

Der Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf die Entwicklung und Vermehrung der Blutlaus.

Von H. Ehrenhardt,

Zweigstelle Stade der Biologischen Reichsanstalt.

- A. Einleitung.
- B. Der Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf die Entwicklung.
 - 1. Untersuchungsmethode.
 - 2. Der Einfluß verschiedener Temperaturen bei 75—80% relativer Feuchtigkeit.
 - 3. Der Einfluß verschiedener Temperaturen bei 60% relativer Feuchtigkeit.
 - 4. Der Entwicklungsnullpunkt.
 - 5. Kritik der gewonnenen Ergebnisse.
 - 6. Der Einfluß der Wirtspflanze auf die Entwicklungsdauer der Blutlaus.
- C. Der Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf die Vermehrung.
 - 1. Problemstellung und Methode.
 - 2. Der Einfluß von 16° C und 75—80% relativer Feuchtigkeit.
 - 3. Der Einfluß von 24° C und 75—80% relativer Feuchtigkeit.
 - 4. Der Einfluß von 30° C und 75—80% relativer Feuchtigkeit.
 - 5. Der Einfluß von Temperaturen um den Entwicklungsnullpunkt.
- D. Zusammenfassung.
- E. Schrifttum.

A. Einleitung.

Abgesehen von allgemeineren Darstellungen (Börner 1932, Marcovitch 1934, Mordvilko 1907 u. a. m.) ist über den Einfluß der Temperatur und Feuchtigkeit auf die Entwicklung und Vermehrung der Blutlaus bisher wenig veröffentlicht worden. In Anbetracht der Bedeutung, die diesem Insekt als Schädling zukommt, unternahm ich es, im Rahmen umfassender Massenwechselstudien auch den Einfluß dieser Faktoren näher zu untersuchen. Zur Frage der Entwicklung und Vermehrung will ich nacheinander Stellung nehmen. Auf die Probleme und das bezügliche Schrifttum wird an entsprechenden Stellen eingegangen.

Die plötzliche Einberufung zur Dienstpflicht gestattet es mir nicht mehr, das Vermehrungsproblem, insbesondere unter Berücksichtigung unserer Freilandbeobachtungen, ausführlicher darzustellen. Nachträglich ist dann noch die Arbeit — dem Gebot der gegenwärtigen Kriegslage folgend — gekürzt worden. Sämtliche Unterlagen befinden sich bei der Zweigstelle Stade der Biologischen Reichsanstalt.

B. Der Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf die Entwicklung.

1. Untersuchungsmethode.

Bei unseren Untersuchungen bestand zunächst eine Hauptschwierigkeit darin, eine geeignete Zuchtmethode zu finden, um die Versuchstiere unter möglichst optimalen Ernährungsbedingungen den gewünschten Wärme- und Feuchtigkeitsgraden auszusetzen. Als idealste Methode erwies sich die Zucht

an eingetopften Apfelbäumchen, die mitsamt den Blutläusen in einem Thermohygrostaten mit innerer Luftzirkulation gehalten wurden. Der Thermohygrostat wurde nach den Angaben von Meyer (1934) gebaut; er hat nur einige Abänderungen für unsere besonderen Zwecke erfahren. Die Temperatur wurde mit Hilfe eines Heizgitters und eines Thermoregulators, die Luftfeuchtigkeit mittels Salzlösungen konstant gehalten. Wärme und Feuchtigkeit wurden mittels eines Thermohygrometers ständig überwacht. Die Blutläuse wurden in der Hauptsache konstanten Temperaturen von 16°, 20°, 24° und 30° C und konstanten Feuchtigkeitsgraden von rund 60% und 75 bis 80% relativer Feuchtigkeit ausgesetzt. Die Aufzucht der Blutläuse bei niedrigeren Wärmegraden (6—10° C) konnte nur mit geringerer Exaktheit durchgeführt werden (vgl. S. 155). Das Ansetzen der Läuse und ihre tägliche Überwachung wurde folgendermaßen durchgeführt: Erwachsene ungeflügelte Blutläuse wurden 1 Tag lang in besonderen Zuchtbehältern, die wir uns aus Petrischalen herstellten, ohne Nahrung gehalten. Die innerhalb dieser 24 Stunden geborenen Larven wurden dann — wenn nicht etwas anderes ausdrücklich erwähnt wird — an Topfbäumchen der Sorte „Wintergoldparmäne“ angesetzt. Um ein Abwandern der Tiere zu unterbinden und die Kontrolle zu erleichtern, wurden jeweils 1—2 Tiere durch Leimringe, die um die Zweige gelegt wurden, abgegrenzt. Sämtliche Zuchttiere sind täglich einmal auf ihren Entwicklungszustand, die erwachsenen Läuse auf die Zahl der neugeborenen Jungen, die bei jeder Kontrolle je nach Bedarf entfernt wurden, kontrolliert worden. Zur Klärung spezieller Fragen sind auf den gleichen Saugstellen, auf denen die angesetzten Läuse gelebt hatten, die Nachkommen dieser „Ausgangszuchten“ (1., 2. usw. Nachkommengeneration) unter den gleichen Versuchsbedingungen weitergezogen worden.

2. Der Einfluß verschiedener Temperaturen bei 75—80% relativer Feuchtigkeit.

16° C. Für alle drei Blutlausgenerationen (Tab. 1) ist die lange Entwicklungszeit, die die Larven des ersten Stadiums im Vergleich zu den folgenden Altersstadien benötigen, charakteristisch: während das erste Larvenstadium im Durchschnitt in rund 4 bis 6 Tagen durchlaufen wird, liegen die Durchschnittswerte für die drei übrigen Larvenstadien zwischen 3 und 4 Tagen.

Tabelle 1. Durchschnittliche Entwicklungsdauer der Blutlaus bei 75—80% relativer Feuchtigkeit und 16 und 24° C.
A. z. = Ausgangszucht; 1. N., 2. N. = 1., 2. Nachkommengeneration.

Alter der Läuse	Mittlere Entwicklungsdauer in Tagen bei:					
	16° C			24° C		
	A. z.	1. N.	2. N.	A. z.	1. N.	2. N.
1. Larvenstadium	6,3	4,6	3,8	5,9	3,8	2,0
2. „	3,5	3,3	3,7	3,3	2,2	2,7
3. „	3,7	2,9	3,2	2,6	2,6	2,0
4. „	3,2	3,1	3,6	2,1	2,4	2,7
Erwachsen	16,7	13,9	14,3	13,9	11,0	9,0

Weiterhin fällt die langsamere Entwicklung der Ausgangszucht, also jener Individuen, die an die Versuchsbäumchen gesetzt wurden, im Vergleich zu den folgenden Generationen auf. Diese verlangsamte Entwicklung der Ausgangszucht läßt sich auf Umstände zurückführen, die mit den Versuchsfaktoren in keinem ursächlichen Zusammenhang zu stehen scheinen: So wanderten die auf den völlig gesunden Baum gesetzten Junglarven bisweilen mehr als einen Tag lang auf den eingegrenzten Zweigstücken herum, ehe sie sich an einem geeigneten Platz festsetzten. Nach der Stärke der Wachausscheidungen und dem Gesamtzustand der Junglarven, die sich festgesetzt hatten, zu urteilen, scheint eine gewisse Zeit außerdem noch zu verstreichen, ehe die Läuse nach dem Einstich in der Lage sind, aus dem Gewebe Nahrung in optimalem Ausmaß aufzunehmen. Diese Zeit läßt sich nach meinen Beobachtungen mit der beginnenden Gallenbildung an der Saugstelle in Beziehung setzen. Andererseits beginnen fast ausnahmslos alle Larven, die in unmittelbarer Nähe des Muttertieres bleiben, schon nach kurzer Zeit auf der bereits vorhandenen Galle zu saugen. Während sich also die ersten angesetzten Tiere (Ausgangszucht) erst eine Ernährungsgrundlage schaffen müssen, finden die folgenden Generationen sofort günstige Ernährungsbedingungen vor und können daher schon in den ersten Lebensabschnitten schneller wachsen.

