

- Reitter, E., Fauna germanica. Die Käfer des Deutschen Reiches 5, 264, 1916.
- Ritzema-Bos, Tierische Schädlinge u. Nützlinge, p. 296. Berlin 1891.
- Schilling, von, Praktischer Ratgeber im Obst- und Gartenbau. 1901, 25.
- Schmidt, E., Bemerkungen über einige deutsche Rüsselkäfer aus der Gattung *Rhynchites*. Zeitschr. f. wissensch. Ins.-Biologie 19, 187—190, 1924.
- Schreiner, J. F., Species of *Rhynchites* and *Anthonomus pomorum* injuring orchards. Mem. Bur. Ent. Sci. Com. Central Board Land Administration a. Agriculture, No. 14, 65. Petrograd 1914.
- Shtchegolev, J. M., Insect pests and diseases of plants noticed in the gvt. of Taurida during 1914. Rep. on the work of the Assist. Entomol. of the Zemstvo of the gvt. of Taurida in 1914/19. Simferopol 1915.
- Sorauer-Reh, Handb. d. Pflanzenkrankheiten 5 (Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen), 263, 1932.
- Taschenberg, E. L., Entomologie f. Gärtner u. Gartenfreunde, p. 95—96. Leipzig 1871.
- , Prakt. Insektenkunde, I. Teil, p. 196—197. 1879.
- Wenk, F., Starkes Auftreten von wenig beachteten kleinen Obstbaumfeinden. Geisenh. Mitt. üb. Obst- u. Gartenbau 25, 4—5, 1910.
- Woroniecka, J., Schädlinge der Felder, Gärten u. Wälder, die im Gebiet von Pulawy u. Umgebung i. J. 1923 auftraten. Systematisch-biologische Übersicht. Mem. Inst. nat. polon. Econ. rur. Pulawy 4, 341—359, 1923.
- Zacher, Fr., Der Birnenknospenstecher und andere Schädlinge im Havelobstgau. Verh. Deutsche Ges. angew. Ent. 3, 66, 1921.
- Zimmermann, H., Die Obstbauschädlinge aus der Familie der Rüsselkäfer. Blätter für Obst-, Wein- u. Gartenbau (Brünn) 3, 84, 1905.

## Ueber die Sicherheit der Voraussage von Schlüpfterminen bei Schadinsekten.

Von Hans Maercks, Neustadt (Weinstraße).

(Aus dem Laboratorium für ökologische Zoologie der Biologischen Reichsanstalt, Berlin-Dahlem).

(Mit 3 Textfiguren).

Für die erfolgreiche Bekämpfung von Schadinsekten ist es häufig notwendig zu wissen, wann die zu bekämpfenden Stadien frühestens erwartet werden können. Das ist besonders wichtig in solchen Fällen, wo die Räumchen gleich nach dem Schlüpfen sich einbohren, wie dies z. B. bei den Traubenwicklern oder beim Apfelwickler der Fall ist. Die Arbeitsmethoden zur Erreichung dieses Ziels sind entweder phänologisch oder experimentell. Voraussetzung für eine Prognose auf experimenteller Grundlage ist die Kenntnis von der Klimaabhängigkeit der vorhergehenden Stadien. Das Ziel aller in dieser Richtung gehenden Untersuchungen war, auf Grund weniger Beobachtungen bei leicht zugänglichen Temperaturen die Entwicklungsdauer der betreffenden Stadien auch für jede andere in der freien Natur auftretende mittlere Temperatur rechnerisch zu ermitteln. Die Lösung

dieser Aufgabe hat sich als nicht so einfach herausgestellt, wie es anfänglich schien. Wir wissen heute, daß sie nur durch exakte Forschungsarbeit auf streng physiologischer Basis zu erreichen sein wird, und daß vorschnelle, auf gelegentlichen Beobachtungen fußende Schlufffolgerungen in der land- und forstwirtschaftlichen Praxis sehr leicht zu Fehldiagnosen führen. Besonders der Einfluß von wechselnden Temperaturen und der Einfluß kurzdauernder Temperaturextreme, wie sie in der freien Natur häufig sind, bedarf einer sehr eingehenden experimentellen Untersuchung, ehe sich völlig gesicherte Aussagen machen lassen (vgl. E. Janisch 1930, Kaufmann 1932, Gößwald 1935). In der praktischen Schädlingsbekämpfung aber ist die Forderung durchaus berechtigt, auch heute schon aus den bisher erarbeiteten Erkenntnissen soviel Nutzen zu ziehen, wie irgend möglich ist.

Auf Grund der ersten durch empirische Ermittlungen festgestellten Beziehung zwischen Temperatur und Entwicklungsdauer der Insekten wird in der land- und forstwirtschaftlichen Praxis die Berechnung der Entwicklungsdauer vielfach mit Hilfe der Hyperbelgleichung nach Blunck vorgenommen, obgleich bekannt ist, daß sie nur zu Überschlagsrechnungen in gewissen Temperaturbezirken brauchbar ist. Demgegenüber ist durch die Arbeiten von Janisch sicher gestellt, daß die physiologische Beziehung zwischen Temperatur und Entwicklungsdauer der Insekten am vollkommensten durch eine Kettenlinie wiederzugeben ist. Entscheidend für diese Feststellung waren die höheren Temperaturen, die eine Entwicklungsverzögerung gegenüber einem kürzesten bei einer bestimmten Temperatur erreichten Wert hervorrufen. Diesen Verzögerungen kann die Hyperbel nicht folgen, da sie sich asymptotisch der  $x$ -Achse nähert, während sie von der Kettenlinie gut erfaßt werden.

