

- Schnauer, W., Das Schadgebiet der Tipuliden in Deutschland. Zeitschr. f. wiss. Insektenbiol., 25, 113—129, 1930.
- Untersuchungen über Tipula-Schäden auf den Grünlandflächen im Haveländischen und Rhin-Luch. Arb. d. Landwirtschaftskammer f. d. Provinz Brandenburg und für Berlin, 1—48, 1931.
- Schuch, K., Über den Einfluß der Feuchtigkeit auf das Eistadium des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.) Arb. physiol. u. angew. Entomol. aus Berlin-Dahlem, 5, 220—225, 1938.
- Werth, E., Klima und Vegetationsgliederung in Deutschland. Mitteil. aus der Biolog. Reichsanst. Berlin-Dahlem, Heft 33, 1—40, 1927.

---

## Experimentelle Untersuchungen und Freilandbeobachtungen über den Einfluß von Kälte und Eis auf die Blutlaus <sup>1)</sup>.

Von H. Ehrenhardt,  
Zweigstelle Stade der Biologischen Reichsanstalt.  
(Mit 2 Textfiguren).

### Inhalt.

- A. Einleitung.
- B. Experimentelle Untersuchungen.
1. Versuchsanordnung.
  2. Der Einfluß der Kälte.
  3. Der Einfluß von Kälte und Eis.
  4. Ursachen der Kälteempfindlichkeit.
    - a) Größenunterschiede.
    - b) Unterschiede in den Ovarien.
    - c) Jahreszeitliche Unterschiede.
    - d) Der Einfluß des ausgeschiedenen Waxes.
    - e) Der Einfluß verschiedener Apfelsorten.

---

<sup>1)</sup> Im Obstbaugebiet an der Niederelbe war die Blutlaus jahrzehntelang völlig bedeutungslos. Erst von 1930 an setzte eine immer stärkere Vermehrung des Schädling ein, so daß der Apfelanbau vorübergehend ernstlich gefährdet wurde. Da unsere Kenntnis vom Massenwechsel der Blutlaus noch sehr lückenhaft ist, und da ferner Erfahrungen über die Großbekämpfung in Deutschland kaum vorliegen, bot sich hier eine günstige Gelegenheit zu umfassenden Untersuchungen, mit deren Durchführung der Leiter der Zweigstelle Stade der Biologischen Reichsanstalt, Herr Regierungsrat Dr. Speyer, im Juni 1937 mich betraute.

Die bisher erzielten Untersuchungsergebnisse sollen in einer Reihe von Veröffentlichungen, von denen die hier vorliegende Arbeit die erste ist, bekanntgegeben werden. Dem Deutschen Forschungsdienst, der die Inangriffnahme der Untersuchungen ermöglicht und ihre weitere Durchführung bis Oktober 1938 unterstützt hat, sei an dieser Stelle bestens gedankt. Gleichzeitig danke ich auch Herrn Regierungsrat Dr. Speyer, der die Arbeiten mit Rat und Tat gefördert hat.

C. Freilandbeobachtungen.

1. Der Einfluß der Kälte im Winter 1937/38.
2. Der Einfluß der Kälte im Winter 1938/39.
3. Der Einfluß der Eisbildung.

D. Vergleich mit den Untersuchungsergebnissen anderer Autoren.

E. Zusammenfassung.

Schrifttum.

## A. Einleitung.

In experimentellen Untersuchungen über den Einfluß der Kälte auf die Blutlaus stellte Jancke (1935) eine recht beachtliche Widerstandsfähigkeit der Blutläuse gegen Kälte fest; ferner fand er eine gute Übereinstimmung dieser Ergebnisse mit den während der Winter 1926/27, 1927/28 und 1928/29 gemachten Freilandbeobachtungen (Jancke 1929).

Im Rahmen von Untersuchungen, die sich mit dem Blutlausproblem im niederelbischen Obstbaugebiet befassen, wurde auch der Einfluß der Kälte auf den Massenwechsel der Blutlaus auf Grund von experimentellen Versuchen und Freilandbeobachtungen näher untersucht. Da die Ergebnisse unserer Vorversuche in mancherlei Hinsicht widerspruchsvoll zu sein schienen, war es notwendig, umfangreichere Versuche mit verschiedenartigem Versuchsmaterial durchzuführen. In diesem Zusammenhang ist auch der Einfluß der Kälte auf die verschiedenen Entwicklungsstadien der Blutlaus eingehender geprüft worden<sup>1)</sup>.

Da im niederelbischen Obstbaugebiet extreme Winterkälte im allgemeinen seltener auftritt, während die Neigung zur Glatteisbildung — wohl infolge des Einflusses des feuchten Küstenklimas — häufiger vorhanden ist, erschien es ferner bedeutungsvoll zu erfahren, welchen Einfluß die Eisbildung im Vergleich zur „trockenen“ Kälte auf die Blutlaus ausübt.

## B. Experimentelle Untersuchungen.

### 1. Versuchsanordnung.

Für die experimentellen Untersuchungen dienten: I. Blutlauskolonien, die im Gewächshaus an Topfbäumchen verschiedener Apfelsorten bei einer Temperatur von 11 bis 15° C (von März ab stieg an Sonnentagen gegen Mittag die Wärme über 20° C an) gezogen wurden, und II. Kolonien, die unmittelbar vor dem Versuch aus einem Obsthof des Alten Landes entnommen worden sind. Die Versuche wurden bei —2 bis —3° C, also einer Temperatur, die nur wenig unter dem Gefrierpunkt liegt, und bei —13 bis —16° C durchgeführt. Die aus dem Gewächshaus stammenden

<sup>1)</sup> Auf die verschiedene Anfälligkeit der Blutlaus in den einzelnen Entwicklungsstadien hat Jancke (1929) hingewiesen, jedoch hat er diese Tatsache in seinen experimentellen Untersuchungen über die Kälteempfindlichkeit der Blutlaus (1935) noch nicht berücksichtigt.

Kolonien wurden vor den bei  $-13$  bis  $-16^{\circ}\text{C}$  durchgeführten Versuchen zunächst bei  $-1$  bis  $-2^{\circ}\text{C}$  etwa 2 Stunden lang vorgekühlt und dann erst in die tieferen Versuchstemperaturen gebracht; die aus dem Freiland stammenden Kolonien, die außer im Mai und Juni bei einer Temperatur um  $0^{\circ}\text{C}$  aus dem Obsthof entnommen wurden, sind ohne weitere Vorkühlung in die tiefe Versuchskälte der Kältekammer gebracht worden.

Sowohl mit den aus dem Gewächshaus als auch mit den aus dem Freiland stammenden Blutläusen wurden zwei Versuchsarten durchgeführt: Ein Teil der Läuse wurde der Kälte allein („trockene“ Kälte), ein anderer Teil unter sonst gleichen Bedingungen aber in eingeeistem Zustand der Versuchskälte ausgesetzt. Hierbei wurde mit einem Zerstäuber bei der jeweiligen Versuchstemperatur so lange Wasser auf die Läuse gestäubt, bis sie vom Eis vollkommen eingehüllt waren.

Nachdem die Tiere 24 Stunden lang der Versuchstemperatur ausgesetzt worden waren, wurden sie zur Auswertung stufenweise in die Laboratoriumstemperatur überführt: die bei  $-2$  bis  $-3^{\circ}\text{C}$  gehaltenen Läuse kamen zuerst 3—4 Stunden lang in eine Temperatur von etwa  $6$  bis  $7^{\circ}\text{C}$ , um dann anschließend bei etwa  $12^{\circ}\text{C}$  untersucht zu werden. Bei den bei  $-13$  bis  $-16^{\circ}\text{C}$  gehaltenen Läusen wurde noch ein zwei- bis dreistündiger Aufenthalt bei  $1$  bis  $2^{\circ}$  Wärme eingeschoben.

Bei den Auswertungen wurde dann für jede Versuchsserie die Zahl der lebenden und abgestorbenen Läuse festgestellt, wobei ich die Larvenstadien 1 und 2, 3 und 4 und die erwachsenen Läuse jeweils zu einer Gruppe zusammenfaßte. In jeder dieser 3 Gruppen ist neben der Gesamtsumme aller Versuchstiere der Prozentsatz der im Versuch gestorbenen Tiere angegeben worden (vgl. Tab. I und II). Außerdem habe ich in jeder Versuchsserie die Summe sämtlicher Versuchstiere zu der Gesamtsumme aller im Versuch gestorbenen Läuse in Beziehung gesetzt (vgl. Tab. I, II und V Säule 4).

## 2. Der Einfluß der Kälte.

Tabelle I zeigt, welchen Einfluß eine Kälte von  $-2$  bis  $-3^{\circ}\text{C}$  und  $-15$  bis  $-16^{\circ}\text{C}$  (Säule 2 der Tabelle) auf die drei verschiedenen Altersgruppen (Säule 3) der Treibhaus- und Freilandkolonien (Säule 1) ausübt. Um möglichst fehlerlose Vergleiche zu erzielen, ist gleichwertiges Versuchsmaterial benutzt worden, d. h. die Blutlauskolonien aus dem Freiland und dem Treibhaus sind jeweils vom gleichen Baum, aus möglichst derselben Baumregion und zur gleichen Zeit entnommen worden.

Betrachtet man zunächst allein die Gesamtsumme der durch die Kälte abgetöteten Blutläuse im Vergleich zur Gesamtzahl aller vorhandenen Läuse (Säule 4), so heben sich deutlich zwei verschiedene Ergebnisse her-

Tabelle I. Der Einfluß verschiedener Kälte auf Blutläuse, die aus verschiedenen klimatischen Lebensverhältnissen stammen.