Unter natürlichen Verhältnissen im Freiland würde bei Berücksichtigung unserer Versuchsbedingungen (16°C und $75-80\%$ r. F.) die Entwicklung der Blutlaus bei Neuinfektion etwa drei Tage länger dauern als bei den Individuen, die nach erfolgter Koloniebildung in den Kolonien heranwachsen.

24°C . Auch bei 24°C und $75-80\%$ relativer Feuchtigkeit benötigt die Ausgangszucht mit rund 14 Tagen die längste Entwicklungszeit (Tab. 1). Ihre Entwicklung bis zum erwachsenen Tier dauert im Durchschnitt rund drei Tage länger als bei der ersten Nachkommengeneration, die am gleichen Baum an den Saugstellen der Muttertiere aufgewachsen ist.

Während jedoch bei den bei 16°C gehaltenen Zuchten die Entwicklungsdauer der ersten und zweiten Nachkommengeneration annähernd gleich ist (rund 14 Tage), benötigt bei 24°C die zweite Nachkommengeneration genau zwei Tage weniger als die erste Nachkommengeneration. Eine Erklärung für diese bei den einzelnen Generationen sich steigernde Entwicklungsgeschwindigkeit läßt sich kaum finden. Zudem müssen gerade die Ergebnisse, die wir für die zweite Nachkommengeneration der „ 24° -Zuchten“ fanden, ohnehin mit einer gewissen Vorsicht beurteilt werden, da wir hier die Mittelwerte nur aus den Zuchtdateen von drei Tieren errechnen konnten — die übrigen Mittelwerte sind aus 6—10 Werten errechnet worden. Daß mit fortschreitender Zeitdauer die Ernährungsverhältnisse auf den Gallen zunehmend günstiger werden, erscheint

ebenso ungewiß wie die Annahme, daß eine Temperatur von 24° C bereits ungünstig auf die Läuse einwirkt.

30° C. Diese Temperatur wirkt sich bereits äußerst ungünstig auf die Blutläuse aus. Von 30 an 2 Bäumchen angesetzten Junglarven, die im Verlauf der vorangegangenen 24 Stunden geboren wurden, hatten sich 4 Tiere an dem „Goldparmäneebäumchen“ festgesetzt, von denen jedoch eins bereits nach der ersten Häutung starb, und zwei nach der zweiten Häutung zu Grunde gingen. Nur 1 Larve (gleich 3,3% aller angesetzten Tiere) entwickelte sich bis zum geschlechtsreifen Tier, aber auch dieses Tier ging, bald nachdem es erwachsen war, ein.

Da sich von den angesetzten Junglarven nur 4 festgezogen hatten, versuchten wir durch Abänderung des Versuches umfangreicheres Zuchtmaterial zu erhalten. 17 neugeborene Junglarven wurden zunächst auf ein „Goldparmäneebäumchen“ gesetzt und bei etwa 20° C im Laboratorium gehalten. Nach 24 Stunden wurden dann die Topfbäume mit den Läusezuchten in dem Thermohygrostaten bei 30° C weitergezüchtet. Aber auch in diesem Falle fiel das Versuchsergebnis kaum günstiger aus. Von 17 Junglarven blieben nur drei übrig, wovon eine nach der ersten Häutung (5 Tage) einging. Die anderen beiden Larven waren nach 13 Tagen erwachsen. Die Entwicklungsdauer der Läuse von der Larve bis zum erwachsenen Tier ist zwar der höheren Temperatur entsprechend kürzer als bei 24° C (12 bis 13 Tage gegenüber 13,9 Tage bei 24° C bei der Ausgangszucht), aber die Unterschiede sind doch sehr gering. Im Vergleich zu den Zuchtergebnissen bei 16 und 24° C fällt ferner die überaus lange Entwicklungsdauer des 4. Larvenstadiums auf, die nahezu das doppelte des vorangegangenen Altersstadiums ausmacht (die durchschnittliche Entwicklungsdauer beträgt 4,7 Tage für das 1. Larvenstadium, 1,7, 2,3 und 4,0 Tage für die folgenden Stadien). Vielleicht stehen die auffallend hohen Sterbeprozente, die nach der ersten und zweiten Häutung noch zusätzlich zu dem ohnehin schon großen Abgang an angesetzten Larven zu beobachten sind, mit diesen Entwicklungsschwankungen im Zusammenhang.

Wie nachteilig die Wärme von 30° C auf die Läuse wirkte, ließ sich in mehreren Fällen während des Versuches erkennen: während die Junglarven in den Versuchen bei 16° und 24° C bald nach ihrem Festsetzen an der Rinde in reichlichem Maße Wachs abzusondern begannen und gleichzeitig stetig an Größe zunahmen, setzte bei 30° C nur eine äußerst spärliche Wachsausscheidung ein. Die Tiere selbst blieben klein und nahmen mit der Zeit ein zusammengeschrumpftes, verkümmertes Aussehen an, das mit zunehmendem Alter in immer stärkerem Maße in Erscheinung trat. Am auffälligsten jedoch war die Tatsache, daß die erwachsenen Läuse keine Jungen mehr zur Welt brachten (vgl. S. 165).

3. Der Einfluß verschiedener Temperaturen bei 60% relativer Feuchtigkeit.

Die bei dieser Feuchtigkeit und einer Temperatur von 16°, 24° und 30° C durchgeführten Versuche gibt Tabelle 2 wieder. Wir finden hier im allgemeinen ähnliche Verhältnisse wieder wie im Versuch bei 75—80% relativer Feuchtigkeit und entsprechenden Zuchttemperaturen. Bei der Ausgangszucht, also jenen Läusen, die auf die Versuchsbäume gesetzt worden sind, dauert die Entwicklung von der Larve bis zum erwachsenen Tier länger als bei deren Nachkommen. Auch die Entwicklungszeit innerhalb der einzelnen Larvenstadien ist am längsten in der Zeit bis zur ersten Häutung. Diese beiden Erscheinungen werden wir auch auf die gleichen Ursachen, nämlich auf den Kräfteverbrauch bei der Schaffung geeigneter Ernährungsgrundlagen zurückzuführen haben. Das gilt wenigstens für die Zuchtergebnisse bei 16 und 24° C.

Tabelle 2. Durchschnittliche Entwicklungsdauer der Blutlaus bei 60% relativer Feuchtigkeit und 16, 24 und 30° C.

A. z. = Ausgangszucht; 1. N. = 1. Nachkommengeneration.

Alter der Läuse	Mittlere Entwicklungsdauer in Tagen bei:					
	16° C		24° C		30° C	
	A. z.	1. N.	A. z.	1. N.	A. z.	1. N.
1. Larvenstadium	6,4	5,1	5,8	3,5	5,3	—
2. "	4,9	3,7	3,3	3,0	3,6	—
3. "	3,6	3,1	2,0	2,3	—	—
4. "	3,0	3,0	2,3	2,0	—	—
Erwachsen	18,0	15,0	13,3	10,8		

Vergleicht man jedoch die bei 60% relativer Feuchtigkeit erlangten Zuchtergebnisse mit den bereits bei 75% relativer Feuchtigkeit beobachteten, so fallen doch einige charakteristische Unterschiede auf. So verläuft die Entwicklung der Blutlaus von der Geburt an bis zum erwachsenen Tier bei 16° C und 60% relativer Luftfeuchtigkeit bei der Ausgangszucht um rund 1½, bei der Nachkommengeneration um einen Tag langsamer. Bei 24° C dagegen verläuft gerade umgekehrt die Entwicklung bei dem höheren Feuchtigkeitsgehalt langsamer. Nahezu negativ verliefen die Zuchtversuche bei 30° C und 60% relativer Feuchtigkeit. Hier war es überhaupt nicht möglich, die Blutläuse von der Junglarve bis zur erwachsenen Laus durchzuziehen. Von 66 Läusen, die auf 2 „Goldparmänebäumchen“ gesetzt wurden, begannen 16,7% zu saugen, 9,1% überdauerten das 1. Larvenstadium und nur ein Tier (gleich 1,5%) erlebte die dritte Häutung. Das 4. Larvenstadium wurde von keinem Tier mehr durchlaufen.