Bei der Hyperbel lassen sich die Konstanten aus zwei beliebigen Punkten der Kurve bestimmen, und man glaubte daher, mit Beobachtungen bei zwei wahllos herausgegriffenen Temperaturen auskommen zu können, um die Entwicklungszeiten für die übrigen Temperaturen wenigstens angenähert zu berechnen. Bei der symmetrischen Kettenlinie dagegen ist zur Konstantenberechnung neben einem beliebigen ein ganz bestimmter Punkt, nämlich das Minimum erforderlich<sup>1)</sup>. Um dieses Minimum durch Inter- bzw. Extrapolation zu bestimmen, müssen aber die Beobachtungen auf mindestens drei verschiedene Temperaturen ausgedehnt werden. So

<sup>1)</sup> Für die asymmetrische Kettenlinie muß zur Bestimmung des Nullpunktes das Temperaturoptimum durch Beobachtung der Sterblichkeit festgestellt werden. Von der asymmetrischen Kettenlinie soll aber hier abgesehen werden, da die symmetrische Kettenlinie für mittlere Entwicklungszeiten und Beobachtungen bei mehr oder weniger schwankenden Temperaturen im allgemeinen zunächst ausreicht.

war man schon wegen der Anzahl der erforderlichen Beobachtungen geneigt, die Hyperbel vorzuziehen. Hinzu kam, daß bei Untersuchungen über die Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsdauer in vielen Fällen eine Hyperbel gefunden werden konnte, die in dem praktisch wichtigen Temperaturbereich die empirischen Daten mit einer einigermaßen für die Praxis ausreichenden Genauigkeit erfaßte<sup>1)</sup>. Man glaubte daher, auch für die Prognose dann mit der Hyperbelformel auskommen zu können, wenn es sich um Voraussagen für Wärmegrade handelte, die außerhalb des untersuchten Temperaturbereichs lagen.

In den erwähnten Fällen liegt eine größere Zahl von Beobachtungen auch bei tieferen Temperaturen vor, die der Berechnung zugrunde gelegt werden können und dann auch vielfach zu einer ausreichend angenäherten Hyperbel führen. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß in solchen Fällen, wo zahlreiche Daten beobachtet sind, für die Praxis eine Berechnung überhaupt überflüssig ist; denn es genügt eine freihändig durch die beobachteten Punkte hindurchgelegte Linie, an der die fehlenden Zwischenwerte einfach abgelesen werden können. Die eigentliche Aufgabe aber ist eine ganz andere. Zur Prognose will man nach möglichst wenigen Beobachtungen die Entwicklungsdauer für die übrigen Temperaturen berechnen. Dabei fehlen aber im allgemeinen Untersuchungen für die niedrigen Temperaturen, weil diese meist in Ermangelung geeigneter Anlagen technisch schwieriger zu erreichen sind als höhere. Es kommt vom Standpunkt der Praxis aus gesehen nicht darauf an, eine von vielen möglichen Hyperbeln zu finden, die den beobachteten Daten praktisch genügt. Die Aufgabe besteht vielmehr darin, aus einigen wenigen Daten, die bei mittlerer und höherer Temperatur ermittelt werden, die Entwicklungszeiten für die übrigen Temperaturen außerhalb des untersuchten Temperaturbereichs zu bestimmen, für die keine Beobachtungen vorliegen. Dabei muß die zur Berechnung benutzte mathematische Kurve die Gewähr dafür bieten, daß sie auch bei niedrigen Temperaturen, wie sie z. B. im Frühjahr und Herbst vorliegen, einigermaßen sichere Voraussagen gestattet. Ferner sollen die einzelnen Kurven, die aus den Beobachtungen verschiedener Temperaturpaare im mittleren Bereich der Temperaturskala berechnet werden, sich praktisch angenähert decken. In welchem Maße Hyperbel und Kettenlinie diesen Anforderungen genügen, soll im folgenden an einigen Beispielen untersucht werden.

Bereits Janisch (1931, p. 324) zeigte für die Temperaturabhängigkeit der vorimaginalen Entwicklung der Baumwollwanze *Oxycaenus hyalinipennis*, daß der Verlauf der Hyperbel durchaus verschieden ist,

<sup>1)</sup> vgl. z. B. Bodenheimer und Gutfeld (1929), Bremer und Kaufmann (1931), Zwölfer (1931).

je nachdem welche Beobachtungspunkte der Berechnung zugrunde gelegt werden. Eine Vorstellung von der je nach Wahl der Ausgangspunkte verschiedenen Lage der Hyperbel und ihrer Abweichung von den mittleren Beobachtungszeiten gibt Fig. 1 für die Embryonalzeit des Rüsselkäfers *Sitona lineata*. Die Temperaturabhängigkeit der Eizeiten dieses Käfers wurde von Andersen untersucht. Andersen (1930, fig. 1,

