,005615		
VII—VI	14	2,34	0,167	3,06	0,219	0,00282	0,000201	0,36494	0,026068	0,23490	0,016779
VIII—VII	21	2,64	0,126	3,55	0,179	0,00763	0,000363	0,27216	0,012960	0,31129	0,014824
IX—VIII	42	2,87	0,068	3,15	0,075	0,01187	0,000283	0,69065	0,016444	0,77950	0,018083
X—IX	39	2,58	0,067	2,54	0,065	0,01329	0,000341	0,59596	0,015281	0,93549	0,023987

¹⁾ Vgl. Tabelle B (Kolonne B 3 b).

Tabelle K.
Berechnung der gesamten Chitinproduktion.
($a = 7,5 \times 10^{-5}$ g).

Häutung n	1) Durchschnittliches Gewicht der Häute einer Häutungs- periode (10-5 g)		2) Im Körper zurück- gebliebene Chitinmenge = Hautgewicht der fol- genden Häutungsperiode		3) Gewicht der Häute und der zurückgebliebenen Chitin- menge, also Chitingewicht vor der betr. Häutung. Summe der Kolonnen 1 und 2		4) Gesamte bis zu der be- treffenden Häutung abgewor- fene Menge von Chitin. Summen der Reihen von Kolonne 1		5 ¹⁾ Gesamte bis zu der be- treffenden Häutung produ- zierte Menge von Chitin. Summen der Kolonnen 2 und 3		6) 1) Loga- rithmen zu d. Kolonne 5 auf Grund der Beobach- tung ange- nommenen Zahlen
	beob- achtet	berechnet $a \cdot 2^{n-1}$	auf Grund der Beob. angenommen	berechnet $a \cdot 2^n$	auf Grund der Beob. angenommen	berechnet $a(2^{n-1} + 2^n)$ $= 3a \cdot 2^{n-1}$	auf Grund der Beob. angenommen	berechnet $a(2^n - 1 + 2^{n-2} + \dots + 2^{n-n})$	auf Grund der Beob. angenommen	berechnet $(a \cdot 2^n + 2^{n-1} + \dots + 2^{n-n})$	
I.	7,5	7,5	15	15	22	22	7,5	7,5	22	22	1,342
II.	15	15	24	29	39	44	22	22	46	52	1,663
III.	24	29	47	58	71	87	46	51	93	112	1,968
IV.	47	58	99	117	146	175	93	109	192	232	2,283
V.	99	117	209	235	308	352	192	216	401	472	2,603
VI.	209	235	491	471	700	706	401	451	892	952	2,950
VII.	491	471	1254	942	1745	1413	892	922	2146	1912	3,332
VIII.	1254	942	2441	1885	3495	2827	2146	1864	4587	3833	3,662
IX.	2441	1885	3770	3770	6211	5655	4587	3749	8357	7672	3,922
X.	3770	3770	7540	7540	11310	11310	8357	7519	15897	15352	4,201

¹⁾ Kolonnen 5 und 6 geben die Bestimmungspunkte für die ausgezogenen Kurven der Fig. K, die kursiv gedruckten Ziffern der 5. Kolonne für die gestrichelte Kurve derselben Figur. Für die Absissenabschnitte der punktierten Kurve dieser Figur ist 0,54 mm = 1 Tag und die Zeiten sind aus Tabelle F für alle X, bzw. Punkt-Strich-Kurve für IX Häutungen ersichtlich.