4. Der Entwicklungsnullpunkt.

Diejenige Temperaturzone, in der die Entwicklungs- und Wachstumsvorgänge gerade aufhören, bzw. so weit reduziert werden, daß die Entwicklungsgeschwindigkeit praktisch gleich Null ist, konnte leider nur annähernd bestimmt werden, da wir die Temperatur in unserem Thermohygrostaten nicht unter die im Versuchszimmer herrschende Maximaltemperatur senken konnten. Die Zuchtversuche bei derartig niedrigen Temperaturen, wie sie für die Bestimmung des Entwicklungsnullpunktes notwendig waren, wurden daher folgendermaßen durchgeführt: Im Verlaufe des Winters 1938/39 wurden eingetopfte Goldparmänebäumchen, auf die die neugeborenen Blutlauslarven gesetzt waren, in ein ungeheiztes Zimmer gestellt, in dem die Temperaturen nur in der Zeit vom 16. bis 21. Dezember unter 6° C sanken. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft mußte völlig unberücksichtigt bleiben.

Um einen Vergleich mit den im Thermohygrostaten erzielten Ergebnissen zu ermöglichen, wurden die „Zimmerzuchten“ bereits zu einer Zeit begonnen, als die Zimmertemperaturen annähernd an der Grenze von 16° C lagen. Sowohl für die einzelnen Larvenstadien als auch für die Gesamtentwicklung sind die Temperaturmittel aus den täglichen Ablesungen an einem in der Nähe der Zuchtbäumchen befindlichen Maximum- und Minimumthermometer errechnet worden. Die mittlere Temperatur für die Gesamtentwicklung von der eben geborenen Larve bis zum erwachsenen Tier betrug für die Ausgangszucht 16,8° C, also 0,8° C mehr als die tiefste im Thermohygrostaten erzeugte Wärme. Trotz der etwas höheren Wärme betrug hier die Gesamtentwicklung nicht ganz zwei Tage mehr als bei 16° C und 60% relativer Feuchtigkeit. Auch die Gesamtentwicklung der 1. Nachkommengeneration verlief bei annähernd gleicher Durchschnittswärme gleichfalls um rund 2 Tage langsamer als bei 16° C. Da die Temperaturen in dem Zuchtraum insbesondere gegen Abend zu sinken pflegten — die täglichen Temperaturextreme wiesen eine Differenz von 2 bis 4° C auf — dürften vermutlich die unter dem ermittelten Durchschnittswert liegenden Temperaturen Ursache dieser Entwicklungsverzögerung sein, wobei natürlich die Feuchtigkeitsverhältnisse unberücksichtigt bleiben müssen. Wie sehr die Entwicklungsdauer mit sinkender Temperatur zunimmt, geht schon aus der Länge der Entwicklungszeiten der zweiten Nachkommengeneration hervor, bei der die Gesamtentwicklung der Blutlaus bei einer Durchschnittstemperatur von 13,7° C fast 28 Tage dauerte.

Bei Temperaturen, die an der 10° C Grenze liegen, betrug die Entwicklungsdauer schon weit mehr als einen Monat, und zwar schwankten die Entwicklungszeiten für die Gesamtentwicklung bei Durchschnittstemperaturen, die zwischen 11,1° und 7,9° C lagen, zwischen 50 und 90

Tagen. Aus unseren Versuchsprotokollen geht hervor, daß sich die Blutlauslarven nur bei Temperaturen über 7°C zu häuten pflegten.

Auch die Wachs- und Honigtauansscheidungen, die wir als Kriterium für ernährungsphysiologische Stoffwechselfvorgänge betrachten dürfen, hörten unterhalb von 7°C auf. Larven, die sich unmittelbar nach einer Häutung in derartig tiefen Temperaturen befanden, behielten lange Zeit das frische rotbraune Aussehen, wie es alle Larven unmittelbar nach der Häutung zeigen, bei; wurden sie jedoch in Temperaturen über $7\text{--}8^{\circ}\text{C}$ gebracht, dann setzten wieder die Wachsausscheidungen ein, die allerdings bei weitem nicht so reichlich waren, wie etwa bei Zuchttemperaturen von 16 oder gar 24°C . Bei Larven, die nach einer Häutung zunächst bei 7°C gehalten wurden, erfolgte die nächste Häutung erst dann wieder, wenn diese Tiere etwa 10 bis 15 Tage bei annähernd 12°C gehalten wurden. Aus dieser Tatsache glauben wir folgern zu können, daß nicht etwa allein für den Häutungsprozeß höhere Temperaturen erforderlich sind. Wir müssen vielmehr aus der langen Zwischenzeit, in der die Tiere oberhalb von 7°C bis zur Häutung weilen müssen, schließen, daß die Larven oberhalb der 7°C -Grenze eine gewisse Zeit für das Wachstum benötigen, ehe die Häutung einsetzen kann. Da nicht nur die Häutungen, Wachsausscheidungen und Wachstumsvorgänge bei dieser Temperatur (vgl. S. 167) versiegten, sondern auch die Geburtsfähigkeit aufhörte, dürfen wir wohl die Temperaturgrenze von 7°C als den kritischen Kältepunkt für einen Teil der wichtigsten Lebensfunktionen, nämlich Ernährung, Wachstum und Fortpflanzung ansehen¹⁾.

5. Kritik der gewonnenen Ergebnisse.

Ist bei zwei verschiedenen Außentemperaturen (T und T_1) die Entwicklungsdauer (t und t_1) ermittelt, so läßt sich der Entwicklungsnullpunkt k auch mit Hilfe der verbesserten Blunck'schen Wärmesummenregel (Blunck, 1923) $t(T - k) = c$ berechnen, wobei

$$t(T - k) = t_1(T_1 - k) \text{ und}$$

$$k = \frac{t_1 T_1 - t T}{t_1 - t} \text{ ist.}$$

Derartige Bestimmungen des Entwicklungsnullpunktes führten wir mit Hilfe unserer ermittelten t -Werte durch. Jedoch nur in drei von neun Fällen konnte eine annähernde Übereinstimmung der errechneten k -Werte mit dem von uns experimentell ermittelten Entwicklungsnullpunkt gefunden werden. In weiteren 6 Fällen traten erheblich tiefere, zum Teil sogar negative k -Werte auf.

¹⁾ Anm. Belläufig sei erwähnt, daß die Bewegungsfähigkeit der Blutlaus erst bei viel tieferen Temperaturen aufhört.

Solche sich widersprechenden k -Werte wurden nicht nur aus den Zuchtdateu der Ausgangszuchten errechnet, bei denen derartig fehlerhafte Resultate infolge der schlechten Ernährungsverhältnisse der Tiere zu Beginn der Zuchtversuche denkbar wären, sondern auch aus den Zuchtergebnissen der Nachkommengenerationen wie auch der einzelnen Altersstadien selbst.