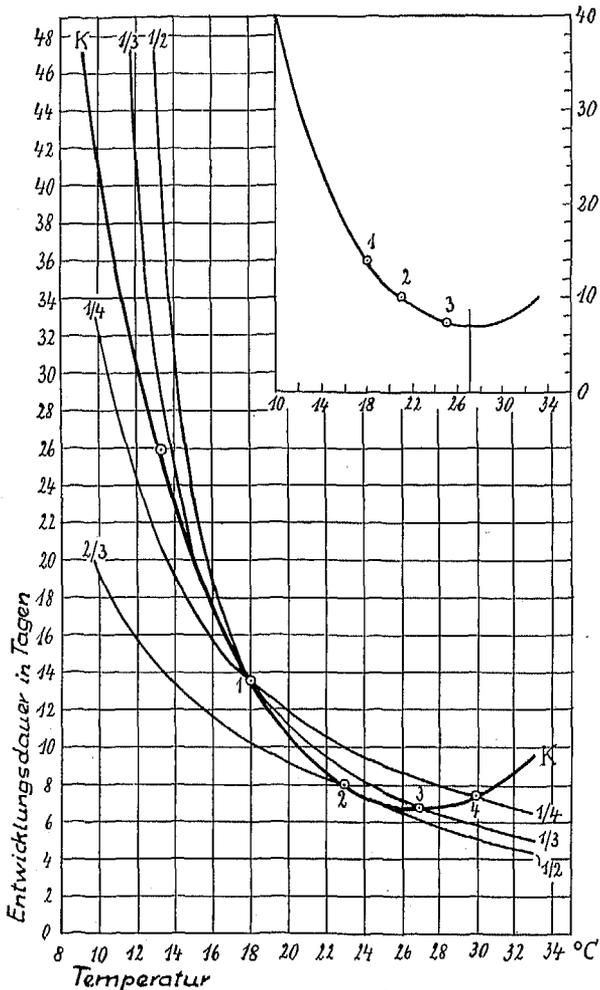


Fig. 1. Die Temperaturabhängigkeit der Embryonalentwicklungsdauer von *Sitona lineata*, dargestellt durch eine Kettenlinie und verschiedene Hyperbeln. Mit *K* bezeichnet: die Mittelwertskurve (symmetrische Kettenlinie); dünner: die mit den Punkten 1—4 berechneten Hyperbeln. — Beifigur: die graphische Ermittlung der kürzesten Entwicklungszeit (Minimum) mit den empirischen Daten in 8 beliebigen Temperaturen.

p. 661) fand als Mittelwertskurve eine symmetrische Kettenlinie, die sich den beobachteten Entwicklungszeiten gut einschmiegt. Ihre Formel lautet:  $t = \frac{m}{2} \left( a^T + a^{-T} \right)$  für  $t =$  Entwicklungsdauer,  $T =$  Temperaturgrade vom Entwicklungsdauerminimum als Nullpunkt aus gezählt. Ihre Konstanten sind für die Eier von *Sitona lineata*  $a = 1,158$  und  $m = 6,75$  mit einem Nullpunkt bei  $27^\circ$ . In Fig. 1 ist diese Kettenlinie als dick ausgezogene Linie ( $K$ ) wiedergegeben. Auf ihr sind vier Punkte (1 bis 4) im mittleren und höheren Temperaturbereich markiert. Mit den ihnen entsprechenden biologischen Daten können 4 Hyperbeln berechnet werden, die als dünnere Linien in Fig. 1 eingezeichnet sind. An ihren Enden sind die Punkte angegeben, aus denen sie berechnet wurden.

Die Gleichung der Hyperbel lautet:  $t(T-c) = k$ , in der  $t$  die Entwicklungsdauer,  $T$  die Temperatur in  $^\circ\text{C}$ ,  $c$  der hypothetische Entwicklungsnullpunkt,  $k$  eine Thermalkonstante bedeuten.

Die Lage der 4 Hyperbeln ist durchaus verschieden und richtet sich danach, welche Beobachtungspaare für die Berechnung ihrer Konstanten zugrunde gelegt werden. Bei niedrigen Temperaturen entfernen sie sich z. T. recht erheblich von der Mittelwertskurve  $K$ . Unterhalb  $18^\circ$  weicht die Hyperbel  $\frac{1}{2}$  am stärksten nach oben und die Hyperbel  $\frac{2}{3}$  am stärksten nach unten ab. Dazwischen liegen die Hyperbeln  $\frac{1}{3}$  und  $\frac{1}{4}$ , von denen unterhalb  $13^\circ$  Hyperbel  $\frac{1}{4}$  am besten an die Mittelwertskurve herankommt. In der Tabelle sind die Konstanten der Hyperbeln aufgeführt und die mit ihnen errechneten Entwicklungszeiten (in Tagen) zu den mittleren Entwicklungszeiten in Vergleich gestellt. Außer bei den Entwicklungsnullpunkten ( $c$ ), die zwischen  $10,9^\circ$  und  $0,83^\circ$  schwanken, und den Thermalkonstanten ( $k$ ) sind auch die Unterschiede zwischen den Entwicklungszeiten z. T. so erheblich, daß sie von der Praxis nicht unbeachtet gelassen werden können.

Abweichungen der Hyperbeln von den beobachteten mittleren Entwicklungszeiten der Eier *Sitona lineata*.

Temperatur $^\circ\text{C}$	Mittelwertskurve als Kettenlinie $m = 6,75$ $a = 1,158$	Hyperbel $\frac{1}{2}$ $c = 10,9^\circ$ $k = 96,5$	Hyperbel $\frac{1}{3}$ $c = 9,1^\circ$ $k = 121$	Hyperbel $\frac{1}{4}$ $c = 4,82^\circ$ $k = 186$	Hyperbel $\frac{2}{3}$ $c = 0,83^\circ$ $k = 176$
$8^\circ$	55	$\infty$	$\infty$	50,6	24,6
$10^\circ$	41	$\infty$	134,3	32,8	19,4
$13^\circ$	26,8	46	31	21,4	14,4
$15^\circ$	20,2	23,5	20,5	17,4	12,5

Schon für  $15^\circ$  besteht zwischen Hyperbel  $\frac{1}{2}$  und Hyperbel  $\frac{2}{3}$  eine Differenz von 11 Tagen. Angenommen, es wurden im Experiment die