Versuche vom 15. bis 16. 2. 38. Versuchsdauer 24 Stunden.

Versuchsmaterial	Versuchstemperatur in ° C.	Gesamtsumme und % toter Läuse in Stadium:						Anzahl Läuse insgesamt			
		1 und 2		3 und 4		erw.		leb. u. tote	%	tot	
		n	% tot	n	% tot	n	% tot			± m	m-Diff.
Freiland	-2,5±0,5	124	4,8	29	6,9	2	0	155	5,2	1,8	10,5 ± 4,4
Treibhaus	"	29	10,3	24	12,5	80	28,3	83	15,7	4,0	
Freiland	-15,5±0,5	166	15,1	28	39,1	7	42,8	196	18,9	2,8	54,3 ± 6,5
Treibhaus	"	27	70,8	8	75,0	21	76,2	56	78,2	5,9	

vor: I. Bei  $-15$  bis  $-16^{\circ}$  C ist die Sterblichkeit der Läuse sowohl in den Treibhaus- als auch in den Freilandkolonien größer als bei Temperaturen, die nur wenig unter dem Gefrierpunkt liegen. II. Bei gleicher Versuchstemperatur ( $-2,5$  einerseits und  $-15,5^{\circ}$  C andererseits) ist die Sterblichkeit der aus dem Treibhaus stammenden Blutläuse in jedem Falle größer als bei den aus dem Freiland stammenden Tieren. Die mit  $5,2\%$  errechnete geringste Sterblichkeit entfällt auf die bei  $-2$  bis  $-3^{\circ}$  C 24 Stunden lang gehaltenen Läuse aus dem Freiland. Sie ist rund  $\frac{1}{3}$  so groß wie bei den Treibhausläusen, die bei gleicher Kältetemperatur gehalten wurden. Die Differenz der beiden Werte liegt zwischen ihrem doppelten und dreifachen mittleren Fehler; die Versuchsergebnisse können also statistisch als hinreichend gesichert angesehen werden. Noch eindeutiger ist das entsprechende Versuchsergebnis bei  $-15,5^{\circ}$  C. Hier ist die Sterblichkeit der Treibhaustiere fast viermal so groß wie bei den Freilandtieren. Die Differenz liegt weit über ihrem dreifachen mittleren Fehler! Die Sterblichkeit der Treibhaustiere nimmt demnach bei tiefen Temperaturen schneller zu als die der Freilandtiere.

Setzt man nun weiterhin die Sterblichkeit der Freilandtiere bei einer Kälte von  $-2,5^{\circ}$  C zu der bei  $-15,5^{\circ}$  C in Beziehung, und führt man ferner das entsprechende auch bei den Treibhaustieren durch, so erkennt man auch in diesem Falle deutlich, daß die Sterblichkeit bei den Freilandtieren mit 1:3,6 langsamer zunimmt als bei den Gewächshaus-tieren, wo die Sterblichkeit bei  $-2,5^{\circ}$  und  $-15,5^{\circ}$  C sich verhält wie 1:4,7. Die Sterblichkeit der Treibhaus- und Freilandzuchten bei  $-2,5$  und  $-15,5^{\circ}$  C steht also in keinem konstanten Verhältnis. In beiden Fällen ist die Differenz der Werte durch ihren entsprechenden dreifachen mittleren Fehler gesichert.

Berücksichtigt man den Einfluß der Kälte auf die einzelnen Altersstadien der Blutlaus, so zeigt es sich, daß die jüngsten Larvenstadien

sowohl der Freiland- als auch der Treibhauszuchten in beiden Versuchstemperaturen die größte Widerstandsfähigkeit gegen Kälte besitzen; die Sterblichkeit nimmt mit dem Alter zu. Eine Ausnahme bilden in Zeile 1 der Tabelle I die erwachsenen Tiere, von denen entgegen der obigen Formulierung kein Tier gestorben ist. Diese Abweichung kann wohl durch folgendes bedingt sein: Unter den 155 Läusen dieser Versuchskolonie waren nur 2 erwachsene Tiere (gleich 1,3% aller Läuse) vorhanden, und diese beiden Tiere saßen obendrein in einer Aushöhlung der Kolonie unter jüngeren Blutlausstadien. Obwohl der Versuchsausfall in diesem Falle dagegen zu sprechen scheint, werden wir also auch hier in Anlehnung an alle übrigen sonst einheitlichen Ergebnisse eine zunehmende Kälteempfindlichkeit mit zunehmendem Alter zu erwarten haben.

Weiterhin treffen für die einzelnen Altersstadien ähnliche Verhältnisse zu, wie sie oben für die Gesamtsumme aller toten Läuse beschrieben worden sind: Bei gleicher Temperatur ist die Sterblichkeit in den einzelnen Blutlausstadien der Treibhauskolonien jeweils größer als bei den aus dem Freiland stammenden Tieren; bei den Läusen, die den gleichen klimatischen Zuchtbedingungen entstammen, ist die Kälteempfindlichkeit in allen Stadien bei  $-15,5^{\circ}\text{C}$  größer als bei  $-2,5^{\circ}$ . Allerdings ist innerhalb der einzelnen Versuchsreihen das Verhältnis der einzelnen Stadien zueinander nicht immer das gleiche. Es verhalten sich die toten Läuse von Stadium 1 + 2 zu Stadium 3 + 4 zu den Erwachsenen:

1. bei den Freilandzuchten bei  $-2$  bis  $-3^{\circ}\text{C}$  wie 1 : 1,4 : 0(?)
2. bei den Treibhauszuchten bei gleicher Kälte wie 1 : 1,2 : 2,3.
3. bei den Freilandzuchten bei  $-15$  bis  $-16^{\circ}\text{C}$  wie 1 : 2,6 : 2,8.
4. bei den Treibhauszuchten bei gleicher Kälte wie 1 : 1,1 : 1,1.

Im Verein mit den absoluten Werten der Säule 3 in Tabelle I besagen diese relativen Zahlenwerte folgendes: Bei  $-2,5^{\circ}\text{C}$  ist der Einfluß der Kälte auf die einzelnen Stadien der Treibhauszuchten noch deutlich verschieden. Sterben in den Treibhauskolonien 10 Larven im 1. und 2. Stadium, dann sterben 12 Larven im 3. und 4. Stadium und 23 erwachsene Läuse. Anders liegen die Verhältnisse bei der größeren Kälte von 15 bis  $16^{\circ}\text{C}$ . Hier ist die Sterblichkeitsquote bei allen Treibhaustieren fast gleich, d. h. hier scheint der schädigende Einfluß der Kälte schon so groß zu sein, daß die unterschiedliche Kälteempfindlichkeit der Läuse mit zunehmendem Alter von der kritischen Kälteempfindlichkeit aller Organismen dieser Population überlagert zu werden beginnt; daher nähert sich die Sterblichkeit der jüngeren Larvenstadien der der älteren Tiere. Die im Winter aus dem Freien geholten Läuse dagegen sind bedeutend widerstandsfähiger gegen Kälte. Für sie liegt die spezifische kritische Kälteempfindlichkeit bei tieferen Temperaturen. Die Kälte von  $-15,5^{\circ}\text{C}$  vermag in diesen Kolonien noch nicht den Gesamtorganismus aller Läuse schlecht-

hin schwerwiegend zu schädigen, wohl aber werden die einzelnen Altersstadien mit ihrer mehr oder weniger fortgeschrittenen (äußeren und inneren) Differenzierung verschieden stark beeinflusst; die älteren Stadien sind um nahezu das Dreifache empfindlicher gegen Kälte als die jüngsten Stadien (vgl. auch S. 263).

### 3. Der Einfluß von Kälte und Eis.

Auch die in Tabelle II wiedergegebenen Ergebnisse, die im Versuch mit eingeeisten Blutläusen erzielt wurden, zeigen in großen Zügen ähnliche Verhältnisse wie im Versuch mit „trockener“ Kälte: I. Bei den bei  $-15$  bis  $-16^{\circ}\text{C}$  eingeeisten Blutläusen ist die Sterblichkeit nach 24 stündiger Eineisung größer als bei  $-2$  bis  $-3^{\circ}\text{C}$ . II. Die aus dem Freiland stammenden Zuchten sind auch bei der Eineisung widerstandsfähiger als die aus dem Treibhaus stammenden. III. Die Sterblichkeit nimmt mit dem Alter zu.

Tabelle II. Der Einfluß des Eises bei verschiedener Temperatur auf Blutläuse, die aus verschiedenen klimatischen Lebensverhältnissen stammen. Versuche vom 15. bis 16. 2. 38. Versuchsdauer 24 Stunden.