Wie bereits Bodenheimer (1927) erwähnt, brauchen derartige ergebnislose Resultate weder auf fehlerhaften experimentellen Beobachtungen noch auf einer Unzulänglichkeit der Blunck'schen Regel zu beruhen. Vielmehr können aus dem Gesamtfaktorenkomplex, der auf das Tier einwirkt, gerade spezielle Faktoren in mehr oder weniger starkem Maße die durch das Experiment beabsichtigten Reaktionen überlagern. Nach unserer Erfahrung, die wir bei unseren täglichen Kontrollen aus dem gesamten Verhalten der Zuchten gewannen, halten wir es kaum für möglich, daß die Temperatur von 24°C bereits in erheblichem Maße nachteilig auf den Entwicklungsablauf der Blutlaus wirkt; genau so wenig wird es wohl bei 16°C der Fall sein. Trotzdem erhält man gerade dann die schlechtesten Resultate, wenn man für die Berechnung von k die Daten der 16 und 24° -Zuchten wählt. Einigermaßen brauchbare k -Werte dagegen wurden erzielt, wenn die bei den niedrigsten Temperaturen erlangten Versuchsergebnisse zur Berechnung herangezogen worden sind. Wollen wir nicht folgern, daß gerade derartig niedrige Temperaturen, die zum Teil nahe an dem experimentell ermittelten Entwicklungsnullpunkt liegen, für die Entwicklung günstig sind, so bleibt immerhin die Tatsache beachtenswert, daß hier die Entwicklung im Zusammenhang mit gewissen Temperaturrhythmen steht. Daß solche Temperaturrhythmen einen weitgehenden Einfluß auf die Entwicklungsdauer ausüben können, ist in der Literatur ja bekannt (Ahmad 1936, Voûte 1936 u. a. m.). Vielleicht spielen sie auch im Lebenszyklus der Blutlaus eine wesentliche Rolle. Berücksichtigt man hierbei noch, daß überaus enge Wechselbeziehungen zwischen der Blutlaus und ihrer Nährpflanze bestehen (vgl. S. 159), und daß die Pflanze unter natürlichen Verhältnissen gleichfalls einem täglichen Temperaturrhythmus unterworfen ist, so wird verständlich, daß wir bei der Analyse des Gesamtfaktorenkomplexes noch zahlreicher Vorarbeiten bedürfen.

Mahnnten uns schon derartig sich widersprechende Werte eines Entwicklungsnullpunktes zur Vorsicht, so gab uns weiter die Tatsache zu denken, daß die ermittelten Entwicklungszeiten nicht immer einen gleichsinnigen Verlauf zeigten. Bei 16°C verlief die Entwicklung bei 60% relativer Feuchtigkeit langsamer als bei $75\text{--}80\%$, während sie unter dem Einfluß von 24°C bei 60% relativer Feuchtigkeit ein wenig schneller beendet war als bei $75\text{--}80\%$. Aus folgenden Erwägungen glaubten wir den bei

24° C erzielten Ergebnissen nicht ganz trauen zu dürfen: Bei 30° C und 75 % relativer Feuchtigkeit fanden wir trotz denkbar ungünstiger Lebensbedingungen noch eine Gesamtentwicklungsdauer von rund 13 Tagen. Bei 30° C und 60 % relativer Feuchtigkeit benötigten die Blutläuse bis zum 3. Larvenstadium bereits über 12 Tage im Durchschnitt. Hätten sich die Läuse unter diesen Zuchtbedingungen bis zur erlangten Geschlechtsreife halten können, dann hätte die Entwicklung vermutlich weit mehr Zeit benötigt als bei 75 % relativer Feuchtigkeit und gleicher Temperatur. Gleichzeitig fällt auf, daß auch bereits bei 16° C die Entwicklung bei 60 % relativer Feuchtigkeit langsamer verläuft als bei 75 %. Es wäre demzufolge auch bei 24° C für die niedrigere Feuchtigkeit eine Verzögerung der Entwicklung zu erwarten gewesen. Der Versuch ergab jedoch das Gegenteil.

Bei der Suche nach den Ursachen dieser sich widersprechenden Ergebnisse drängte sich die Vermutung auf, daß möglicherweise eine verschiedene Konstitution der Wirtspflanze (etwa verschieden starke Saftströmungen oder Saftkonzentrationen in den einzelnen Jahreszeiten) jeweils vorlag, die sich ihrerseits auf die Ernährung und damit indirekt auch auf die Entwicklungsvorgänge der Tiere auswirken könnte. Uns lag diese Annahme um so näher, als wir die einzelnen Versuchsreihen aus technischen Gründen zeitlich nacheinander durchführen mußten, so daß also stets solche Apfelbäume als Zuchtbäumchen zur Verfügung standen, die sich nicht nur durch ihre individuelle Gesamtkonstitution, sondern vermutlich auch durch eine jahreszeitlich bedingte Konstitution unterschieden.

6. Der Einfluß der Wirtspflanze auf die Entwicklungsdauer der Blutlaus.

Der Frage, welchen Einfluß die verschiedenen jahreszeitlichen Wachstumszustände der Wirtsbäume auf die Blutlaus ausüben, wurde in zwei Versuchsreihen nachgegangen. Ein am 2. 9. 38 angesetzter Zuchtversuch, der bei 24° C und 75 — 80 % relativer Feuchtigkeit lief, wurde am 28. 10. — also nach fast 2 Monaten — bei gleicher Temperatur und Feuchtigkeit wiederholt. In beiden Fällen setzten wir die Blutläuse auf zwei annähernd gleich starke Goldparmänebäumchen. Fernerhin achteten wir darauf, daß sich die Saugstellen der Larven an möglichst entsprechenden Stellen des Stammes und der Seitentriebe befanden. Wir wollten dadurch die Möglichkeit ungleicher Ernährungsverhältnisse, die vielleicht durch Stauungen der Saftströme an den Seitentrieben gegeben wären, ausschalten. Zur gleichen Zeit (Ende Oktober) wurde noch ein weiteres Goldparmänebäumchen von annähernd gleich gutem und gleich starkem Wuchs mit Blutläusen infiziert. Während jedoch das erstgenannte Bäumchen, das unmittelbar vor dem Versuch aus dem Freien kam, noch die

alten, allerdings schon stark gelb verfärbten Blätter des Jahres trug, begann das zweite Bäumchen, das vor der Infektion rund einen Monat lang im Thermohygrostaten gestanden hatte, bereits wieder zu treiben. Der eine Baum stellte sich also auf die Winterruhe um. Im zweiten Baum dagegen setzte der Saftstrom ein. Bei dem sich zur Winterruhe anschickenden Baum dauerte die Gesamtentwicklung der drei Larven, die bis zum erwachsenen Tier gezogen werden konnten, 15, 15 und 20 Tage, bei dem treibenden Baum dagegen 8, 10 und 12 Tage. Die Ausgangszucht in unseren Hauptversuchen, die zwei Monate davor angesetzt worden waren, benötigte im Maximum 14, im Minimum 13 und im Durchschnitt (von 7 Tieren) 13,9 Tage für die Entwicklung von der Larve bis zur fertigen Imago. Diese beträchtlichen Unterschiede, die wir für die Entwicklung der Blutlaus bei 24° C feststellten, deuten tatsächlich darauf hin, daß die Ernährung und mit ihr die Entwicklung dieses saugenden Insektes in hohem Maße von den in der Wirtspflanze bzw. in der Galle sich vollziehenden Stoffwechselvorgängen abhängt, wodurch die Wirkung von Temperatur und Feuchtigkeit teilweise überlagert zu werden scheint.