Schlüpfzeiten für 23° (Punkt 2) und 27° (Punkt 3) beobachtet, so errechnet sich für 15° eine Entwicklungsdauer von 12,5 Tagen. Dagegen würden die Larven erst nach 23,5 Tagen zu erwarten sein, wenn bei 18° (Punkt 1) und 23° (Punkt 2) beobachtet wurde. Im Vergleich zur tatsächlichen mittleren Entwicklungszeit von 20,2 Tagen kann höchstens der letzte Wert als praktisch angenähert gelten. Für 13° liegt der mit Hyperbel  $\frac{2}{3}$  errechnete Wert bereits um rund 31 Tage unter dem nach  $\frac{1}{2}$  zu erwartenden. Angenommen, es sollten frisch geschlüpfte Larven bekämpft werden, so ergibt sich für den Beginn der Bekämpfungsmaßnahmen ein Unterschied von einem vollen Monat. Im Vergleich zur beobachteten mittleren Entwicklungszeit liegt der aus Hyperbel  $\frac{2}{3}$  errechnete Wert um rund 12 Tage zu tief, der aus  $\frac{1}{2}$  folgende um 19 Tage zu hoch. Die Bekämpfung würde also etwa um eine Woche zu früh einsetzen, wenn man sich nach der Prognose richtet, die auf Beobachtungen für 23° und 27° fußt, und die Bekämpfungsmittel können zu dem Zeitpunkt, an dem die Larven tatsächlich schlüpfen, schon an Wirksamkeit verloren haben. Hält man sich dagegen an die von 18° und 23° ausgehende Prognose, so wird man um rund drei Wochen zu spät kommen, so daß die Larven schon nicht mehr der Bekämpfung zugänglich sein können. Besser angenähert sind für 13° die Hyperbeln  $\frac{1}{3}$  und  $\frac{1}{4}$ , wenn sie auch um 5 Tage zu hoch bzw. zu tief liegen. Die Kettenlinie als Mittelwertskurve erfaßt dagegen die bei 13,3° von Andersen beobachtete Entwicklungsdauer von 26 Tagen einwandfrei.

Noch unsicherer wird die mit der Hyperbelformel durchgeführte Prognose für 10°. Berechnet man mit den für 18° (Punkt 1) und 23° (Punkt 2) ermittelten Daten, dann würden bei 10° überhaupt keine Larven mehr zu erwarten sein, da nach Hyperbel  $\frac{1}{2}$  der Entwicklungsnullpunkt bei 10,9° liegt. Nach Hyperbel  $\frac{1}{3}$  ergibt die Berechnung eine um rund 3 Monate verzögerte Entwicklungszeit. Dagegen werden die Larven nach Hyperbel  $\frac{2}{3}$  um 3 Wochen zu früh erwartet. Hyperbel  $\frac{1}{4}$  ist noch am meisten angenähert; trotzdem liegt auch sie 8 Tage zu tief. Bei 8° zeigt diese Hyperbel eine gute Annäherung (siehe Tabelle), da sie hier die Mittelwertskurve erneut schneidet<sup>1)</sup>. Die Hyperbel  $\frac{2}{3}$  liegt bei 8° um einen Monat zu tief, während nach den Hyperbeln  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{1}{3}$  eine Entwicklung nicht mehr stattfinden kann. Wenn auch derart niedrige Tempe-

<sup>1)</sup> Andersen beobachtete hier 50 Tage. Im Experiment schwankte die Temperatur zwischen 4° und 10°, und Andersen gibt als Mitteltemperatur 7° an. Von mir wurde 8° angenommen, da bekanntlich die Entwicklungsgeschwindigkeit durch höhere Temperaturen stärker beeinflußt wird als durch niedrigere. Kurz vor dem Schlüpfen brachte Andersen die Eier in 20°. Daraus erklärt es sich, daß im Experiment eine um 5 Tage kürzere Zeit ermittelt wurde, als sie nach der Kettenlinie zu erwarten ist.

raturen für die Praxis der Schädlingsbekämpfung meist nicht mehr in Betracht kommen, so sind sie doch bei ökologischen Untersuchungen von Schadinsekten von Bedeutung, da sie die geographische Verbreitung der Arten begrenzen.

Prüft man zusammenfassend die 4 Hyperbeln auf den Grad ihrer Annäherung an die Mittelwertskurve bei allen unter Zimmerwärme liegenden Temperaturen, so wird man der Hyperbel  $\frac{1}{4}$  den Vorzug geben müssen, da sie auch bei  $12^{\circ}$  und tiefer keine allzu starken Abweichungen zeigt. Diese Hyperbel erfaßt aber die mittleren Temperaturen nicht. Hier ist Hyperbel  $\frac{1}{3}$  vorzuziehen. Die für niedrige Temperaturen praktisch ausreichende Hyperbel versagt also gerade in dem Gebiet, das der Beobachtung leicht zugänglich ist und aus dem die Praxis die experimentellen Grundlagen zur Berechnung wählt. Will man also mit Hilfe der Hyperbel die Entwicklungszeiten voraussagen, die unterhalb Zimmerwärme zu erwarten sind, so müßte eine Hyperbel gewählt werden, die sich mit den im mittleren Temperaturgebiet experimentell festgestellten Daten nicht deckt. Nur so könnte man Werte erhalten, die den tatsächlichen Zeiten bei niederen Temperaturen praktisch angenähert sind. Wird dagegen eine Hyperbel benutzt, von der die experimentellen Daten bei mittleren Temperaturen erfaßt werden — und das tat man bisher allgemein — so wird die Prognose zu Fehlschlägen führen, die umso erheblicher sind, je niedriger die Temperaturen liegen.

In Fig. 2 ist die Kettenlinie ( $K$  mit  $\alpha = 1,167$ ;  $m = 3,75$  und dem Minimum bei  $29,6^{\circ}$ ) für die Embryonalentwicklung der Mehlmotte *Ephestia kühniella* (nach Janisch 1927, p. 26, fig. 8) gezeichnet, die wesentlich niedriger liegt als die Kurve in Fig. 1. Es zeigt sich aber, daß auch hier die gleichen Beziehungen zwischen Kettenlinie und Hyperbel vorliegen wie dort, wenn man ebenso 4 Punkte auf der Kurve markiert und der Berechnung zugrunde legt. Die für tiefe Temperaturen am meisten angenäherte Hyperbel  $\frac{1}{4}$  erfaßt die experimentellen Punkte in der Mitte nicht, die Hyperbel  $\frac{1}{3}$ , welche die Mitte deckt, weicht bei niederen Temperaturen sehr weit ab. Die Benutzung dieser Hyperbel würde also auch hier bei der Prognose zu Fehlresultaten führen. Aus der anderen Lage der Kurve ergibt sich, daß für Mehlmotteneier schon bei  $17^{\circ}$  ein bedeutenderer Unterschied (von 8 Tagen) zwischen den Hyperbeln  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{2}{3}$  besteht, der bei *Sitona lineata* erst bei  $15^{\circ}$  eintritt. Bei niedrigeren Temperaturen werden die Abweichungen infolge der anderen Lage der Mehlmottenkurve noch deutlicher. Bei  $13^{\circ}$  z. B. liegt die Hyperbel  $\frac{1}{2}$  bereits im Unendlichen, Hyperbel  $\frac{1}{3}$  liegt um 187 Tage zu hoch und zwischen den Hyperbeln  $\frac{1}{3}$  und  $\frac{2}{3}$  besteht ein Unterschied von 196 Tagen. Für *Sitona* dagegen beträgt die Abweichung von der Mittelwertskurve bei Hyperbel  $\frac{1}{2}$  nur 9 Tage, bei Hyperbel  $\frac{1}{3}$  nur