Versuchsmaterial	Versuchstemperatur in $^{\circ}\text{C}$ .	Gesamtsumme und % toter Läuse in Stadium:						Anzahl Läuse insgesamt			
		1 und 2		3 und 4		erw.		leb. u. tote	tot		m-Diff.
		n	% tot	n	% tot	n	% tot		%	$\pm m$	
Freiland	$-2,5 \pm 0,5$	331	24,2	46	30,4	22	59,1	399	26,8	2,2	$19,2 \pm 6,7$
Treibhaus	„	28	30,4	14	42,9	26	61,5	63	46,0	6,3	
Freiland	$-15,5 \pm 0,5$	269	89,6	21	95,2	7	100	297	90,3	1,7	$6,5 \pm 2,2$
Treibhaus	„	65	92,3	37	100	53	100	155	96,8	1,4	

Ein wesentlicher Unterschied besteht jedoch gegenüber den allein der „trockenen Kälte“ ausgesetzten Blutläusen. Die Sterblichkeit der eingeeisten Zuchten ist bei jeweils gleicher Kälte wesentlich höher als dort, obwohl bis auf die verschiedene Art der Kälteeinwirkung alle Versuchsbedingungen genau dieselben waren (gleicher Versuchstag, gleiche Versuchszeit, gleiches Versuchsmaterial). Starben von den aus dem Freiland stammenden Kolonien im Versuch mit trockener Kälte bei  $-2$  bis  $-3^{\circ}\text{C}$  5,2%, bei  $-15$  bis  $-16^{\circ}\text{C}$  18,9% der Tiere, so waren bei gleicher Kälte nach 24 stündiger Eineisung 26,8% bzw. 90,3% der Läuse tot. Die höchste Todesziffer wird in dieser Versuchsreihe bei den aus dem Treibhaus stammenden Tieren mit 96,8% bei einer Kälte von  $-15$  bis  $-16^{\circ}\text{C}$  erreicht. Von den erwachsenen Läusen aller Versuchskolonien überstand kein Tier eine 24 stündige Eineisung bei  $-15,5^{\circ}\text{C}$ . Das gilt sowohl für die aus dem Treibhaus als auch für die aus dem Freiland stammenden Zuchten.

Auch hier gibt innerhalb der einzelnen Versuchsreihen das Sterblichkeitsverhältnis der verschiedenen Gruppen zueinander (Stadium 1 + 2 zu Stadium 3 + 4 zu den Erwachsenen, bezogen auf Stadium 1 + 2 gleich 1) im Verein mit den absoluten Werten ein anschauliches Bild von der verschiedenartigen Zunahme der Empfindlichkeit der einzelnen Blutlausstadien gegen Kälte. Das Verhältnis beträgt:

1. bei den Freilandzuchten bei  $-2^{\circ}$  bis  $-3^{\circ}$  C 1:1,3:2,4
2. bei den Treibhauszuchten bei gleicher Kälte 1:1,4:2,0
3. bei den Freilandzuchten bei  $-15$  bis  $-16^{\circ}$  C 1:1,1:1,1
4. bei den Treibhauszuchten bei gleicher Kälte 1:1,1:1,1.

Wie ersichtlich, wird eine Eineisung bei  $-15,5^{\circ}$  Kälte nun auch von den drei Altersgruppen der Freilandzuchten gleich schlecht ertragen, während durch die trockene Kälte die drei Altersgruppen der entsprechenden Zucht noch deutlich verschieden beeinflusst wurden. Die spezifische Widerstandsfähigkeit gegen derartige Einflüsse (Eineisung) ist demnach noch geringer als bei der Einwirkung der „trocknen Kälte“.

#### 4. Ursachen der verschiedenen Kälteempfindlichkeit.

a) Größenunterschiede. Wie aus den angeführten Versuchen hervorgeht, haben wir bei konstanter Versuchsdauer verschiedene Wirkungskomplexe zu unterscheiden. Die durch die Einwirkung der Kälte verursachte verschieden hohe Sterblichkeit der Freiland- und Treibhaustiere ist zweifellos bedingt durch verschiedene physiologische Verhältnisse, die ihrerseits wieder auf die unterschiedlichen klimatischen Verhältnisse, in denen die Tiere lebten, zurückgeführt werden können. Daß sich der physiologische Zustand der Insekten im Laufe des Jahres unter dem Einfluß klimatischer Faktoren ändern kann, ist in der Literatur ja bekannt (vgl. Speyer, W. 1937, S. 92 ff.). Im Zusammenhang mit der verschiedenen Kälteempfindlichkeit der Freiland- und Treibhausläuse sind folgende Beobachtungen beachtenswert. Die Anfang März im Freien eingesammelten „Wintertiere“ sind im Durchschnitt kleiner als die zur gleichen Zeit dem Treibhause entnommenen Versuchstiere desselben Alters, die größtmäßig den „Sommerläusen“ ähneln. In Tabelle III sind die Ergebnisse der Messungen von Länge, größter Breite und Höhe von je 20 Tieren der drei Altersgruppen eingetragen. Keine Freilandlarve im Stadium 1 und 2 ist über 1 mm lang, während die größte Treibhauslarve desselben Stadiums 1,3 mm mißt. Trotz größerer Länge sind die Treibhauslarven des 1. und 2. Stadiums im Durchschnitt ebenso breit wie die Freilandlarven der entsprechenden Stadien, während die Höhe der Freilandlarven sogar noch größer ist. Im 3. und 4. Larvenstadium und bei den Erwachsenen sind die Längen-, Breiten- und Höhenmaße der Treibhaustiere in allen Fällen größer als die der Freilandtiere. Wie man sieht,

Tabelle III. Länge, Breite und Höhe der einzelnen Blutlausstadien der Treibhaus- und Freilandzuchten. Tag der Untersuchung: der Treibhauszuchten 3. 3. 38, der Freilandzuchten: 5. 3. 38. Die Längenmaße sind in mm angegeben.

	Versuchsmaterial	Larvenstadium 1 u. 2			Larvenstadium 3 u. 4			Erwachsene Läuse		
		Länge	Breite	Höhe	Länge	Breite	Höhe	Länge	Breite	Höhe
Max.	Treibhaus	1,3	0,6	0,4	1,5	0,8	0,7	1,8	1,1	0,9
Min.		0,6	0,3	0,2	1,0	0,4	0,3	1,5	0,8	0,7
M		0,84	0,42	0,27	1,24	0,62	0,49	1,66	0,94	0,77
Max.	Freiland	0,9	0,6	0,4	1,3	0,7	0,6	1,8	1,1	0,8
Min.		0,6	0,3	0,2	0,8	0,5	0,3	1,3	0,6	0,5
M		0,78	0,42	0,30	0,97	0,56	0,39	1,57	0,85	0,66

treten mathematisch faßbare Unterschiede der äußeren Körperdimensionen in den einzelnen Altersgruppen der Treibhaus- und Freilandzuchten auf, die ebenso zu dem verschiedenartigen Versuchsausfall bei Freiland- und Treibhauszuchten in Beziehung gesetzt werden können wie die verschieden hohe Sterblichkeit der einzelnen Altersgruppen innerhalb eines Versuches zu den Körpermaßen der entsprechenden Altersstadien. Im Idealfall würde für das 1. und 2. Larvenstadium bei Zugrundelegung der in Tabelle III angegebenen Mittelwerte (M) für Größe, Breite und Höhe der Rauminhalt der Freilandtiere mit  $0,098 \text{ mm}^3$  größer sein als der der Treibhaustiere ( $0,095 \text{ mm}^3$ ), während die Oberfläche dort mit  $1,38 \text{ mm}^2$  kleiner wäre als hier ( $1,39 \text{ mm}^2$ ). In Wirklichkeit werden natürlich diese grob schematischen Verhältnisse für Oberfläche und Inhalt der Tiere nicht ganz zutreffen. Vergleicht man aber die Larven des ersten Häutungsstadiums der beiden verschiedenen Zuchten unter dem Binokular, dann fällt die etwas kompaktere, von oben betrachtet mehr elliptische, im Querschnitt etwa halbkreisförmige Gestalt der Freilandtiere im Vergleich zu der mehr langgestreckten und im Querschnitt mehr drehrund erscheinenden Gestalt der Treibhaustiere auf. Die Annahme, daß die Winterläuse, insbesondere des 1. und 2. Larvenstadiums — wie aus ihrer Gestalt zu schließen ist — klimatischen Einwirkungen des Winters möglichst wenig Fläche entgegenstellen, ist demnach begründet.

b) Unterschiede in den Ovarien. Neben diesen verschiedenen äußeren Merkmalen sind auch Unterschiede im Innern der Tiere zu verzeichnen. So sind Anfang März in den Ovarien der aus dem Freiland stammenden Läuse weniger Eier und Embryonen vorhanden als zur gleichen Zeit in den Ovarien der Treibhaustiere (und auch der Sommer-



Tabelle IV. Anzahl von Eiern und Embryonen in den einzelnen Blutlausstadien der Treibhaus- und Freilandzuchten. Tag der Untersuchung der Ovarien der Treibhauszuchten; 2. 3. 38: der der Freilandzuchten; 3. 3. 38. M = Mittelwert aus 20 Einzeluntersuchungen; Em. = Embryonen; Ei. = Eier.