Tabelle L.
Gewichte der Raupen des Seidenspinners, *Bombyx mori*
(nach den Wägungen von LUCIANI und LO MONACO).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Abezissen Kurve L. punktiert, 1 Tag = 3,00 mm	Alter in Tagen	Anzahl der Raupen	Durchschnitt- liches Gewicht einer Raupe in g	Stadium	Gewicht am Ende der betr. Periode	Quotient der folgen- den Zahl durch die vorher- gehende	Nächste Potenz von 2	Durch fortge- setzte Division der Zahl 1,615 mit der neben- stehenden Potenz von 2 berechnet	Auf analoge Weise, aber von 6,7463 als besten Wert be- rechnet; letzte Zahl 1,4930, erhalten durch $\times 2$	Zeit zwischen zwei Häutungen	Zeit eines Teilungsschrittes zwischen zwei Häutungen
0	0	1000	0,000375	Ausschlüpfen	0,000375	—	—	0,000393	0,000364	7	1,75
	1	-	0,000574								
	2	-	0,001061								
	3	-	0,001772								
	4	-	0,002345								
	5	-	0,003766								
	6	-	0,004574								
21	7	-	0,005157	1. Häutung	0,005157	13,99	24=16	0,006292	0,005832	6	2,00
	8	-	0,007676								
	9	-	0,009892								
	10	-	0,01697								
	11	-	0,02493								
39	12	-	0,03240	2. Häutung						7	3,50
	13	-	0,03470			6,73	23=8	0,050335	0,046656		
	14	-	0,04376								
	15	-	0,05168								
	16	-	0,07738								
	17	-	0,1083								
	18	-	0,1486								

60	19	0,1724	} 3. Häutung	0,1746	5,03	2 ² = 4	0,2014	0,186625	} 8	4,00
	20	0,1746								
	21	0,1868								
	22	0,2550								
	23	0,3486								
	24	0,4664	} 4. Häutung						} 12	12,00
	25	0,6987								
	26	0,8142								
	27	0,8160								
	28	0,7465		0,7465	4,28	2 ² = 4	0,8075	0,7465		
84	29	0,8772	} Purgation						} 12	12,00
	30	1,127								
	31	1,362								
	32	1,785								
	33	2,775								
	34	3,332	} Spinnen des Kokons						} 12	12,00
	35	4,404								
	36	3,179								
	37	2,676								
	38	2,214								
	39	1,838	} Kokons						} 12	12,00
120	40	1,615		1,615	2,16	2 ¹ = 2	1,615	1,493		
				ausgezogen			gestrichelt	stark ausgezogen		
Figur H: Ordinaten 0,01 g = 1 mm; der Kurve:										

IX. Verzeichnis der Figuren.

Fig. A—K beziehen sich auf *Sphodromantis bioculata* Burm. (In allen Kurven sind die beobachteten Werte ausgezogen, die berechneten gestrichelt, die zeitlichen punktiert oder, wenn bloß die Tiere mit IX Häutungen berücksichtigt, durch Punkt und Strich bezeichnet.) Die römischen Ziffern bedeuten Häutungen.

- Fig. A. Kurven der durchschnittlichen Prothoraxlängen. *a* Häute, *b* Tiere; Bestimmungspunkte vgl. Tab. G, Kol. Aa u. Ab und Anmerkung.
- B. Kurven der durchschnittlichen Gewichte. *a* Häute, *b* Tiere; Bestimmungspunkte vgl. Tab. G, Kol. Ba u. Bb und Anmerkung.
 - C. Durchschnittliche Prothoraxlängenzunahmen von Häutung zu Häutung. *a* Häute, *b* Tiere; vgl. Quotienten Tab. D, Kol. Aa u. Ab.
 - D. Durchschnittliche Gewichtszunahmen von Häutung zu Häutung. *a* Häute, *b* Tiere; vgl. Quotienten Tab. D, Kol. Ba u. Bb.
 - E. Variationspolygon der zwischen zwei Häutungen vorgekommenen Vervielfachungen der Gewichte in den Häutungen VII—X. *a* Häute, *b* Tiere. Gruppierung vgl. den Text.
 - F. Kurven der Längen für das einzelne Tier Nr. 1. *a* Haut, *b* Tier; vgl. Tab. C Ex. 1 (und Tab. G).
 - G. Kurven der Gewichte für das einzelne Tier Nr. 1. *a* Haut, *b* Tier; vgl. Tab. C Ex. 1 (und Tab. G).
 - H. Halsschild (Prothorax) einer *Sphodromantis*-Haut von oben, in seiner Lage an der ganzen, abgeworfenen Haut.
 - J. Halsschild (Prothorax) der *Sphodromantis* von oben.
 - K. Kurven der Chitinproduktion, vgl. Tab. K, Anm.