4 Tage und die Differenz zwischen den Hyperbeln  $\frac{1}{3}$  und  $\frac{2}{3}$  macht nur rund 17 Tage aus.

Auch bei der Schlupfwespe *Habrobracon juglandis* (siehe Maercks 1933, p. 363 fig. 4) erfaßt jene Hyperbel, die den Beobachtungen für

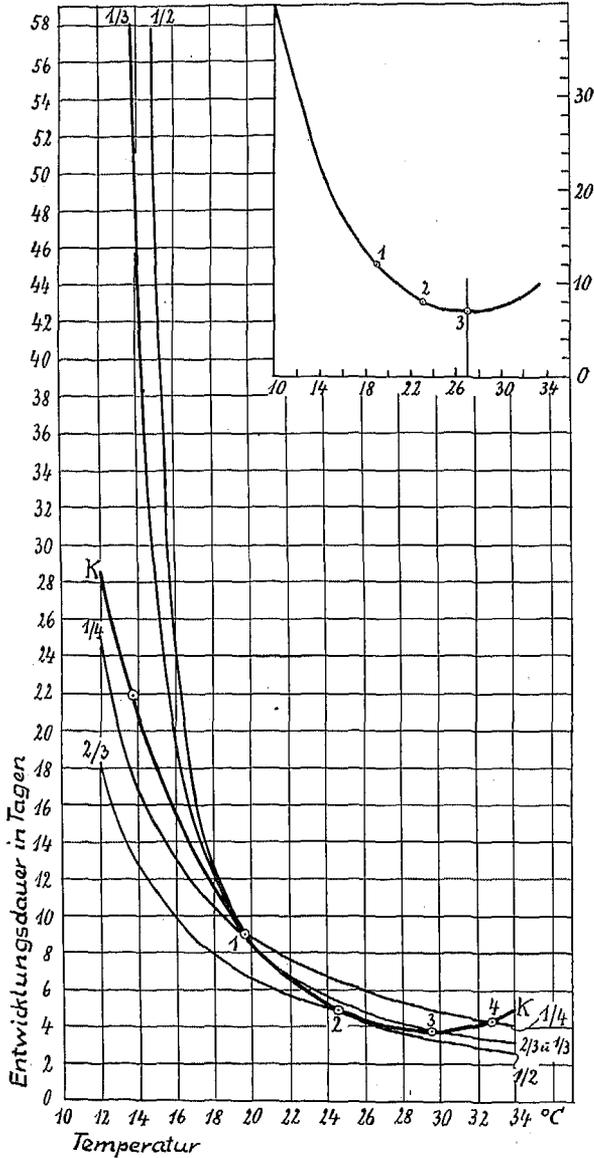


Fig. 2. Die Temperaturabhängigkeit der Embryonalentwicklungsdauer von *Ephestia kühniella*. — Weiteres und Beifigur wie bei Fig. 1.

niedrige Temperaturen gerecht wird, die Daten des mittleren Temperaturgebietes nicht, während die Kettenlinie für alle Temperaturen gilt. Man erhält somit für Vertreter der Hemipteren, der Coleopteren, der Lepidopteren und der Hymenopteren das gleiche Ergebnis, und es ist der Schluß berechtigt, daß allgemein die für niedrige Temperaturen geltende Hyperbel sich nicht auf mittlere und hohe Temperaturen anwenden läßt und umgekehrt.

Die besprochenen Beispiele zeigen: Auch bei der Hyperbel kommt man nicht mit 2 beliebigen Temperaturpunkten aus, wenn man nach Beobachtungen im mittleren bzw. höheren Temperaturbereich das Auftreten bestimmter Stadien von Schadinsekten bei anderen, besonders niederen Temperaturen angenähert voraussagen will, um einen Zeitpunkt für das Ansetzen von Bekämpfungsmaßnahmen zu veranschlagen. Es muß vielmehr zur Vermeidung erheblicher Ungenauigkeiten in der Prognose und dadurch bedingter Fehlschläge eine Auswahl unter den Temperaturpunkten getroffen werden. Sollen die zu erwartenden Zeiten für Wärmegrade unter Zimmertemperatur angenähert bestimmt werden, so sind die Beobachtungen in Zimmerwärme und in einer höheren Temperatur durchzuführen, die bereits wieder Entwicklungsverzögerung bedingt. Zur Prognose für das mittlere Temperaturgebiet ist dagegen eine Hyperbel anzusetzen, die sich berechnet mit den empirischen Entwicklungszeiten für Zimmerwärme und für eine Temperatur, die nahe dem Minimum der Entwicklungsdauer-Temperaturkurve liegt. Um aber entscheiden zu können, ob mit der ermittelten Entwicklungszeit das Minimum erreicht wurde oder ob man sich links bzw. rechts vom Minimum befindet, sind mindestens 3 Beobachtungen erforderlich. Damit sind aber auch bei der Hyperbel dieselben Voraussetzungen für die Zahl und Art der Beobachtungspunkte zu erfüllen wie bei der Kettenlinie, und der Vorteil, einen Beobachtungspunkt zu sparen, fällt fort.