	Versuchsmaterial	Larvenstadium 1 u. 2			Larvenstadium 3 u. 4			Erwachsene Läuse		
		Em.	Ei.	Em. u. Ei.	Em.	Ei.	Em. u. Ei.	Em.	Ei.	Em. u. Ei.
Max.	Treibhaus	8	40	48	13	85	98	31	90	119
Min.		0	32	32	5	51	56	18	74	92
M.		2,9	34,7	37,6	9,5	66	75,5	23,9	84,8	108,7
Max.	Freiland	0	38		8	60	68	12	89	100
Min.		0	28		2	50	52	6	56	62
M.		0	32,2		6,4	54,6	61	9	77,4	86,4

tiere)<sup>1)</sup>. In Tabelle IV sind einzelne Ergebnisse von Ovarienuntersuchungen, so weit sie hier von Bedeutung sind, wiedergegeben. Im 2. Larvenstadium wurden bei den Treibhauszuchten im Durchschnitt 2,9 Embryonen je Tier gefunden, die in der Regel jedoch noch sehr schwach entwickelt waren, d. h. die ersten embryonalen Anlagen waren hier gerade in Bildung begriffen und nur an einer leichten bräunlichen Färbung in den größten Eiern erkenntlich; fertig ausgebildete Extremitäten u. a. m. sind noch nicht zu erkennen gewesen. In Larven des ersten Stadiums sind Embryonen nicht gefunden worden. Auch die Zahl der Eier schwankte im Larvenstadium 1 und 2 zwischen 32 und 40, die durchschnittliche Anzahl der gefundenen Eier betrug bei 20 untersuchten Individuen 34,7; d. h. bei acht Eiröhren, die unter normalen Verhältnissen vorhanden sind, kommen auf jede durchschnittlich vier Eier. Im dritten und vierten Larvenstadium — also mit zunehmendem Alter — nimmt sowohl die Anzahl der Eier als auch die Zahl der Embryonen zu, um schließlich bei jungen erwachsenen Läusen ihr Maximum mit durchschnittlich 24 Embryonen und 85 Eiern je Tier zu erlangen. Beiläufig sei nur erwähnt, daß diese bei den Gewächshauttieren am 2. 3. 38 gefundene Zahl von rund 109 Nachkommen je Tier (Eier und Embryonen zusammengenommen) bei umfangreicheren vergleichenden Ovarienuntersuchungen an Freiland- und Gewächshausläusen in den Jahren 1937 und 38 bedeutend übertraffen wurde.

<sup>1)</sup> Die Embryonalentwicklung setzt in Wirklichkeit mit dem Austreten der Eier aus der Endkammer ein. Bei unserer allein vergleichenden Untersuchung der Ovarien in physiologischer Kochsalzlösung wird, um den jeweiligen Entwicklungszustand der Eier in den Eiröhren zu charakterisieren, als „Embryo“ jener Entwicklungszustand angesehen, in dem sich die ersten Anzeichen von Organanlagen durch stärkere braune Färbung kenntlich machen.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse Anfang März bei den aus dem Freiland stammenden Tieren: Zwar sind in Larven des ersten und zweiten Stadiums gleichfalls Eier vorhanden, aber eine auffallende Embryonalentwicklung ist noch nicht zu erkennen. Auch haben die Freilandtiere im Durchschnitt drei Eier weniger als die aus dem Treibhaus stammenden Larven. Ähnlich liegen auch die Verhältnisse beim Vergleich der Larven des dritten und vierten Stadiums und der Erwachsenen der Freilandzuchten mit den entsprechenden Stadien aus dem Treibhaus; stets sind bei den Freilandtieren, wie aus Tabelle IV hervorgeht, weniger Embryonen und Eier gefunden worden.

Demnach besteht außer der Beziehung von Sterblichkeit zu Körpergröße auch eine Beziehung zwischen der verschiedenen Sterblichkeit innerhalb der einzelnen Altersstadien und der fortschreitenden Differenzierung in den Ovarien der Blutläuse. Weiterhin kann auch die verschieden hohe Sterblichkeit der einzelnen Altersstadien bei Treibhaustieren einerseits und Freilandtieren andererseits auf entsprechende Verhältnisse zurückgeführt werden.

c) Jahreszeitliche Unterschiede. Während die zu den Versuchen benutzten Freilandtiere als eine Art Überwinterungsform angesehen werden können — obwohl auffallende äußere morphologische Unterschiede, insbesondere an den Fühlern der Läuse, nach Jancke (1933) nicht vorhanden sind —, befanden sich die Treibhaustiere in einem Entwicklungszustand, wie er etwa in der wärmeren Jahreszeit denkbar ist. Es erhebt sich daher die Frage, ob etwa Blutläuse aus ver-

Tabelle V. Abhängigkeit der Kälteanfälligkeit der Blutlaus von ihrem jahreszeitlichen Auftreten.

Versuchstag 1938	Versuchsmaterial	Versuchstemperatur in °C	Gesamtanzahl der Blutläuse			
			lebend und tot	%	tot ± m	m-Diff.
3. 2.	Treibhaus	-2,5 ± 0,5	886	10,2	1,1	
15. 2.	"	"	88	15,7	4,0	5,5 ± 4,1
4. 5.	"	"	189	80,2	3,9	14,5 ± 5,6
22. 1.	"	-14,5 ± 1,5	752	72,3	1,9	
15. 2.	"	"	56	73,2	5,9	0,9 ± 6,2
1. 4.	"	"	1745	98,3	0,8	25,1 ± 5,9
5. 4.	"	"	694	97,6	0,6	0,7 ± 0,7
5. 4.	"	"	362	98,7	0,6	1,1 ± 0,8
15. 2.	Freiland	-2,5 ± 0,5	155	5,2	1,8	
4. 5.	"	"	247	9,3	1,8	4,1 ± 2,6
15. 2.	"	-14,5 ± 1,5	196	18,9	2,8	
5. 4.	"	"	381	29,2	2,3	10,3 ± 3,6
2. 6.	"	"	268	100	—	70,8

schiedenen Zeitabschnitten des Jahres verschieden auf Kälte reagieren. Zur Klärung dieser Frage wurden Blutläuse zu verschiedenen Zeiten von denselben Bäumen aus dem Treibhaus und aus dem Freiland wiederum auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Kälte geprüft. Die Ergebnisse all dieser Versuche stehen in zusammengefaßter Form in Tabelle V. Während am 3. 2. 38 nach 24stündiger Kälteeinwirkung von rund  $-2,5^{\circ}\text{C}$  10,2% aller Treibhaustiere vernichtet worden sind, wurden am 15. 2. 38 bei gleichen Versuchsbedingungen 15,7% aller Läuse getötet. Zwischen beiden Versuchsreihen liegt nur ein Zeitunterschied von 12 Tagen. Ob sich innerhalb dieser kurzen Zeit bei den Läusen Unterschiede herausgebildet haben, die die Ursache für die verschiedenen hohe Sterblichkeit sind, kann in diesem Falle noch nicht mit Bestimmtheit entschieden werden; die Differenz der beiden Sterbeprozente liegt nur knapp über  $\pm 1$  m. Wahrscheinlich war die Zeitspanne, die zwischen diesen beiden Versuchen liegt, zu kurz, um physiologisch verschiedenwertiges Versuchsmaterial zu erhalten. Daß unsere Annahme zu recht besteht, zeigen die mit Versuchsmaterial vom gleichen Baum und bei gleicher Kälte durchgeführten Versuche am 4. 5. 38. Hier liegt die mit 30,2% (!) errechnete Sterblichkeit um 14,5% höher als die der Versuchsreihe vom 15. 2.

Entsprechende Verhältnisse zeigen auch die Ergebnisse, die bei  $-13$  bis  $-16^{\circ}\text{C}$  mit den Treibhauszuchten erzielt worden sind. Auch hier läßt sich zunächst in der zwischen dem 22. 1. und 15. 2. 38 liegenden Zeit von 24 Tagen noch keine wesentliche Verschiedenheit der Kälteempfindlichkeit der Läusepopulationen, die zur Zeit der beiden Versuche gerade in den Kolonien enthalten waren, erkennen. Am 1. 4. dagegen hat die Kälteanfälligkeit der Läuse beträchtlich zugenommen. Die Differenz der Sterbeprozente beträgt jetzt im Vergleich zu den Ergebnissen vom 15. 2. 25,1% und liegt weit über ihrem dreifachen mittleren Fehler! Die Ergebnisse vom 1. 4. und 5. 4. 38 dagegen sind dem zeitlich fast einheitlichen Versuchsmaterial entsprechend nahezu gleichwertig.

Diese im Laufe der Zeit zunehmende Kälteempfindlichkeit der Treibhausläuse kann mit einer Reihe anderer Beobachtungen in gute Übereinstimmung gebracht werden. So stehen die am 1. und 5. 4. gefundenen hohen Werte für die Kälteanfälligkeit der Treibhauszuchten im Vergleich zu den am 22. 1. und 15. 2. gefundenen Werten zu folgenden Beobachtungen in Beziehung: Die im Dezember ins Treibhaus gebrachten und zu gleicher Zeit mit Blutläusen infizierten Räume begannen frühzeitig Blätter zu treiben und blühten z. T. schon Anfang März. Anfang April wurden schon vereinzelt Gefügelte und zahlreiche Nymphen gefunden. Diese Tiere bildeten zwar keineswegs den Hauptanteil an der

entsprechenden Altersgruppe (Stadium 3 und 4), aber ihr Vorhandensein berechtigt zu der Annahme, daß hier physiologische Umstimmungen in den Blutlauspopulationen stattgefunden haben, die mit als Ursache für die verschiedenen große Kälteempfindlichkeit gewertet werden dürften.