Die Abhängigkeit der Aphiden vom Zustand ihrer Wirtspflanze ist in der Literatur wiederholt erörtert worden. So bleiben nach Baker und Turner (1916) die Apfelblattläuse bei schlechter Nahrung klein und benötigen für ihre Entwicklung durchschnittlich 11,5 Tage, während bei guter Nahrung die Insekten größer werden und in 7,7 Tagen die Entwicklung durchlaufen. Lathrop (1923) fand für *Aphis pomi* gleichfalls keine direkte Beziehung zwischen Feuchtigkeit und Entwicklungsdauer, wohl aber ließ sich zwischen jahreszeitlichem Zustand der Pflanze und Entwicklungsdauer eine Beziehung feststellen.

Nach Marcovitch (1934), dem wir nähere Angaben über den Einfluß der Temperatur auf die Blutlaus verdanken, scheint die optimale Temperatur für die Entwicklung der Blutlaus bei 20° C zu liegen. Wir haben den Versuch bei 20° C und 60 % relativer Feuchtigkeit im Herbst 1939 mit Blutläusen an einem „Goldpirmänebäumchen“ und einem der Sorte „Schöner aus Boskoop“ wiederholt. Die „Goldpirmäne“ wies mehrere Blutlausgallen auf, während der Boskoop völlig unversehrt war. Beide Bäume begannen die Blätter zu verlieren. Während die Blutläuse auf der Goldpirmäne im Durchschnitt nur 10,0 Tage für ihre Gesamtentwicklung brauchten, benötigten sie auf dem „Boskoop“ 19,8 Tage. Man ist zunächst geneigt anzunehmen, daß diese Unterschiede auf die verschiedenen Apfelsorten zurückzuführen seien, obwohl beide Sorten als stark anfällig bekannt sind. Tatsächlich aber werden die zahlreichen Blutlausgallen der Goldpirmäne den aufgesetzten Larven das Festsaugen wesentlich erleichtert haben. Die günstigere Ernährungsmöglichkeit auf den Blutlausgallen der Goldpirmäne drückt sich auch in der kürzeren Entwicklungsdauer des ersten Larvenstadiums dieser Zucht aus. Vergleicht

man die Ergebnisse mit denen der Tabellen 1 und 2, so stimmen die Ergebnisse der Goldparmäneezucht mit den bei 24° C erlangten Züchtergebnissen der 1. Nachkommengeneration, die auf den von den Muttertieren erzeugten Gallen lebten, annähernd überein, während die Boskoopzuchten weit längere Entwicklungszeiten benötigten als die Ausgangszuchten bei 16° C. Auch diese Ergebnisse zeigen deutlich, wie bedeutend der Einfluß der Pflanze auf die Entwicklung der Blutlaus ist.

C. Der Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf die Vermehrung.

1. Problemstellung und Methode.

Da über die Vermehrungsverhältnisse der Blutlaus bisher nur wenig bekannt ist, boten die Untersuchungen über den Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf die Entwicklungsdauer der Blutlaus gleichzeitig günstige Gelegenheit, den Einfluß dieser Faktoren auf die Vermehrungsverhältnisse der Blutlaus näher zu erforschen.

Daß Witterungsfaktoren auf die Nachkommenproduktion einen Einfluß auszuüben vermögen, ist hinreichend bekannt. Insbesondere sind derartige Untersuchungen an oviparen Insekten ausgeführt worden. So fand Z w ö l f e r (1934), daß bei Aufzucht von Nonnenraupen bei rund 25° C und 50 bis 100% relativer Feuchtigkeit die höchsten Durchschnittswerte an Eiern erzielt wurden. Einen ähnlichen Wärmeeinfluß stellte A l i (1934) für den Schwammspinner fest. A n d e r s e n (1934) wiederum konnte noch beim erwachsenen *Sitona*-Weibchen eine Abhängigkeit der Eiproduktion von der Temperatur feststellen. Auch S c h u l z e (1926) fand bei *Trichogramma evanescens* ähnliche Verhältnisse wie A n d e r s e n.

Nachdem wir uns über Bau und Wirkungsweise des weiblichen Genitalsystems in Vorversuchen nähere Klarheit verschafft hatten (vgl. E h r e n h a r d t 1939), versuchten wir im Folgenden festzustellen, welchen Einfluß verschiedene Temperatur- und Feuchtigkeitsgrade sowohl auf die Höhe der Nachkommenproduktion als auch auf die tägliche Geburtenzahl ausüben. Die Versuche wurden folgendermaßen durchgeführt: Ein Teil der Läuse, die für die Untersuchungen über die Entwicklungsdauer dienten, wurde gleich nach der letzten Häutung präpariert und die Anzahl der in den Ovarien der Virgo vorhandenen Eier und Embryonen bestimmt. Aus der Summe der bereits geborenen Jungen sowie der Eier und Embryonen ließ sich dann die Gesamtsumme aller Nachkommen, die von jedem Tier zu erwarten gewesen wäre, ermitteln. Der andere Teil der erwachsenen Läuse verblieb auch weiterhin an den Bäumen. Diese Tiere wurden täglich einmal auf die Zahl der geborenen Jungen hin kontrolliert. Ein Teil dieser zurückgehaltenen Läuse wurde nach einer gewissen Zeit, die sich nach den jeweiligen Versuchsbedingungen richtete, wiederum präpariert, um die in den Ovarien vorhandenen Nachkommen zu zählen und die Gestalt der Ovarien selbst zu untersuchen. Den Rest der alten am Baum verbleibenden Läuse schließlich versuchten wir wenigstens bis zur Ablage des letzten Embryos weiter zu ziehen. Obwohl das sehr schwierig war, da die alten Läuse gegen Ende der Nachkommenablage uns vielfach verloren giengen (wohl infolge der überaus starken Abnahme ihrer sämtlichen Lebensfunktionen), konnten wir doch in mehreren Fällen diese Zuchtversuche

durchführen. Aus der gegebenenfalls auftretenden Nachkommendifferenz bei denjenigen Tieren, die unmittelbar nach der letzten Häutung präpariert wurden, und den bis zur Ablage des letzten Embryos am Leben gebliebenen Läusen hofften wir gleichzeitig die Frage zu klären, ob mit Abschluß des letzten Larvenstadiums auch die Eibildung abgeschlossen ist, bzw. wie lange die Keimproduktion bei der erwachsenen Ungeflügelten fort dauert.

2. Der Einfluß von 16° C und 75—80 % relativer Feuchtigkeit.

In Tabelle 3 sind die Nachkommenverhältnisse, wie wir sie nach der Aufzucht der Läuse bei 16° C fanden, für die Ausgangszucht und 1. Nachkommengeneration wiedergegeben. Tier Nr. 12 und 5 sind am Tage der letzten Häutung präpariert worden (vgl. Säule 2 und 3). Bemerkenswert ist, daß innerhalb der letzten 24 Stunden, die zwischen den beiden letzten Kontrollen lagen, nicht nur die letzte Häutung stattfand, sondern auch bereits Junge zur Welt gebracht wurden. In den Ovarien von Tier Nr. 12 waren insgesamt 126 Keime, von Tier Nr. 5 131 Keime vorhanden, die sich auf 34 und 39 Embryonen und je 92 Eier verteilten¹⁾. Ein Vergleich der Nachkommenziffern sämtlicher Läuse der

Tabelle 3. Die bei 16° C und 75—80% relativer Feuchtigkeit ermittelten Nachkommenverhältnisse.