Bei der Kettenlinie ist es gleichgültig, von welchem Punkt man neben dem Minimum zur Berechnung der Richtungskonstante ausgeht (vgl. Janisch und Maercks 1933). Mag man in unseren Beispielen neben Punkt 3 den Punkt 1 oder 2 oder 4 der Berechnung zugrunde legen, man erhält stets die gleiche Kettenlinie  $K$ , die sowohl bei niedrigen als auch bei mittleren und hohen Temperaturen eine gute Mittelwertskurve darstellt. Während man also bei Benutzung der Hyperbel zur Prognose für das gesamte Temperaturgebiet auf 2 Kurven angewiesen ist, mit denen sich außerdem bei hohen und niedrigen Temperaturen auch nur Annäherungswerte erzielen lassen, kommt man bei der Kettenlinie mit einer einzigen Kurve aus, gleichgültig für welche Temperaturen Voraussagen zu machen sind.

Für die bisher besprochenen Fälle liegen auch bei niedrigen Tempe-

raturen experimentelle Unterlagen vor, die es ermöglichen, Kettenlinie und Hyperbel auf ihre Genauigkeit in diesem Gebiet zu prüfen. Wir sahen, daß die Kettenlinie die beobachteten Zeiten gut erfaßt. Somit läßt sich die Kettenlinie auch dann als Mittelwertskurve für niedere Temperaturen annehmen, wenn Beobachtungen hier nicht vorliegen, wie es z. B. für die Ei-Entwicklungszeiten des einbindigen Traubenwicklers *Clysia ambiguella* in Fig. 3 der Fall ist. Die von Sprengel für Temperaturen von 20° bis 32° ermittelten Daten sind in Fig. 3 eingezeichnet. Für

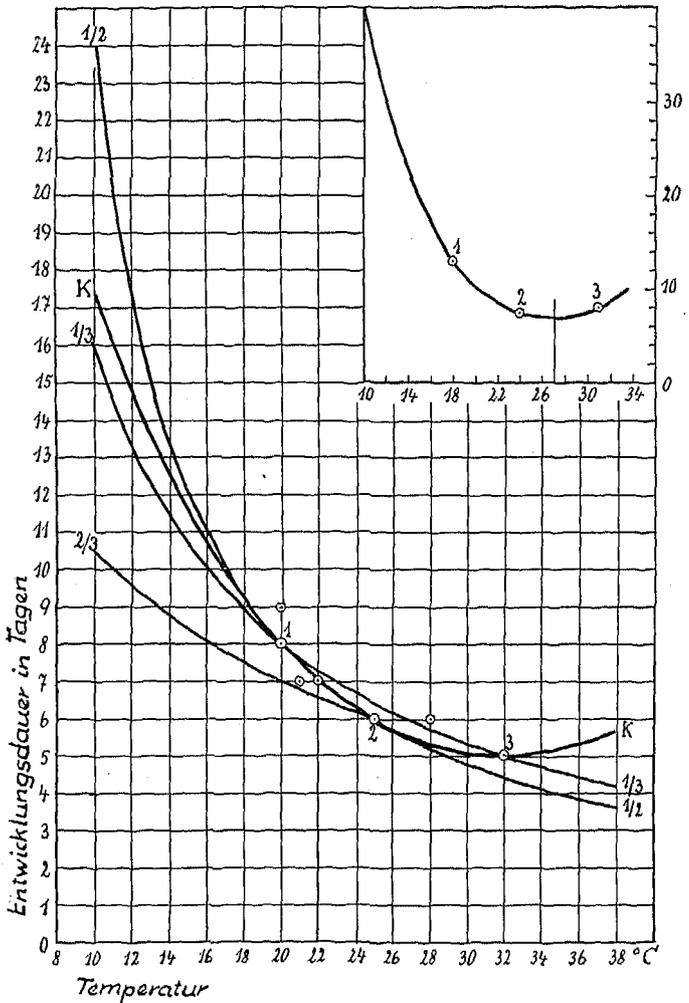


Fig. 3. Die Temperaturabhängigkeit der Embryonalentwicklungsdauer von *Clysia ambiguella*. — Weiteres und Beifigur wie bei Fig. 1.

die Bestimmung der bei den übrigen Temperaturen zu erwartenden Entwicklungszeiten haben Sprengel und Stellwaag die Hyperbel  $\frac{1}{2}$  angegeben, die mit der für  $20^{\circ}$ ,  $22^{\circ}$  und  $25^{\circ}$  beobachteten Entwicklungsdauer berechnet wurde. Nimmt man das Minimum bei  $32^{\circ}$  an (Punkt 3), so erhält man die symmetrische Kettenlinie  $K$  mit den Konstanten  $a = 1,091$  und  $m = 5$ . In Fig. 3 sind außerdem die Hyperbeln  $\frac{1}{3}$  und  $\frac{2}{3}$  eingezeichnet, die sich nach den Beobachtungen für  $20^{\circ}$  und  $32^{\circ}$  (Punkt 1 u. 3) und für  $25^{\circ}$  und  $32^{\circ}$  (Punkt 2 u. 3) ergeben.