Die ungewöhnlich hohe Sterbeziffer von 30,2% bei  $-2,5^{\circ}\text{C}$  am 4. 5. steht mit folgenden Beobachtungen im Zusammenhang: Durch die bis zu diesem Zeitpunkt erfolgte starke Ausdehnung der Blutlauskolonien über alle Zweige waren zur Zeit dieses Versuches bei den Versuchsbäumchen Anzeichen einer offensichtlichen Schwächung (bedingt durch den starken Befall) erkennbar. Die Blätter begannen zu welken und fielen ab. Im Verlauf des Monats Mai kränkelten fast alle befallenen Bäume. An solchen stark geschwächten Bäumen beginnen die Läuse in den Kolonien beträchtlich an Zahl abzunehmen; manche Kolonien waren Mitte Mai nahezu vollständig „entvölkert“. Der größte Teil der jüngsten Larvenstadien pflegte in solchen „alternden“ Kolonien abzuwandern, so daß ältere Stadien immer mehr vorherrschten. Bei Ovarienuntersuchungen, die am 30. 4. (also kurz vor dem Versuch, vergl. Tab. VI) an den Larvenstadien 3 und 4 und an erwachsenen Läusen durchgeführt wurden, konnte im Vergleich zu den Ovarienuntersuchungen Anfang März (Tab. IV) bei den Larven noch eine ganz geringe Zunahme der Eier und Embryonen im Durchschnitt je Tier festgestellt werden. Bei den Erwachsenen dagegen wurde

Tabelle VI. Anzahl von Eiern und Embryonen in den Larvenstadien 3 und 4 und bei erwachsenen Blutläusen.

Tag der Untersuchungen der Treibhauszuchten: 30. 4. 38

„ „ „ „ Freilandzuchten: 12. 4. 38.

	Versuchsmaterial	Larvenstadium 3 und 4			Erwachsene Läuse		
		Embryonen	Eier	Embryonen u. Eier	Embryonen	Eier	Embryonen u. Eier
Max.	Treibhaus	30	96	120	96	114	142
Min.		20	51	69	21	46	76
M		22,6	64,4	87,0	24,1	56,4	80,5
Max.	Freiland	24	84	106	24	84	108
Min.		16	72	88	16	78	96
M		19,8	78,6	98,4	20,2	81,6	101,8

für den entsprechenden Durchschnitt ein bemerkenswerter Rückgang verzeichnet (vgl. Tab. VI mit Tab. IV). Diese Tatsache ist darauf zurückzuführen, daß in den Kolonien an stark kränkelnden Bäumen die Hauptmasse der Erwachsenen aus alternden Läusen bestehen, für deren Ovarien eine unregelmäßige und geringe Eizahl charakteristisch ist, während der Nachwuchs an jüngeren erwachsenen Läusen durch das Abwandern der

Junglarven immer geringer wird. Neben jener oben beschriebenen physiologischen Umstimmung tritt in diesem Falle noch eine physiologische Schwächung hinzu, die ihrerseits wieder eine Folge der Schwächung der Wirtspflanze ist.

Bei den aus dem Freiland stammenden Blutläusen ist die Sterblichkeit bei  $-2,5^{\circ}\text{C}$  im Versuch am 4. 5. 38 um  $4,1\%$  größer als im Versuch am 15. 2. 38 (vgl. Tab. V). Die Differenz der beiden gefundenen Werte liegt zwischen ihrem einfachen und doppelten mittleren Fehler. Bei den wesentlich verschiedenen klimatischen Einflüssen (vgl. Tab. VII), die in dieser Zeit auf die Blutläuse im Freien eingewirkt haben, wäre ein einwandfreieres Ergebnis zu erwarten gewesen. Die Kälteeinwirkung von  $-14,5^{\circ}\text{C}$  auf die Freilandtiere zeigt jedoch schon vom ersten Versuch am 15. 2. eine sich ständig steigernde Kälteempfindlichkeit, die ihren Höhepunkt am 2. 6. erreicht hat. Zu diesem Zeitpunkt wurden durch die Versuchskälte alle Tiere vernichtet ( $= 100\%$ )!

Auch diese Ergebnisse lassen sich zu den in dieser Zeit angestellten Freilandbeobachtungen in Beziehung setzen: In der Zeit zwischen 15. 2. und 2. 6. 38 haben sich im Freien die klimatischen Verhältnisse weitgehend geändert (vgl. Tab. VII und Abb. 1). Gegen Ende des Monats Februar setzte eine Wärmeperiode ein, die ihr Maximum in der Zeit vom 17. bis 21. 3. erreichte. In der zweiten Hälfte des Monats April traten plötzlich wieder schwere Nachfröste auf, wobei die Temperatur bis auf  $-4,1^{\circ}\text{C}$  sank, und erst gegen Mitte des Monats Mai war die letzte Nachtfrostgefahr mit  $-2,5^{\circ}\text{C}$  überstanden. Im nachstehenden sind einige Notizen über Freilandbeobachtungen, die in dieser Zeit gemacht worden sind, zusammengestellt.

7. 3. 38: Parzelle mit Cox' Orange-Reinette in Götzdorf; Elbmarsch; Außendeich: Die Larven des Stadiums 1 und 2 erscheinen schon etwas größer als im Februar. Jedoch sind Häute noch nicht gefunden worden. Die erwachsenen Läuse sehen klein und zusammengeschrumpft aus. Junge werden schon im Freien bei Sonnenschein (etwa 11 Uhr) geboren, aber alle Jungen, die gefunden wurden, sehen unförmlich, stark zusammengeschrumpft aus und sind tot.

15. 3. 38: Beobachtungen in Götzdorf (Cox'-Parzelle) und in Hollern (Conlon-Reinette-Parzelle; Elbmarsch). Nunmehr ist auch festzustellen, daß die Läuse wieder Nahrung aufnehmen und wachsen: I. Die Läuse sondern Wachs ab; II. sie scheiden Kot aus; III. die ersten frisch gehäuteten Tiere und die Häute selbst sind gefunden worden. Insbesondere muß hervorgehoben werden, daß sich gerade die jüngsten Larvenstadien besonders häufig häuten, weniger die älteren Stadien. Es sind auch neugeborene Junge beobachtet worden, von denen die meisten unvollständig entwickelt, zusammengeschrumpft und tot waren. Häufig saßen diese toten Larven in den Wachsausscheidungen am Abdomen des Muttertieres, vereinzelt steckten die Neugeborenen auch noch mit etwa  $\frac{1}{4}$  ihres Körpers in der Vulva des Muttertieres.

18. 3. 38: Beobachtungen in Hollern (Coulon-Parzelle). Die Läuse wachsen jetzt schneller, frisch gehäutete Läuse sind zahlreicher gefunden worden.

23. 3. 38: Die Häutungen haben überall zugenommen, im 1. Larvenstadium sind nur wenige Tiere zu finden.

1. 4. 38. Beobachtungen in Hollern (Coulon-Hof). Jetzt sind mehr Blutlauslarven in Stadium 3 und 4 als in Stadium 1 und 2 zu finden.

23. 4. 38: Beobachtungen in Götzdorf (Cox'-Parzelle). Das Wachstum ist weiter fortgeschritten. In den Kolonien sind auch tote Läuse gefunden worden, deren Tod wohl auf die starken Nachtfroste zurückgeführt werden muß. Am Rande einer 2 qcm großen Kolonie wurden 14 tote Läuse gezählt.

23. 4. 38; Beobachtungen in Hollern (Coulon-Hof). Die Verhältnisse liegen ganz ähnlich wie in Götzdorf.

2. 6. 38: Beobachtungen in Götzdorf (Cox'-Parzelle). Die Kolonien wachsen mächtig an. Vereinzelt ist auch schon Neubefall feststellbar.

Kehren wir nun zu der Frage nach den Ursachen der verschieden hohen Sterblichkeit der Freilandzuchten im Kälteversuch zurück. Mit Beginn der Wärmeperiode fingen die Läuse an, Nahrung aufzunehmen. Gleichzeitig setzte ein Wachstum ein, das sowohl äußerlich an der Körpervergrößerung (Zunahme der Häutungen) als auch an der vermehrten Produktion von Eiern und der schnelleren Entwicklung der Eier in den Ovarien feststellbar war (vgl. Tab. VI). Bei den am 2. 6. zur Untersuchung gelangten Blutläusen handelt es sich bereits um Generationen, die innerhalb der wärmeren Vegetationsperiode geboren worden sind. Im Kälteversuch bei  $-14.5^{\circ}\text{C}$  zeigten also die Läuse, bei denen unter dem Einfluß der Wärme eine erhöhte Lebenstätigkeit eingesetzt hatte (am 5. 4.) oder die bereits als neue Generation in dieser Vegetationsperiode auftraten (2. 6.), auch eine erhöhte Kälteempfindlichkeit. Daß bei der erhöhten Lebenstätigkeit möglicherweise auch ein erhöhter Wassergehalt der Gewebe bzw. des Plasmas — bedingt durch die einsetzende Nahrungsaufnahme — die Ursache für die erhöhte Kälteempfindlichkeit ist, wie es etwa Payne bei ihren Untersuchungen fand (zit. nach Speyer 1937, S. 93) liegt nahe, bedarf aber noch weiterer Klärung.