Tier Nr.	Entwicklungs- dauer in Tagen bis z. erw. Laus	präpa- riert nach Tagen	A n z a h l			Summe d. Eier u. Embryo- nen	Gesamtz. aller Nach- kommen	
			geb. Junge	Embryo- nen	Eier			
Ausgangszucht	12	15	15	3	34	92	126	129
	5	17	17	1	39	92	131	132
	15	18	21	15	40	95	135	150
	17	16	24	40	52	65	117	157
	6	18	28	53	51	78	129	182
	11	17	36	146	22	15	37	183
	10	16	52	188	0	0		188
	8	18	60	162	0	0		162
1. Nachkom- mengeneration	17a	13	13	0	45	81	126	126
	17b	14	16	16	47	73	120	136
	8b	16	22	27	51	102	153	160
	6c	15	21	23	62	50	112	135
	8a	13	20	49	70	21	91	140

¹⁾ Da die Entwicklung in den Eiern mit ihrem Austreten aus den Endkammern einsetzt und dann unter normalen Verhältnissen stetig weiterschreitet, ist eine eindeutige Trennung der Keime in Eier und Embryonen kaum möglich. Bei allen unseren Untersuchungen sind die Entwicklungsstadien, bei denen durch das Auftreten der immer stärker werdenden Pigmentierung die Anlage der Organbezirke erkenntlich war, als Embryonen gerechnet worden. (Ehrenhardt 1939).

Ausgangszucht miteinander läßt erkennen, daß die Summe der Nachkommen bis zu einem gewissen Alter der Muttertiere allmählich zunimmt. Bei Tier Nr. 15, das drei Tage nach Erlangung der Geschlechtsreife präpariert worden ist, beträgt die Nachkommenziffer schon 150, nach 8 tägiger Geschlechtsreife (Nr. 17) sind es 157, nach 19 Tagen (Nr. 11) 183 Nachkommen. Und diese Werte werden auch von solchen Tieren, die selbst bis zur Geburt des letzten Embryos gehalten wurden, nicht mehr (Nr. 8) oder nur wenig (Nr. 10) überschritten. Die Eizahl ist hiernach von rund 130 ermittelten Nachkommen bei gerade geschlechtsreif gewordenen Läusen bis auf rund 180 Nachkommen bei alten Läusen angestiegen. Umgerechnet auf die 8 Ovarien der Blutlaus würden also nach erlangter Geschlechtsreife in jeder Endkammer etwa 5 bis 6 Eier zusätzlich gebildet und ausgestoßen werden. Berücksichtigt man allein die in den Ovarien enthaltene Anzahl der Eier und Embryonen, so läßt sich auch der Zeitpunkt, an dem die weitere Bildung von Keimen bei dieser Zuchttemperatur aufhört, annähernd bestimmen. Bis zum 3. Tage nach erlangter Geschlechtsreife nimmt die Zahl der Eier und Embryonen zu. Da am 8. Tage nach erlangter Geschlechtsreife bereits weniger Keime in den Ovarien zu finden sind als in den jüngeren Erwachsenen, dürfen wir annehmen, daß die Erzeugung weiterer Keime bei den erwachsenen Blutläusen in der Zeit zwischen dem 3. und 8. Tage aufhört.

Daß das Versiegen der Eiproduktion auch morphologisch an den Veränderungen der Ovarien festgestellt werden kann, ist schon an anderer Stelle (Ehrenhardt 1939) beschrieben worden. Hier seien daher nur kurz charakteristische Einzelheiten dargestellt. Alle Läuse, die unmittelbar nach ihrer letzten Häutung präpariert wurden, enthielten in den einzelnen Eiröhren annähernd die gleiche Zahl von Eiern (z. B. 11—12 bei 16° C und 75—80% r. F.) und Embryonen (4—5 bei 16° C und 75—80% r. F.). Bei Tieren, die 8—10 Tage nach der letzten Häutung präpariert wurden, begannen die Eizahlen in den Eiröhren schon merklich zu schwanken (5—12 Eier und 5—7 Embryonen je Eiröhre).

Derartig variierende Eizahlen, die fast ausnahmslos auch mit einer Verkümmerng der Eiröhren verbunden sind, sind für „alternde“ Läuse charakteristisch; sie sind wohl darauf zurückzuführen, daß die Erzeugung der Keime in den einzelnen Endkammern nicht zur gleichen Zeit aufhört. Je älter das Tier wird, umso unregelmäßigere Nachkommenverhältnisse findet man in den Ovariolen vor. Natürlich werden durch den Ausfall der Eier die Unregelmäßigkeiten allmählich auch auf die Embryonen übertragen, nämlich dann, wenn sich die noch vorhandenen Eier zu Embryonen entwickelt haben. So enthielten z. B. die Eiröhren einer Laus, die am 19. Tage nach der letzten Häutung untersucht worden ist, nur noch 1 bis 3 Embryonen und 0 bis 6 Eier. Bei einem seit

36 Tagen erwachsenen Tier endlich waren weder Eier noch Embryonen in den weitgehend zusammengeschrumpften Eiröhren vorhanden.

Schließlich sei noch auf die charakteristische Höhe der täglichen Geburtenziffern innerhalb der einzelnen Lebensabschnitte der Mutterläuse eingegangen. In Tabelle 4 ist für die beiden am längsten lebenden Tiere der Ausgangszucht (Nr. 8 und 10) die tägliche Geburtenzahl als 5-tägiges Mittel jeweils zu einer Klasse, sowie die maximale und minimale Geburtenanzahl innerhalb dieser Fünferklassen wiedergegeben worden. Wie man sieht, steigt die tägliche Geburtenzahl allmählich an, in dem einen Falle bis zum 15. Tage, im anderen bis zum 20. Tage. Gewöhnlich werden schon am 1. Tage, an dem die Laus erwachsen ist, etwa 1 bis 3 Junge geboren. Die höchste Tagesziffer wird mit 16 Jungen erreicht. Dann nimmt die Geburtshäufigkeit ständig ab, wobei gegen Ende der Geburtstätigkeit schließlich auch 1 bis 2 Tage ohne Geburten vor die Geburt der letzten Jungen eingeschaltet werden können.

Tabelle 4. Tägliche Geburtenziffer bei 16° C und 75—80 % relativer Feuchtigkeit.

	Tägliche Geburtshäufigkeit					
	Tier Nr. 8			Tier Nr. 10		
	Max.	Min.	M	Max.	Min.	M
1. bis 5. Tag	4	2	2,4	5	2	3,4
6. " 10. "	8	2	5,0	9	6	7,2
11. " 15. "	13	5	9,4	16	8	11,0
16. " 20. "	12	7	9,8	12	5	9,0
21. " 25. "	8	1	5,2	9	3	5,0
26. " 30. "	1	0	0,6	3	0	0,6
31. " 35. "	0	0	0,0	0	0	0,0
36. " 40. "	0	0	0,0			
41. " 45. "	0	0	0,0			

Ähnliche Verhältnisse, wie wir sie für die Vermehrung der Ausgangszucht bei 16° C fanden, beobachteten wir auch bei deren Nachkommen (vgl. Tab. 3). Auch hier ist die gesamte Nachkommenziffer bei dem unmittelbar nach der letzten Häutung untersuchten Tier (17a) am niedrigsten. Die Nachkommenzahl steigt dann mit zunehmendem Alter an. Wie aus der Embryonen- und Eizahl sowie aus dem allgemeinen morphologischen Befund der Ovarien hervorgeht, ist mit dem 6. bis 7. Tag die Eiproduktion in den Endkammern der Ovarien als abgeschlossen anzusehen (Tier Nr. 6c und 8a). Eine Ausnahme bildet Tier 8b, bei dem sowohl aus dem Nachkommen- als auch aus dem Präparationsbefund hervorgeht, daß die Eierzeugung noch nicht abgeschlossen gewesen sein kann.