Man sieht, wie die Kettenlinie die experimentellen Daten besser erfaßt als die für die Praxis angegebene Hyperbel  $\frac{1}{2}$ . Betrachtet man die Abweichungen der Hyperbeln von der Mittelwertskurve, so ist Hyperbel  $\frac{2}{3}$  ganz außer Betracht zu lassen, da sich für sie ein Entwicklungsnullpunkt von  $-10^{\circ}$  errechnet, der biologisch ohne Sinn ist. Die Abweichungen der beiden anderen Hyperbeln sind bis etwa  $12^{\circ}$  praktisch unbedeutend. Bei  $12^{\circ}$  liegt Hyperbel  $\frac{1}{3}$  rund 2 Tage über und Hyperbel  $\frac{1}{2}$  nur 1,5 Tage unter der Mittelwertskurve. Erst bei  $10^{\circ}$  besteht zwischen den Hyperbeln  $\frac{1}{3}$  und  $\frac{1}{2}$  eine Differenz von 8 Tagen. Im Vergleich zur Kettenlinie liegt hier Hyperbel  $\frac{1}{2}$  rund 6,5 Tage zu hoch, während Hyperbel  $\frac{1}{3}$  mit einem Unterschied von nur 1,5 Tagen gut angenähert ist. Diese Hyperbel, die nach ihrer Lage der Hyperbel  $\frac{1}{4}$  für *Sitona* und *Ephestia* entspricht, gibt somit die beste Annäherung an die wahrscheinliche Mittelwertskurve. Berücksichtigt man aber, daß erst bei  $10^{\circ}$  Hyperbel  $\frac{1}{2}$  stärker von der wahrscheinlichen Mittelwertskurve abweicht, so wird es trotzdem praktisch gleichgültig sein, ob man für *Clysia* die Hyperbel  $\frac{1}{2}$  oder  $\frac{1}{3}$  zur Prognose benutzt, da die Eiablage meist erst Anfang Mai einsetzt.

Die Hyperbel läßt sich somit in bestimmten Fällen auch mit beliebigen Temperaturpunkten berechnen, ohne daß im praktisch wichtigen Temperaturbereich stärkere Abweichungen von der Mittelwertskurve auftreten, nämlich dann, wenn diese flach ist, wie es bei der Kettenlinie in der Größe der Richtungskonstanten zum Ausdruck kommt. Für *Clysia* ist  $a = 1,091$ , während die Richtungskonstanten der steileren Kurven für *Ephestia* und *Sitona* den Wert 1,167 und 1,158 erreichen. Trotzdem wird man aber auch hier nicht mit 2 Beobachtungen auskommen. Denn es sind mindestens 3 Punkte und somit auch 3 Beobachtungen erforderlich, um entscheiden zu können, ob die Entwicklungsdauer-Temperaturkurve flach oder steil ist, und ob die Hyperbeln stärkere Abweichungen zeigen oder sich praktisch decken.

Bei der Kettenlinie fallen alle diese Erwägungen fort. Man errechnet in allen Fällen, gleichgültig ob es sich um flache oder steile Kurven handelt, aus dem Minimum und einem 2. beliebigen Beobachtungspunkt eine einzige Kurve. Diese bietet die Gewähr dafür, daß sie eine für alle

Temperaturen geltende gute Mittelwertskurve darstellt und damit bessere Voraussagen ermöglicht. Die Schwierigkeiten, die sich bei der Ermittlung der Richtungskonstante  $a$  wegen des exponentialen Charakters der Kettenliniengleichung ergeben konnten, wurden von Janisch und Maercks (1933) durch Ableitung einer allgemeinen Formel beseitigt, aus der sich nach Einsetzen der experimentell ermittelten Daten der Wert für  $a$  leicht berechnet<sup>1)</sup>. So wird man auch in der Praxis der Kettenlinie wegen ihrer allgemeinen Anwendungsmöglichkeit und größeren Sicherheit den Vorzug vor der Hyperbel geben müssen.

Es ist gegen die Kettenlinie noch geltend gemacht worden, daß umfangreiche experimentelle Untersuchungen notwendig seien, um den Minimumpunkt genau festzulegen. Das ist jedoch nicht der Fall, denn mit einer für praktische Zwecke vollkommen ausreichenden Genauigkeit läßt sich das Minimum leicht inter- bzw. extrapolieren, wenn man zugrunde legt, daß die physiologische Beziehung tatsächlich den Charakter einer Kettenlinie hat. Dann braucht man nur 3 bekannte Punkte durch einen Kurvenzug vom Kettenlinienhabitus zu verbinden, wie es in den 3 Beifiguren der Abbildungen 1—3 schematisch dargestellt ist. Selbst bei verschiedener Lage der Punkte ergibt sich dann das Minimum ohne weiteres. In allen 3 Fällen ist angenommen, daß die Entwicklungszeiten bei Zimmertemperatur und zwei höheren Temperaturen beobachtet wurden. In Beifigur 1 ergibt sich aus dem Zug der Kurve, daß das Minimum rechts von den beobachteten Punkten bei  $27^{\circ}$  liegen muß. Die Kurve der Beifigur 2 zeigt, daß mit dem 3. Beobachtungspunkt das Minimum gerade erfaßt wurde. In dem durch Beifigur 3 wiedergegebenen Fall liegt das Minimum zwischen den Punkten 2 und 3, da bei der höchsten beobachteten Temperatur die Entwicklung sich bereits wieder verzögerte. Damit ist gezeigt, daß selbst bei wenigen beobachteten Daten keine Schwierigkeiten für die Bestimmung der Konstanten einer symmetrischen Kettenlinie vorhanden sind.

#### Ergebnis der Untersuchungen.

1. Aus der unterschiedlichen Lage der mit den empirischen Daten verschiedener Temperaturpaare berechneten Hyperbeln bei Vertretern verschiedener Insektengruppen ergibt sich, daß bei der Hyperbel nicht mit Beobachtungen bei 2 beliebigen Temperaturen auszukommen ist, wenn man die für die übrigen Temperaturen zu erwartenden Entwicklungszeiten voraussagen will; denn die verschiedenen Hyperbeln, die sich aus den empirischen Daten für Zimmerwärme und eine höhere Temperatur berechnen, weichen z. T. erheblich von den mittleren Entwicklungszeiten

<sup>1)</sup> Auch bei der asymmetrischen Kettenlinie wurden für die Berechnung der Konstanten  $a_1$  und  $a_2$  die entsprechenden Formeln abgeleitet.

ab. Um Fehlprognosen zu vermeiden, müssen zur Voraussage für niedrigere Temperaturen die empirischen Daten für Zimmerwärme und für eine hohe Temperatur, die bereits wieder Entwicklungsverzögerung bedingt, der Berechnung zugrunde gelegt werden. Für das mittlere Temperaturgebiet ist dagegen eine Hyperbel zu wählen, für welche die experimentellen Unterlagen bei Zimmerwärme und einer Temperatur nahe dem Minimum der Entwicklungsdauer-Temperaturkurve gewonnen wurden.