Es bleibt noch das unbefriedigende Versuchsergebnis zu klären, das mit Freilandtieren im Kälteversuch bei  $-2$  bis  $-3^{\circ}\text{C}$  am 15. 2. und 4. 5. 38 erzielt worden ist (vgl. Tab. V). Wie bereits weiter oben (S. 269) erwähnt worden ist, wäre bei dem großen zeitlichen Abstand der Versuche und den beträchtlichen klimatischen Unterschieden innerhalb dieses Zeitraumes ein statistisch besser gesichertes Ergebnis zu erwarten. Wir dürfen wohl annehmen, daß das Versuchsergebnis von 5,2% abgetöteter Blutläuse etwas zu hoch ausgefallen ist. Im Winter werden nämlich unter der Einwirkung der Kälte die Lebensfunktionen der Läuse weitgehend reduziert: Da hierbei nach Beobachtungen an Zuchtversuchen unterhalb einer gewissen Temperatur, die noch über dem Nullpunkt liegt, die Nahrungsaufnahme eingestellt wird, tritt vermutlich neben

der Schwächung durch Kälte auch eine allmähliche Schwächung der Läuse durch Hunger bis zu ihrem Tode hin ein. Der Grad der Schwächung ist natürlich von der Temperatur, in der die Tiere leben, weitgehend abhängig. Von 50 erwachsenen Blutläusen, die vom 11. 11. 37 ab im Freien in feuchten Zuchtkammern ohne Nahrung gehalten wurden, starben die letzten am 28. 1. 38. Von den seit dem 11. 11. 37 von diesen Versuchsläusen geborenen Jungen starb das letzte gleichfalls im „Hungerversuch“ am 25. 3. 38. Auch hier sind also die ältesten Individuen anfälliger als die jüngeren Stadien. Bei den am 15. 2. in Versuch genommenen Freilandläusen lag demnach wohl schon ein bestimmter Schwächezustand vor, von dem anzunehmen ist, daß er sich im Kälteversuch (Abkühlung und Wiedererwärmung auf Zimmertemperatur) in einer höheren Anfälligkeit bemerkbar machen mußte. Andererseits wird die am 4. 5. gefundene Sterbeziffer von 9,3% etwas zu niedrig liegen; denn kurze Zeit vor dem Versuch traten nach der vorangegangenen Wärmeperiode, in der die Läuse Nahrung aufgenommen hatten, und Wachstum in den einzelnen Altersstadien zu beobachten war, plötzlich starke Nachfröste auf, durch die wohl die gegen Kälte empfindlichsten Individuen abgetötet worden sind. Mit anderen Worten: Hier sind im Kälteversuch weniger Läuse vernichtet worden, als es unter normalen Verhältnissen geschehen wäre, d. h. wenn nicht vor dem Versuch die Nachfröste aufgetreten wären. Wenn trotzdem im Versuch am 4. 5. verhältnismäßig mehr Läuse abgetötet wurden als am 15. 2., so zeigt das doch, daß die „Winterläuse“ trotz der oben erwähnten Schwächung immer noch widerstandsfähiger gegen Kälte sind als die während des beginnenden Safttriebes reichlich mit Nahrung versorgten Läusegenerationen des Frühjahrs.

Daß im Gegensatz hierzu bei den Treibhausläusen in den Kälteversuchen bei  $-2$  bis  $-3^{\circ}\text{C}$  die Sterblichkeit von 15,7% (am 15. 2.) auf 30,2% (am 4. 5.) steigt, ist schon erörtert worden. Hier wird die ohnehin schon große Kälteempfindlichkeit der „Sommertiere“ durch die physiologische Schwächung in den alternden Kolonien noch weiter (gleichsinnig) gesteigert und erhöht sich daher um das Doppelte ihres Betrages (vgl. S. 268). Die Sterblichkeit der Läuse wird also bei geringen Kältegraden stets dann groß sein, wenn mehrere die Kälteanfälligkeit fördernde Faktoren zusammenwirken, wie es bei den Treibhaustieren der Fall ist. Wo sich jedoch fördernde und hemmende Faktoren gegenüberstellen, da werden natürlich bei derartig geringen Kältegraden die Endergebnisse weniger eindeutig hervortreten; das ist bei den Versuchen mit Freilandtieren der Fall gewesen.

Die Kälteeinwirkung von  $-14,5^{\circ}\text{C}$  dagegen ist schon so nachhaltig auf den Organismus der Laus (vgl. S. 269), daß bei genügend weitem zeitlichen Abstand der einzelnen Läusepopulationen voneinander die

Endergebnisse eindeutig sind. Das gilt nicht nur, wie wir sahen, für die Treibhaustiere, sondern auch für die Freilandzuchten, bei denen der Unterschied zwischen der Kälteanfälligkeit am 15. 2. und 5. 4. 1938 10,3 % und zwischen der Empfindlichkeit am 5. 4. und 2. 6. sogar 70,8 % beträgt und statistisch eindeutig gesichert ist.

Wir können auf Grund dieser Ergebnisse die zu den Versuchen verwandten Blutläuse als Populationen ansehen, die sich physiologisch durch die verschiedene Kälteempfindlichkeit unterscheiden. Als Ursache für diese Unterschiede können wir den Einfluß verschiedener klimatischer Faktoren bzw. verschiedener Ernährungs- und Entwicklungsverhältnisse annehmen. Damit ist auch die Annahme gerechtfertigt, daß die im Winter vorhandenen Läuse eine besondere Anpassungsform an die kalte Jahreszeit darstellen, wofür sowohl die Ergebnisse der Kälteuntersuchungen als auch die beschriebenen morphologischen Beziehungen (Größe, Gestalt der Läuse und die Art der Ovarien) sprechen.

d) Der Einfluß des ausgeschiedenen Wachses. Recht auffällig ist der Unterschied im Versuchsausfall, je nachdem die Tiere eingeeist der Kälte oder nur der „trockenen Kälte“ allein ausgesetzt waren. Ob hier komplizierte physikalische Vorgänge (verschiedene Dehnungsverhältnisse in kalter Luft und Eis, verschiedene Kontaktverhältnisse der Blutläuse zu Luft und Eis u. a. m.) beteiligt oder ob physiologische Eigenschaften des Tieres allein ausschlaggebend sind, muß offen bleiben. Nach dem Abtauen des Eises ist der Wachsbelag von den Läusen nahezu vollständig verschwunden, während die allein der trockenen Kälte ausgesetzten Läuse ihn nach dem Versuch noch besaßen. Das Fehlen, bzw. das Vorhandensein der Wachsbedeckung kann aber nicht die Ursache für den verschiedenen Versuchsausfall sein. Versuche mit Treibhausläusen in trockener Kälte bei  $-15^{\circ}\text{C}$  bestätigen das: In dem einen Falle wurden Blutlauskolonien mit reichlicher Wachsausscheidung der Kälte ausgesetzt, im anderen Falle wurde aus den gleich stark mit Wachs behangenen Kolonien das Wachs weitgehend entfernt. Die Ergebnisse dieser beiden Versuche zeigten keine wesentlichen Unterschiede; die Sterbeziffern lagen zwischen 97 und 99%. Die Feststellung, daß das Wachs die Blutläuse nicht vor Kälte schützt, deckt sich mit den Beobachtungen im Freien. Während des Winters verschwindet das von den Blutläusen in der wärmeren Jahreszeit ausgeschiedene Wachs nahezu vollständig aus den Kolonien im Freiland, so daß die Läuse dann nahezu vollständig von Wachs entblößt sind.

e) Der Einfluß verschiedener Apfelsorten. Da die zu den Versuchen benutzten Freilandläuse von einem Apfelbaum der Sorte „Cox' Orange-Reinette“, die Treibhaustiere in der Mehrzahl von Bäumen der Sorte „Wintergoldparmäne“ stammten, wurde schließlich noch die Kälte-



empfindlichkeit von Blutläusen geprüft, die an verschiedenen Apfelsorten, aber unter gleichen klimatischen Zuchtbedingungen herangewachsen waren. Die Versuchstiere wurden im Treibhaus an den Apfelsorten „Wintergoldparmäne“ und „Schöner aus Boskoop“ herangezogen und dann bei  $-15^{\circ}\text{C}$  auf ihr Verhalten geprüft. Auch hier zeigte sich, daß kein wesentlicher Unterschied in der Kälteempfindlichkeit besteht. Die Sterbeziffern lagen gleichfalls zwischen 97 und  $99\%$ .

### C. Freilandbeobachtungen.

#### 1. Der Einfluß der Kälte im Winter 1937/38.

Auf Grund unserer Versuche ist anzunehmen, daß im Winter auftretende Kältetemperaturen, die nur wenig unter dem Gefrierpunkt liegen, einen ganz allmählichen Rückgang der Blutläuse im Freien bedingen. Andererseits müßte eine mehrere Tage anhaltende Kälte von unter  $15^{\circ}\text{C}$  schon eine erhebliche Verminderung der Individuenanzahl zur Folge haben. Wie andererseits Jancke (1929 und 1935) in seinen Untersuchungen, die er mit Blutläusen aus der Umgebung von Naumburg durchführte, gezeigt hat, wurde von den Blutläusen eine Kälte von  $-17^{\circ}\text{C}$  gut überstanden, was in Hinblick auf den Massenwechsel der Blutlaus in Gebieten mit verhältnismäßig ausgeglichenen klimatischen Verhältnissen, also nicht zu kalten Wintern, von schwerer wirtschaftlicher Bedeutung sein müßte. Zu solch einem Gebiet gehört auch das niederelbische Obstbaugebiet, das durch seine Lage in der Nähe der Nordsee unter normalen Verhältnissen milde Winter aufweist. Der milde Winter 1937/38 und der Winter 1938/39, in dem vorübergehend größere Kälte von unter  $15^{\circ}\text{C}$  auftrat, boten günstige Gelegenheit, den Einfluß relativ warmer und kalter Winter auf die Blutlaus im Freien eingehender zu beobachten, und auf Grund der hierbei gewonnenen Ergebnisse unsere experimentellen Versuchsergebnisse zu überprüfen.