Vergleicht man die Nachkommenziffern der Ausgangszucht mit der

ihrer Nachkommengenerationen, so fällt auf, daß die Nachkommenziffern der Ausgangszucht in allen analogen Fällen stets höher liegen als bei der folgenden Generation. Ob diese Tatsache etwa in direktem Zusammenhang mit den auf die Läuse einwirkenden Temperatur- und Feuchtigkeitsfaktoren steht, etwa in dem Sinne, daß die Temperatur von 16° C die Nachkommenquote im Laufe der Generationen senkt, wäre denkbar, ist in diesem Falle aber unwahrscheinlich. Näher liegt die Annahme, daß die schnellere Entwicklung der Nachkommen bei gleicher Temperatur, die wir als Folge der besseren Ernährungsverhältnisse fanden (vgl. S. 152), mit einer Verringerung der Keimproduktion verbunden ist. Von hier aus ist vielleicht auch zu verstehen, weshalb gerade Tier Nr. 8 b, das die längste Entwicklungszeit hat, auch die höchste Nachkommenziffer aufweist.

3. Der Einfluß von 24° C und 75—80 % relativer Feuchtigkeit.

Die bei diesen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen erzielten Ergebnisse ähneln in großen Zügen den bei 16° C gefundenen Verhältnissen. Auch hier haben die unmittelbar nach der letzten Häutung präparierten Tiere sowohl der Ausgangszucht als auch der Nachkommengeneration die niedrigste Nachkommenziffer, die bei der Ausgangszucht zwischen 89 und 92 und bei der Nachkommengeneration zwischen 55 und 86 schwankt. Bei beiden Zuchten nimmt dann die Nachkommenziffer bis zu einem gewissen Alter der erwachsenen Läuse zu (154 bzw. 112 Nachkommen). Ferner sind auch die Nachkommenziffern bei der Ausgangszucht in allen analogen Fällen höher als bei ihrer Nachkommengeneration (vergl. die obenstehenden eingeklammerten Zahlenwerte). Andererseits sind jedoch hier weder bei der Ausgangszucht noch bei deren Nachkommen so hohe Nachkommenziffern wie nach einer Wärmeeinwirkung von 16° C erreicht worden. Ferner ist hier auch der Zeitpunkt, an dem die Produktion der Keime in den Endkammern eingestellt wird, keineswegs mehr so eindeutig feststellbar. So fanden wir bei der Ausgangszucht Tiere, die noch am 7. Tage nach der letzten Häutung (vgl. dagegen bei 16° C!) normal aussehende Ovarien mit der Maximalzahl von 105 Keimen (Eier + Embryonen) besaßen.

Auch die täglichen Geburtenziffern weichen von denen bei 16° C auffallend ab. Bei 24° C wird das Geburtenmaximum bereits innerhalb der ersten 10 Tage erreicht, dann klingt die Geburtenhäufigkeit allmählich ab. Bei 16° C dagegen steigt die an sich zunächst etwas niedrigere durchschnittliche Geburtenziffer zwar etwas langsamer, erreicht aber weit höhere durchschnittliche Maximum-Werte als bei 24° C und nimmt dann umgekehrt schneller ab. Obwohl sich also die Larven bei

24° C schneller zur geschlechtsreifen Blutlaus entwickeln als bei 16° C, scheint diese Temperatur die Bildung und Entwicklung der Keime schon nachteilig zu beeinflussen, da sowohl weniger Keime gebildet als auch weniger Junge täglich geboren werden.

4. Der Einfluß von 30° C und 75—80% relativer Feuchtigkeit.

Bei der überaus schwierigen Aufzucht der Blutläuse bei 30° C konnten, wie schon weiter oben mitgeteilt wurde (S. 153), insgesamt nur 3 Blutläuse von der Larve bis zur erwachsenen Laus herangezogen werden, wobei obendrein das eine Tier unmittelbar nach der letzten Häutung einging. Während die eine der beiden noch verbliebenen Läuse unmittelbar nach der letzten Häutung präpariert worden ist, gelang es, das zweite Tier noch 13 Tage lang auf der Galle weiterzuziehen. In diesen 13 Tagen ist nicht ein einziges Junges geboren worden. Will man nicht annehmen, daß gerade dieses eine Tier irgend welchen zufallsmäßig bedingten Anormalitäten unterworfen war, oder daß bei dieser Temperatur (30°) etwa die Geburtstätigkeit aussetzt, dann liegt immer noch die Annahme am nächsten, daß der weibliche Genitalapparat der Blutlaus bei Zuchttemperaturen von 30° C so schwere Schädigungen erleidet, daß sämtliche Entwicklungsvorgänge von der Bildung der Keime in der Endkammer bis zur Entwicklung des Embryos anormal verlaufen. Für diese letztere Annahme spricht in hohem Maße der Präparationsbefund bei dem unmittelbar nach der letzten Häutung untersuchten Tier. Hier fanden wir in den Ovarien 6 Embryonen und 41 Eier, die demnach 47 Nachkommen ergeben hätten. Von diesen 6 Embryonen waren 2 nahezu vollständig entwickelt, die übrigen vier befanden sich auf recht primitiver Entwicklungsstufe. Die Eier sahen unwahrscheinlich klein und nahezu glasklar aus. Sie hoben sich von den Embryonen auffällig ab. Da nur 6 Embryonen vorhanden waren, enthielten 2 Eiröhren nur Eier. Die bereits bei 24° C beobachtete Erscheinung, daß mit steigenden Temperaturgraden (oberhalb von 16° C) die Bildung und Entwicklung der Keime verzögert wird, zeigt sich bei 30° C, also in der Nähe der kritischen Wärme noch ausgesprochener.

5. Der Einfluß von Temperaturen um den Entwicklungsnullpunkt.

Diejenigen erwachsenen Läuse, die für die Untersuchung der Nachkommenverhältnisse bei Temperaturen um den Entwicklungsnullpunkt herum dienten, wurden bei ähnlichen Temperaturen gezogen, wie sie bei der Untersuchung der Entwicklungsdauer dienten. Auch bei diesen Temperaturen fanden wir für die Tiere, die unmittelbar nach der letzten

Häutung präpariert worden sind, die geringsten Nachkommenziffern. Mit zunehmendem Alter der Tiere erhöhte sich auch hier diese Zahl, wenn auch in bescheidenem Maße.

Im allgemeinen weisen die Embryonen und Eier aller Läuse, die bei derartig niedrigen Temperaturen gezogen werden, charakteristische Entwicklungszustände auf (vgl. auch Ehrenhardt 1939). Die jüngsten Eistadien sehen klein und wenig entwickelt aus. Die Embryonen sind gleichfalls wenig entwickelt. In einigen Fällen waren die ältesten Embryonen auffallend dunkelbraun gefärbt und ähnelten totegeborenen Larven, wie sie im Freien von den überwinternden erwachsenen Läusen zur Welt gebracht werden. Im Vergleich zu den bei 16° C oder 24° C gefundenen Nachkommenziffern liegen die hier gefundenen Zahlenwerte durchweg tiefer (97 bis 116 Nachkommen). Da wir leider bei der unter dem Einfluß derartig tiefer Temperaturen überaus langsamen Entwicklung und Nachkommenproduktion nicht in der Lage waren, Blutläuse innerhalb der kalten Jahreszeit bis zur weitgehenden Entleerung der Ovarien zu halten, können wir auch keine zuverlässigen Aussagen über die wahre Größe der Gesamtnachkommenschaft machen. Vermutlich dürfte die Nachkommenziffer (d. h. die weitere Produktion von Eiern im erwachsenen Zustand) noch in geringem Maße weitersteigen. Wie hoch sie jedoch noch steigen könnte, kann kaum geschätzt werden, zumal bei langem Aufenthalt bei derartig tiefen Temperaturen auch die Geburtsvorgänge der Blutläuse anormal zu verlaufen scheinen. So ist z. B. von einem erwachsenen Tier in den ersten 20 Tagen bei Temperaturen, die im Mittel zwischen 8 und 10° C lagen, nie mehr als 1 Junges täglich geboren worden, und diese höchste Geburtenziffer von einem Jungen je Tag wurde nicht wieder erreicht, als später die Temperaturen sogar bis auf 16° C anstiegen. Die überaus niedrige Geburtenziffer (0,2 bis 1,0 Junge im Durchschnitt je Tag bei Durchschnittstemperaturen von 8,2 bis 9,9° C — Minimum 6,6° C; Maximum 11,4° C), die wir im fünftägigen Durchschnitt fanden, zeigt andererseits schon deutlich, wie sehr sich die Gebärfähigkeit ihrem Nullpunkt nähert. Aus den täglichen Aufzeichnungen der Maximal- und Minimaltemperaturen und aus der Geburtshäufigkeit, die wir hier im einzelnen nicht wiedergeben können, geht weiter hervor, daß die Geburtstätigkeit bei einem Absinken der täglichen Temperatur unter 7° C vollständig eingestellt wird.