Fig. L. Kurven für das Wachstum der Seidenspinnerraupe (*Bombyx mori* L.) unter Benutzung der Daten von LUCIANI und LOMONACO, vgl. Tab. L; die arabischen Ziffern auf der Abszissenachse bedeuten die Häutungen, die römischen die angenommenen Teilungsschritte, vgl. Text.

Fig. A a.

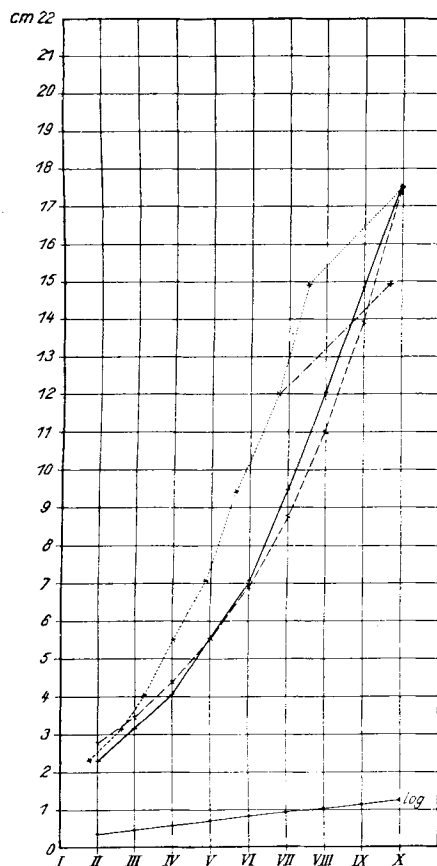


Fig. A b.

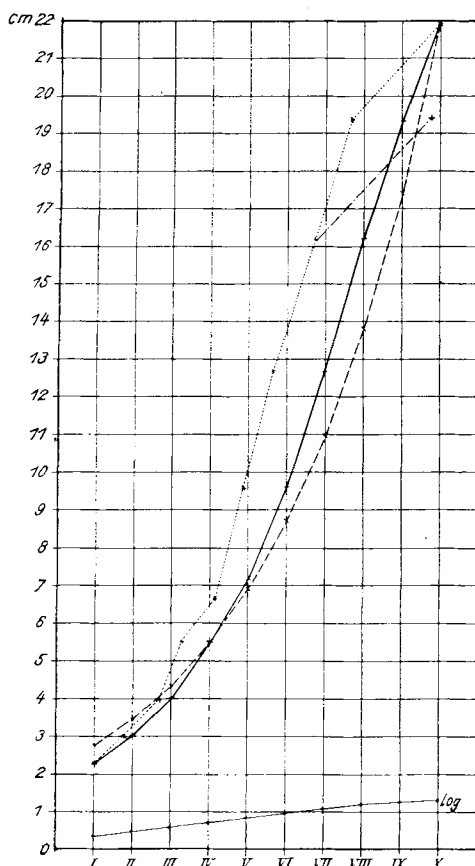


Fig. H.

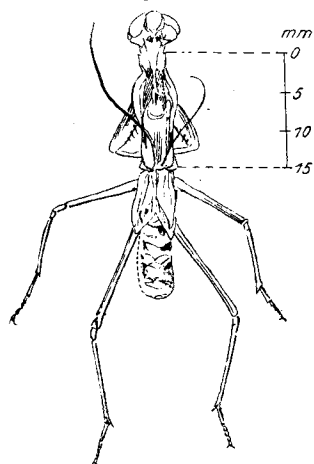


Fig. J.

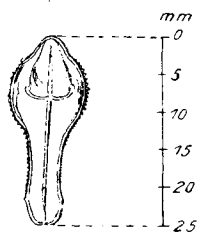


Fig. B a.