In Tabelle VII sind die während des Winters 1937/38 aufgetretenen Temperaturverhältnisse nach den Aufzeichnungen der Wetterstation der Stader Zweigstelle der Biologischen Reichsanstalt angegeben. In Säule 2 sind die tiefste und höchste Temperatur des Tages und die mittlere Tages-temperatur als 10-tägiges Mittel eingetragen. In Säule 3 steht die innerhalb dieser 10 Tage aufgetretene tiefste (Min.) und höchste (Max.) Temperatur. Säule 4 endlich gibt die Zahl der Tage an, an denen Temperaturen unter 0, unter  $-2,5$  und  $-15,5^{\circ}\text{C}$  gemessen worden sind; die beiden letzteren Temperaturgrenzen entsprechen den in den Versuchen benutzten Kältegraden. Wie man sieht, sank die Temperatur innerhalb von 7 Monaten an 79 Tagen auf bzw. unter Null Grad, davon nur an 48 Tagen unter  $-2,5^{\circ}$  und nicht ein einziges Mal unter  $15,5^{\circ}\text{C}$ . Die tiefste Temperatur des Jahres wurde mit  $-9,0^{\circ}\text{C}$  gemessen. Andererseits erreichte

Tabelle VII. Temperaturen im Winter 1937/38.

Erklärung s. Text. T = Temperatur.

Datum	Mittlere (s)			Temperatur- extreme		Zahl der Tage mit Temperaturen		
	Max.- T.	Min.- T.	Tages- mittel	Min.	Max.	0 bis -2,4°	-2,5 bis -15,4°	-15,5° u. tiefer
2. 11.—11.	9,5	5,6	6,3	-0,1	11,3	1	0	0
12.—21.	4,7	5,9	1,4	-4,2	8,1	2	3	0
22.—1. 12.	4,5	5,2	2,3	-5,6	8,6	1	4	0
2. 12.—11.	2,8	-1,2	1,1	-5,1	7,5	1	6	0
12.—21.	0,6	-3,7	-1,3	-6,5	2,6	4	6	0
22.—31.	0,9	-3,1	-0,6	-8,8	6,6	1	7	0
1. 1.—10.	1,2	-2,5	-0,3	-9,0	3,1	2	6	0
11.—20.	7,2	2,0	5,1	0,0	10,5	0	0	0
21.—30.	6,9	1,8	4,2	-2,0	9,3	3	0	0
31.—9. 2.	5,8	0,8	3,6	-3,5	10,6	4	1	0
10.—19.	4,3	-1,6	0,7	-4,0	7,0	5	3	0
20.—1. 3.	6,9	-1,4	2,7	-6,5	11,6	1	5	0
2.—11.	9,9	2,9	6,0	1,3	12,6	0	0	0
12.—21.	14,6	3,6	3,8	-2,6	21,6	0	1	0
22.—31.	12,6	3,1	7,2	-1,0	18,1	1	0	0
1. 4.—10.	9,3	2,1	5,8	-1,5	11,6	1	0	0
11.—20.	9,3	1,4	5,5	-4,1	16,3	1	3	0
21.—30.	12,5	-0,3	6,6	-4,1	15,9	2	2	0
1. 5.—10.	12,5	1,8	7,2	-1,0	15,6	1	0	0
11.—20.	20,0	6,0	13,6	-2,5	30,1	0	1	0
21.—30.	19,0	5,9	11,5	2,2	25,3	0	0	0

die maximale Tagestemperatur bereits Anfang März  $+9^{\circ}\text{C}$  im 10-tägigen Durchschnitt und stieg teilweise sogar darüber hinaus; seit dem 11. 1. 38 stieg außerdem mit Ausnahme vom 21. bis 30. Januar und 10. bis 19. Februar die Temperatur in jeder 10-tägigen Klasse wenigstens einmal über  $+10^{\circ}\text{C}$  an, und zwischen dem 12. und 21. März wurde sogar  $+21,6^{\circ}\text{C}$  erreicht. Der geringen Kälte entsprechend, liegt das Tagesmittel der Temperatur für den zehntägigen Durchschnitt nur dreimal (12. Dezember bis 10. Januar) knapp unter Null.

Um nun den Einfluß dieser Witterung auf den Blutlausbestand zu prüfen, wurden aus bestimmten Obstanlagen wenigstens einmal im Monat mehrere möglichst stark besiedelte Blutlauskolonien entnommen und die Anzahl der in den Kolonien enthaltenen Läuse gezählt, wobei ich die Larvenstadien 1 und 2, 3 und 4 wie in den Kälteversuchen zu Gruppen zusammenfaßte. Dann wurden, um eine Vergleichsmöglichkeit zu erhalten, für jede Kolonie die Anzahl der Individuen auf 1 qcm umgerechnet. Aus den drei am stärksten besiedelten Kolonien jedes Obsthofes ist dann der Mittelwert für den jeweiligen Blutlausbefall in jeder Apfelanlage bestimmt worden. Auf Grund dieser getroffenen Auswahl der Kolonien wurde verhindert, daß durch die auftretenden zufallsbedingten Streuungen

der Individuenanzahl in den einzelnen Kolonien die Übersicht über das Gesamtergebnis in Frage gestellt wird.

In Tabelle VIII sind die Ergebnisse derartig durchgeführter Auszählungen der Blutläuse aus Kolonien, die im Winter 1937/38 5 km östlich von Stade von Apfelbäumen der Sorte „Coulon-Reinette“ und 5 km nördlich von Stade von Bäumen der Sorte „Cox'-Orange-Reinette“ entnommen worden sind, eingetragen. Zeile

Tabelle VIII. Der Einfluß des Winters 1937/38 auf die Blutlaus.

„Coulon-Reinette“; 5 km östlich von Stade.						„Cox' Orange-Reinette“; 5 km nördlich von Stade.								
Datum	Anzahl Individuen		% Läuse im Durchschn. je 1 qcm i. Stadium			Datum	Anzahl Individuen		% Läuse im Durchschn. je 1 qcm i. Stadium					
	insgesamt	im Durchschn. je 1 qcm	1 u.	2	3 u.		4	erw.	insgesamt	im Durchschn. je 1 qcm	1 u.	2	3 u.	4
9. 12. 37	244	54,2	59,0	29,9	11,1	22. 12. 37	737	104,4	76,4	14,6	9,0			
16. 12.	405	50,0	51,8	38,0	10,2	3. 2. 38	375	72,3	57,4	30,4	12,2			
22. 1. 38	883	34,8	64,1	31,3	4,6	7. 3.	273	31,5	62,2	31,1	6,7			
18. 3.	546	31,1	67,2	28,0	4,8	14. 3.	1208	33,6	70,5	27,1	2,4			
*) 26. 4.	105	11,7	27,4	42,7	29,9	5. 4.	176	24,0	53,3	45,9	0,8			
17. 5.	695	120,2	95,5	0,3	4,2	12. 4. **)	100	22,5	9,3	84,4	6,3			
						23. 4.	394	18,5	8,1	84,3	7,6			
						3. 5.	524	43,3	72,5	12,0	15,5			

\*) Alle Läuse im 1. Larvenstadium sind in diesem Jahre geboren.

\*\*\*) 138 Häute von Häutungen gefunden.

1 besagt also für die „Coulon-Reinette“-Anlage: Die drei am stärksten besiedelten Kolonien enthielten am 9. 12. 37 zusammen 244 Läuse. Im Durchschnitt kamen auf jede der drei Kolonien auf 1 qcm 54,2 Läuse, von denen 59,0% im 1. und 2. Larvenstadium, 29,9% im 3. und 4. und 11,1% erwachsene Tiere waren. Im Dezember übertrifft die auf den Apfelbäumen der Sorte „Cox'-Orange-Reinette“ auf 1 qcm Blutlauskolonie vorhandene größte Individuenzahl von 104,4 Blutläusen, die auf den Apfelbäumen der Sorte „Coulon-Reinette“ vorhandene Zahl um rund das Doppelte. Auf der „Coulon“-Parzelle nimmt die Individuenzahl nahezu stetig bis Mitte April ab, um dann beträchtlich anzusteigen. Aufschlußreich ist auch die Verteilung der einzelnen Altersstadien in den Kolonien im Laufe dieser Zeit: Während in den Kolonien die Larven der ersten Altersgruppe prozentual (also relativ) an Zahl zunehmen, nimmt die Zahl der Larven im 3. und 4. Stadium ganz allmählich, die der Altläuse beträchtlich bis Mitte März ab. Im April ändert sich dann das Verhältnis zugunsten der älteren Stadien, obwohl die Gesamtsumme der Läuse immer noch abnimmt. Die relativ starke Abnahme der Erwachsenen bis März zeigt, daß sie am anfälligsten gegen Kälte sind; dann folgen in der Em-

pfundlichkeit die Larven im 3. und 4. Stadium und endlich die jüngsten Formen, genau so wie wir es in den experimentellen Untersuchungen fanden. Die im April einsetzende Zunahme der älteren Stadien wiederum deutet auf das Einsetzen des Wachstums also auf bessere Lebensbedingungen hin. Daß die Individuenanzahl dennoch abnimmt, läßt die während der einsetzenden erhöhten Lebenstätigkeit zunehmende Empfindlichkeit gegen die zu dieser Zeit auftretenden Nachfröste erkennen.