2. Nur dann weichen die aus verschiedenen Temperaturpunkten berechneten Hyperbeln in dem die Praxis interessierenden Temperaturbereich nur unerheblich von der Mittelwertskurve ab, wenn diese einen flachen Verlauf nimmt. In solchen Fällen, wie z. B. bei der Entwicklung der Eier von *Clysia ambiguella*, lassen sich die Konstanten der zur Prognose benutzten Hyperbel mit den empirischen Daten zweier beliebiger Temperaturen berechnen. Aber auch hier sind mindestens 3 Beobachtungen erforderlich, um entscheiden zu können, ob die Entwicklungsdauer-Temperaturkurve flach oder steil ist.

3. Werden die Berechnungen mit der Kettenlinie durchgeführt, so ergibt sich eine gute Übereinstimmung zwischen empirischen und beobachteten Daten, gleichgültig ob die Kurve flach oder steil ist und ob man für tiefe, mittlere oder hohe Temperaturen die Entwicklungszeiten bestimmen will. Die Richtungskonstante berechnet sich in allen Fällen mit dem Minimum und der für eine beliebige andere Temperatur ermittelten Entwicklungszeit. Das Minimum läßt sich leicht mit einer empirischen Kurve vom Kettenlinienhabitus ermitteln, welche die experimentellen Daten von 3 beliebigen Temperaturpunkten verbindet.

4. Für die praktische Schädlingsbekämpfung sind also die experimentellen Voraussetzungen für die Rechnung mit Hyperbel und Kettenlinie gleich. Der Kettenlinie ist aber wegen ihrer größeren Genauigkeit der Vorzug zu geben.

#### Schriftenverzeichnis.

- Andersen, K. Th., Der Einfluß der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit auf die Dauer der Eizeit. I. Beitrag zu einer exakten Biologie des linierten Graufüßlers (*Sitona lineata* L.) Ztschr. f. Morph. u. Oek. d. Tiere, 17, 649, 1930.
- Bodenheimer, F. S., & Guttfeld, M., Über die Möglichkeiten einer biologischen Bekämpfung von *Pseudococcus citri* Risso (Rhy. Cocc.) in Palästina. Ztschr. f. angew. Entomol., 15, 67, 1929.
- Bremer, H., & Kaufmann, O., Die Rübenfliege *Pegomyia hyoscyami* Pz., Monographien zum Pflanzenschutz 7, 38, 1931.
- Gößwald, K., Physiologische Untersuchungen über die Einwirkung ökologischer Faktoren, besonders Temperatur und Luftfeuchtigkeit, auf die Entwicklung von *Diprion (Lophyrus) pini* L. zur Feststellung der Ursachen des Massenwechsels. Ztschr. f. angew. Entomol. 22, 331, 1935.

- Janisch, E., Das Exponentialgesetz als Grundlage einer vergleichenden Biologie. Abh. zur Theorie der organischen Entwicklung H. 2, Berlin 1927.
- Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der Umweltfaktoren auf Insekten. I. Die Massenvermehrung der Baumwollmotte *Prodenia littoralis* in Ägypten. Ztschr. f. Morph. u. Oek. d. Tiere 17, 339, 1930.
- Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der Umweltfaktoren auf Insekten. II. Über die Mortalität und die Variationsbreite tropischer Insekten in Ceylon mit allgemeinen Bemerkungen über die Umweltabhängigkeit und das biologische Optimum. Ztschr. f. Morph. u. Oek. d. Tiere 22, 287, 1931.
- & Maercks, H., Über die Berechnung der Kettenlinie als Ausdruck für die Temperaturabhängigkeit von Lebenserscheinungen. Arb. a. d. Biol. Reichsanstalt 20, 259, 1933.
- Kaufmann, O., Einige Bemerkungen über den Einfluß von Temperaturschwankungen auf die Entwicklungsdauer und Streuung bei Insekten und seine graphische Darstellung durch Kettenlinie und Hyperbel. Ztschr. f. Morph. u. Oek. d. Tiere 25, 353, 1932.
- Maercks, H., Der Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Embryonalentwicklung der Mehlmottenschlupfwespe *Habrobracon juglandis* Ashmead. Arb. a. d. Biol. Reichsanstalt 20, 347, 1933.
- Sprengel, L., Epidemiologische Forschungen über den Traubenwickler *Clysia ambiguella* Hübn. und ihre Auswertung für die praktische Großbekämpfung. Ztschr. angew. Entomol. 18, 505, 1931.
- Stellwaag, F., Untersuchungen im Anschluß an die Beobachtung des Falterfluges bei *Clysia ambiguella* Hübn. Anz. f. Schädlingskunde 9, 17, 1933.
- Zwölfer, W., Studien zur Oekologie und Epidemiologie der Insekten. I. Die Kieferneule *Panolis flammea* Schiff. Ztschr. f. angew. Entomol. 17, 475, 1931.

## Biology of a new Halictine Bee and Specific Descriptions of its Parasites.

By Tarlton Rayment,  
Sandringham (Victoria), Australia.

(With 14 Text-Figures.)

(Continued from vol. 3, 1936, p. 294.)

Hurst (p. 333) says: — — „A new species in nature is always based genetically on an old species, and in the course of evolution the influence of the ancestral species becomes less and less until in course of time the old specific characters are obliterated in the modern species, which bears a new set of specific characters. It is true that the old generic and family characters remain in the new species, but in the course of evolution even these disappear in new genera, families, orders, classes, phyla and kingdoms“.

*Halictus emeraldensis* and its mutations provide very good material for demonstrating the effects of chromosome phenomena in the gregarious