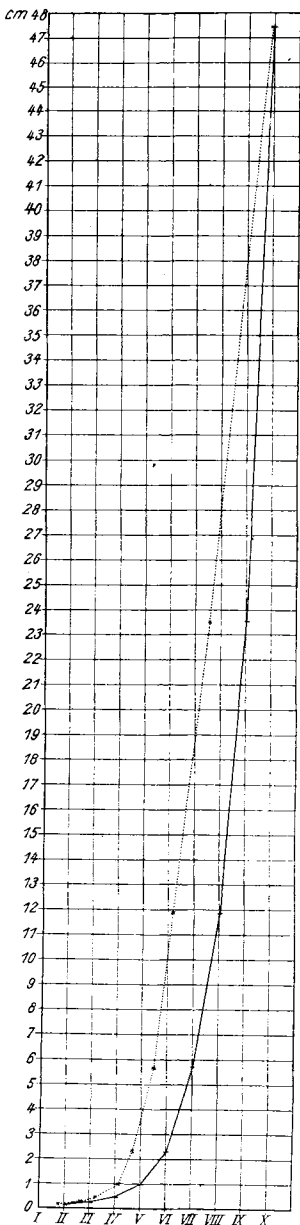


Fig. B b.

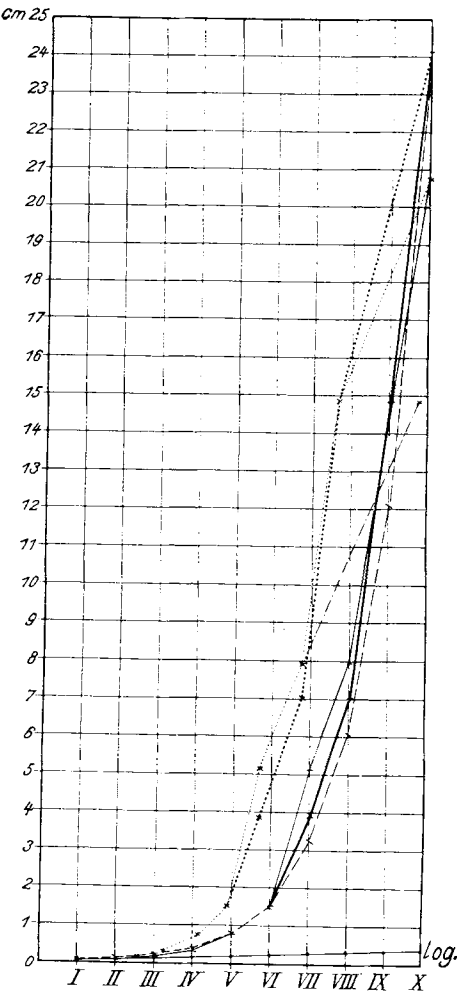


Fig. C a.

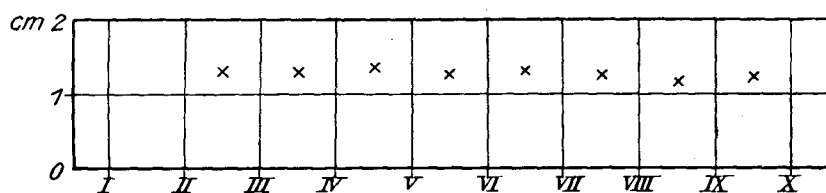


Fig. C b.

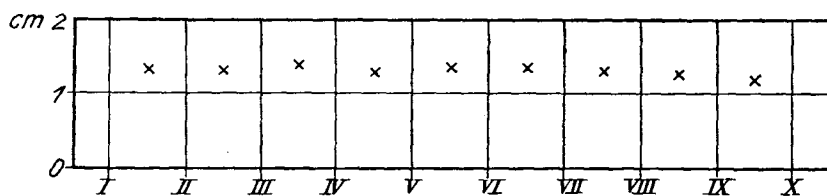


Fig. D a.