D. Zusammenfassung.

1. Bei Untersuchungen über den Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit auf die Entwicklung und die Vermehrungsverhältnisse wurden Blutläuse von der Geburt bis zur erlangten Geschlechtsreife Temperaturen von 16°, 20°, 24° und 30° C und 60% und 75—80% relativer Feuchtigkeit ausgesetzt.
2. Die Entwicklungsdauer bei einer bestimmten Temperatur ist davon

abhängig, ob die Blutläuse auf einen völlig gesunden, noch nicht besiedelten Baum angesetzt werden, oder ob die Tiere auf einer bereits von Läusen besetzten Galle saugen; in dem zuletzt genannten Falle ist die Entwicklungsdauer stets kürzer.

3. Das erste Larvenstadium benötigt jeweils die längste Entwicklungszeit.

4. Eine Temperatur von 30° C wirkt bereits nachteilig auf die Entwicklung der Läuse; Junge werden bei diesen Temperaturen nicht mehr geboren.

5. Der experimentell ermittelte Entwicklungsnullpunkt liegt bei 7° C. Bei dieser Temperatur wird auch die Nahrungsaufnahme und Geburtstätigkeit eingestellt.

6. Der Versuch, den Entwicklungsnullpunkt mit Hilfe der Blunck'schen Wärmesummenregel zu bestimmen, fiel negativ aus. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, daß neben der Temperatur und Feuchtigkeit auch gleichzeitig die Nährpflanze einen weitgehenden Einfluß auf die Blutlaus ausübt.

7. Bezüglich der Nachkommenverhältnisse konnte festgestellt werden, daß bei jeder Temperaturstufe mit Ausnahme von 30° C die Eiproduktion erst im weiteren Verlaufe des Imaginallebens abgeschlossen wird.

8. Der Zeitpunkt, wann die letzten Keime von dem erwachsenen Tier gebildet werden, ist von der Temperatur abhängig.

9. Die größte Nachkommenzahl wurde bei einer Zuchttemperatur von 16° C erzielt.

10. Bei tieferen und höheren Temperaturen nahm die Zahl der Nachkommen ab.

11. Läuse, die bei 30° C gehalten wurden, zeigten in den Ovarien völlig anormale Zustände; Junge wurden bei dieser Temperatur innerhalb von 13 Tagen nicht geboren.

12. Unterhalb von 7° C werden keine Jungen geboren.

E. Schrifttum.

- Ahmad, T.: The Influence of constant and alternating Temperatures on the Development of certain Stages of Insects. Natl. Inst. Sci. India Proc., 2, 67—91, 1936.
- Ali, M.: Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklung des Schwammspinners, *Portheiria dispar* L. Zeitschr. angew. Entom. 20, 254—381, 1934.
- Andersen, K.: Der Einfluß der Umweltsbedingungen (Temperatur und Feuchtigkeit) auf die Eierzeugung und Lebensdauer eines Insektes (*Sitona lineata*) mit postmetaboler Entwicklung und langer Legezeit. Zeitschr. angew. Entom. 20, 85—116, 1934.
- Baker, A. C. and W. F. Turner: Morphology and Biology of the Green Apple Aphis. Journ. Agr. Res. 5, 955—993, 1916.
- Blunck, H.: Die Entwicklung des *Dytiscus marginalis* L. vom Ei bis zur Imago. II. Teil. Zeitschr. wiss. Zool. 121, 171—391, 1923.
- Bodenheimer, F.: Über die Voraussage der Generationszahl von Insekten. III. Die Bedeutung des Klimas für die landwirtschaftliche Entomologie. Zeitschr. angew. Entom. 12, 91—122, 1927.
- Börner, C.: *Aphidoidea*. In Sorauer Handb. Pflanzenkr., 5, Berlin 1932.
- Ehrenhardt, H.: Vergleichende Untersuchungen über postembryonale Entwicklungszustände in den Ovarien der Blutlaus. — Anz. Schädlingssk. 15, 73—80, 1939.

- Lathrop, F. H.: Influence of Temperature and Evaporation upon the Development of *Aphis pomi*, De Geer. — Journ. Agric. Res. 23, 969—987, 1928.
- Marcovitch, A.: The Woolly Aphis in Tennessee. — Journ. econ. Ent. 27, 779—784, 1934.
- Meyer, E.: Ein einfacher, selbstherstellbarer Thermohygrostat mit innerer Luftzirkulation. Zeitschr. angew. Entom. 20, 624—635, 1934.
- Mordvilko, A.: Beiträge zur Biologie der Pflanzenläuse, *Aphididae* Passerini. — Biol. Zbl. 27, 529—550, 1907.
- Schulze, H.: Über die Fruchtbarkeit der Schlupfwespe *Trichogramma evanescens* Westw. — Zeitschr. Morph. Ökol. Tiere. 6, 553—585, 1926.
- Voûte, A.D.: [Der Einfluß der Temperatur auf die Vermehrung der Insekten.] Hand. T. Nord-Ind. natural. Kongr. Batavia, 472—480, 1936.
- Zwölfer, W.: Studien zur Ökologie, insbesondere zur Bevölkerungslehre der Nonne, *Lymantria monacha* L. (Vermehrungspotential und Sterblichkeit der Entwicklungsstufen in ihren Beziehungen zur Temperatur und Luftfeuchtigkeit.) Zeitschr. angew. Entom. 20, 1—50, 1934.

„Aus der entomologischen Welt“.

(An dieser Stelle werden nur Nachrichten über physiologische und angewandte Entomologie gebracht. Die entsprechenden Daten über Morphologen und Systematiker erscheinen stets in den „Arbeiten über morphologische und taxonomische Entomologie“).

Dr. Heinz Klinger, Sachbearbeiter beim Pflanzenschutzamt Münster i. W., fiel am 23. V. 1940 im Westen als Leutnant und Ordonnanzoffizier in einem Infanterie-Regiment (geb. am 16. II. 1911 in Balster, Kreis Dramburg/Pom.). Seine in der Mittelprüfstelle der Biologischen Reichsanstalt angefertigte Doktor-Dissertation „Die insektizide Wirkung von Pyrethrum- und Derrisgiften und ihre Abhängigkeit vom Insektenkörper“ erschien in dieser Zeitschrift (3, 49—69, 115—151, 1936). Zusammen mit A. Winkelmann hat er im „Handbuch der Pflanzenkrankheiten“ (6, 545—563, 1938) die Methoden zur biologischen Prüfung von Pflanzen- und Vorratsschutzmitteln bearbeitet.

Gestorben:

Prof. Dr. F. E. Bugnion am 4. VII. 1939 in Aix en Provence (geb. am 14. VIII. 1845 in Lausanne). Bugnion, der von 1880—1916 Professor der vergleichenden Anatomie und Embryologie an der Universität Lausanne und ein Freund und Schwager Auguste Forel's war, führte zahlreiche vorzügliche anatomische, morphologische, histologische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an Insekten durch und veröffentlichte außerdem Arbeiten über die Termiten von Ceylon, über