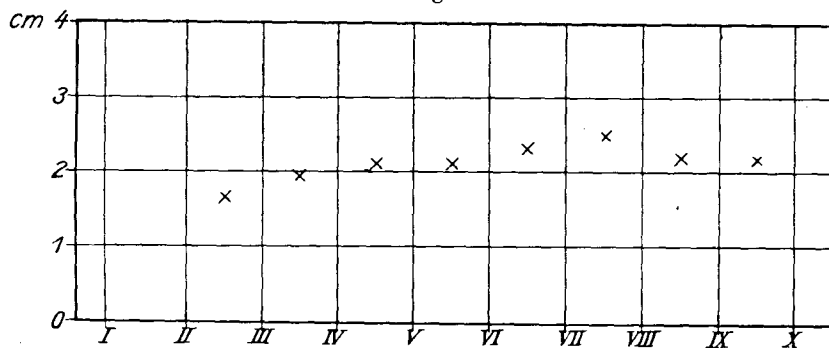


Fig. D b.

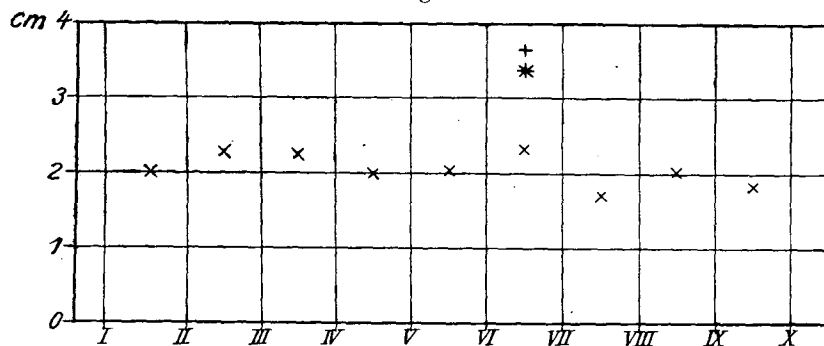


Fig. E a.

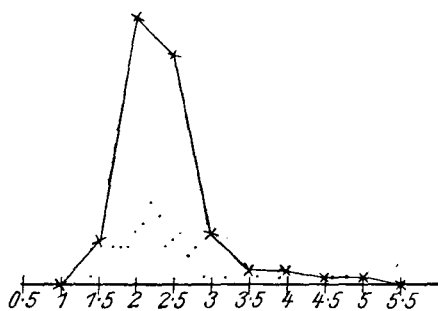


Fig. E b.

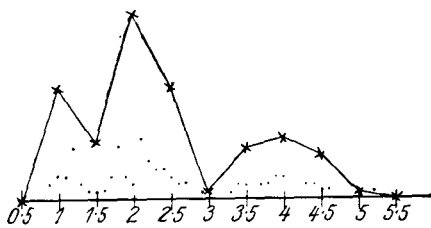


Fig. F a.

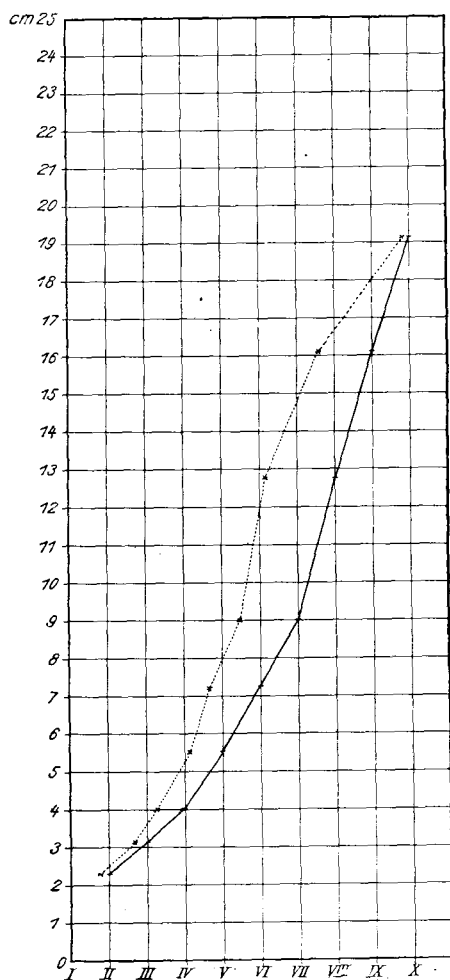


Fig. F b.

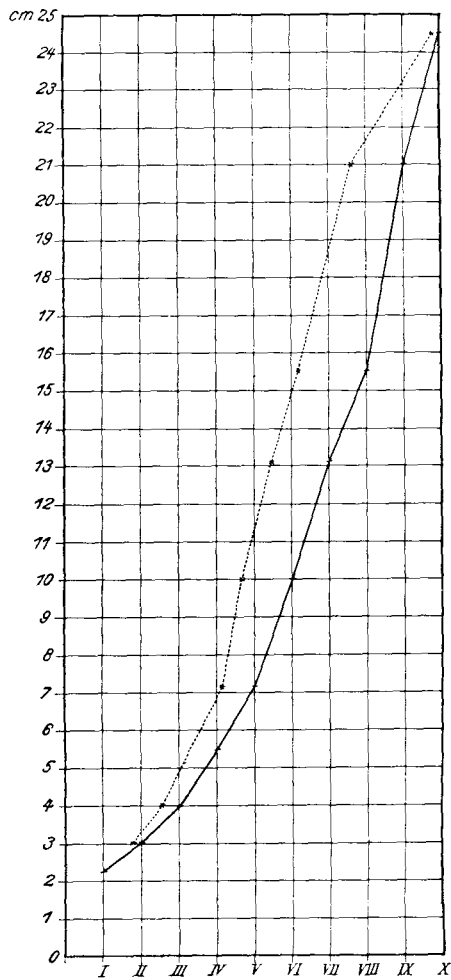


Fig. G a.

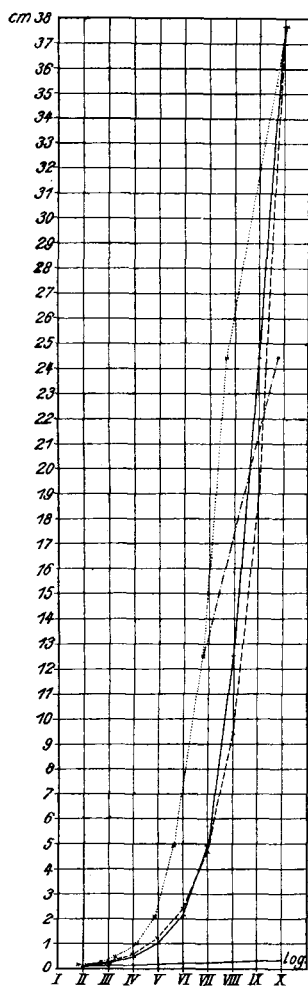


Fig. G b.

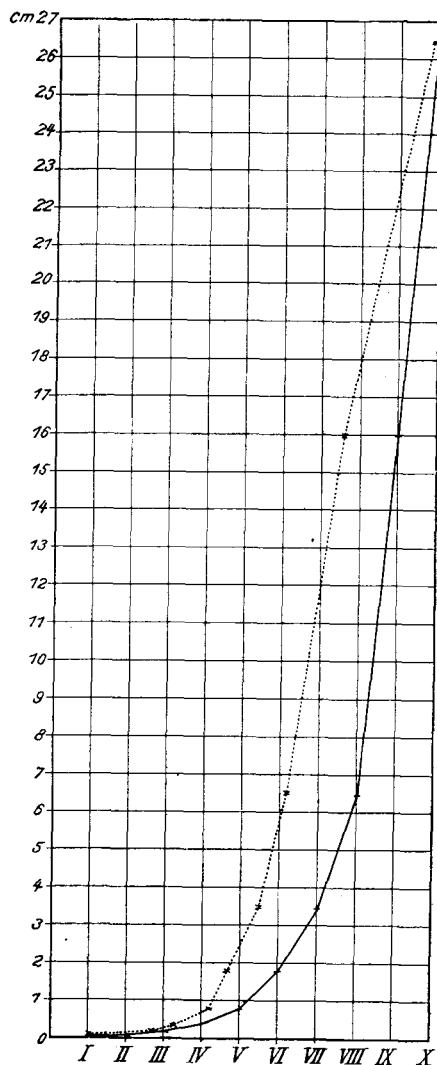


Fig. K.

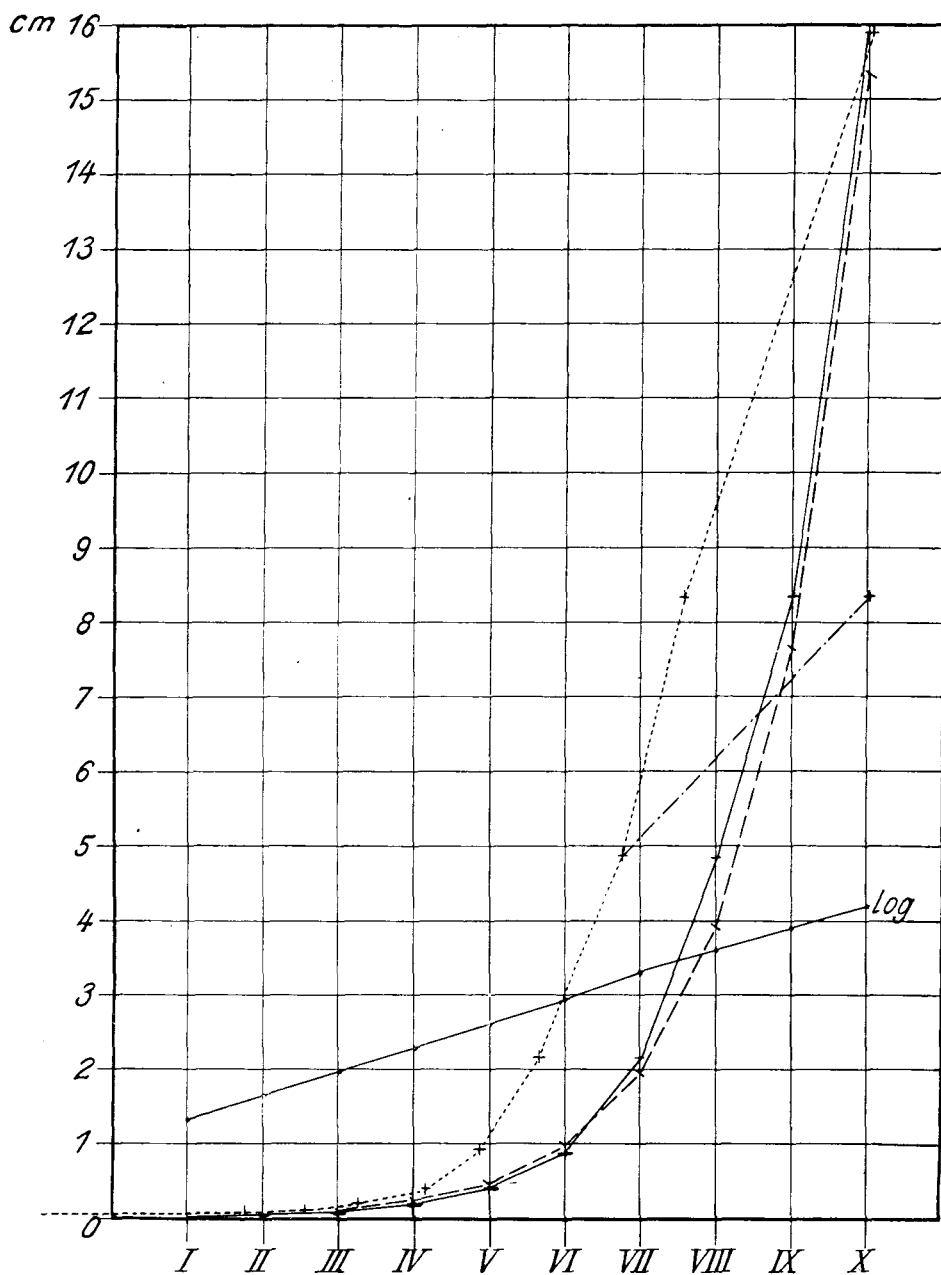


Fig. L.