In Fig. 1 sind die hier besprochenen Ergebnisse graphisch dargestellt, wobei auf der Abzisse die Zeit, auf der Ordinate des unteren Koordinatensystems die als Durchschnitt für 10 Tage errechnete höchste und tiefste Temperatur des Tages (ausgezogene Kurven) und die innerhalb der einzelnen Tagesklassen aufgetretenen Temperaturextreme (über den Gipfelpunkten der Kurve eingetragene schwarz ausgefüllte Kreise), auf der oberen Or-

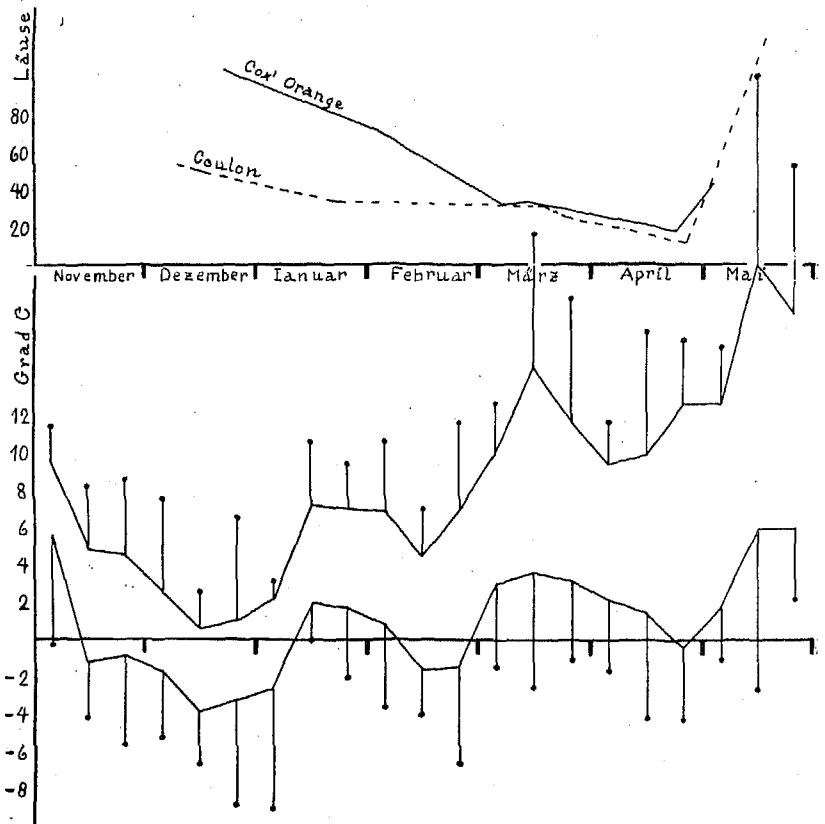


Fig. 1. Temperaturverhältnisse und Blutlausbefall im Winter 1937/38.

Erklärung s. Text.

dinat die Anzahl der jeweils auf 1 qcm vorhandenen Individuen abgetragen sind. Hier sieht man noch deutlicher, wie die Individuenanzahl bis etwa Mitte März ständig abnimmt, obwohl die mittlere Maximaltemperatur dauernd über Null Grad liegt. Da wir im März die Auszählung der Blutläuse, die von der „Cox'-Orange“-Parzelle stammen, zufällig unmittelbar vor dem Beginn und dem Maximum der großen Wärmeperiode durchgeführt haben, läßt sich das Verhalten der Blutläuse in dieser überaus warmen Vorfrühlingsperiode hier sehr schön verfolgen. Die Blutläuse haben hier bei einer durchschnittlichen Minimaltemperatur von  $+2,9$  bis  $3,1^{\circ}$ , einer entsprechenden Maximaltemperatur von  $9,9$  bis  $14,6^{\circ}$  und bei einer durchschnittlichen mittleren Tagestemperatur von  $+6,0$  bis  $8,8^{\circ}$  C (vergl. Tabelle VII) an Zahl zugenommen. Wie wir in besonderen Versuchen feststellen konnten, setzt die Geburtstätigkeit bei den erwachsenen Läusen innerhalb kurzer Zeit bei einer Temperatur von  $7-10^{\circ}$  C zwangsläufig ein. Da eine beachtliche Anzahl von Erwachsenen noch vorhanden ist, bzw. sich durch das einsetzende Wachstum entwickelt hat, ist diese Zunahme durchaus erklärlich. Wie aus den Protokollaufzeichnungen (vergl. S. 269) hervorgeht, ist im Freien sowohl das Wachstum an den frisch gehäuteten Stadien als auch die einsetzende Vermehrung an den beobachteten jungen Larven tatsächlich festzustellen gewesen. Es muß allerdings betont werden, daß von den Läusen, die als Erwachsene überwinterten, in den meisten Fällen tote Junge geboren wurden, die das Aussehen zusammengeschrumpfter, mumienhafter Larven hatten. Als dann im weiteren Verlauf des Monats März und Anfang April die mittleren Tagestemperaturen wieder sanken und mehrere Nächte mit tieferen Temperaturen auftraten, nahm auch weiterhin die Zahl der Blutläuse bis Ende April wieder ab, um dann endlich mit zunehmender Wärme beträchtlich anzusteigen. Die Kurve, die die ermittelte Anzahl der Individuen in der „Coulon“-Anlage darstellt, läßt die Zunahme der Läuse in der Wärmeperiode im März nicht ohne weiteres erkennen. Leider ist hier eine Auszählung der Individuen im Februar nicht durchgeführt worden. Vermutlich dürfte auch hier die Individuenanzahl beim Einsetzen der zweiten Kältewelle im Februar stärker abgenommen haben, um im März wieder anzusteigen, wie es auch aus dem flachen und im Vergleich zur „Cox'-Orange-Kurve“ abweichenden Verlauf der Kurve zu dieser Zeit zu schließen ist.

## 2. Der Einfluß der Kälte im Winter 1938/39.

Wesentlich andere Temperaturverhältnisse traten im Winter 1938/39 auf. Nachdem noch im November die mittlere Minimaltemperatur weit über dem Nullpunkt lag — auch nicht an einzelnen Tagen traten Kältetemperaturen auf — setzte gegen Mitte Dezember plötzlich

Tabelle IX. Temperaturen im Winter 1938/39. Erklärung s. Text.

Datum	Mittlere (s)			Temperatur- extreme		Zahl d. Tage m. Temperaturen		
	Max.- T.	Min.- T.	Tages- mittel	Min.	Max.	0 bis -2,4°	-2,5 bis -15,4°	-15,5° u. tiefer
2. 11.—11.	11,7	6,7	9,4	2,8	13,8	0	0	0
12.—21.	10,4	5,8	7,5	0,5	16,1	0	0	0
22.—1. 12.	9,2	2,9	6,2	0,5	12,8	0	0	0
2.—11.	7,1	2,1	4,5	-0,7	9,1	1	0	0
12.—21.	-2,5	-7,4	-4,9	-16,5	4,1	1	6	2
22.—31.	-1,0	-7,1	-3,7	-15,1	3,1	1	9	0
1. 1.—10.	3,1	-2,4	3,0	-11,1	7,5	2	5	0
11.—20.	8,2	2,9	5,9	-3,1	12,8	2	1	0
21.—30.	4,5	0,9	3,1	-4,2	10,8	3	2	0
31.—9. 2.	4,0	-2,2	1,4	-7,0	9,6	1	5	0
10.—19.	7,3	2,2	4,7	-2,2	10,4	1	0	0

Max.-T. = Maximaltemperaturen; Min.-T. = Minimaltemperaturen.

schwerer Frost ein, so daß sogar die mittlere Maximaltemperatur erheblich unter Null Grad sank. Die Zahl der Tage, an denen Temperaturen von  $-2,5^{\circ}$  bis  $-15,4^{\circ}$  C auftraten, waren zahlreich vertreten, und selbst die in den experimentellen Kälteversuchen gewählte Kälte von  $-15,5^{\circ}$  wurde zweimal erreicht. Im Januar erreichten die Temperaturen dann wieder nahezu die Werte des Monats November (vergl. Tab. IX und Fig. 2).

In Fig. 2 und Tabelle X ist das Ergebnis dieser Winteruntersuchungen für die beiden bereits aus den Untersuchungen 1937/38 bekannten Apfelanlagen und für eine weitere Anlage der Sorte „Hornburger Pfannkuchen“, die etwa 20 km südöstlich von Stade in der Elbmarsch liegt und einen besonders starken Befall aufwies, in der gleichen Weise wie für den Winter 1937/38 wiedergegeben. In allen drei angeführten Fällen nimmt die in den Kolonien vorhandene Zahl der Blutläuse im Winter 1938/39 bereits bis zum Monat Januar nicht nur schneller ab, sondern schmilzt obendrein stärker zusammen als im Winter 1937/38, in dem der Individuenbestand selbst bis zum beginnenden Frühjahr nicht diesen Tiefstand erreicht. Bei Betrachtung der drei Massenwechselkurven fällt auf, daß die Individuenanzahl in der „Hornburger Pfannkuchen“-Anlage bedeutend stärker abnimmt als in den beiden übrigen Anlagen. Da die drei Apfelanlagen in der Elbmarsch liegen, könnte man versucht sein, in diesem Falle eine Beziehung zwischen Apfelsorten und Anfälligkeit der Individuen anzunehmen. Nun verdient aber folgende Tatsache beachtet zu werden: Die kleinklimatischen Verhältnisse im niederelebischen Obstbaugebiet sind trotz nahezu gleichmäßiger Bodenbeschaffenheit nicht einheitlich. So hatte z. B. die im Frühjahr 1938 aufgetretene Frostperiode gerade in dem Teil der Marsch, in dem die

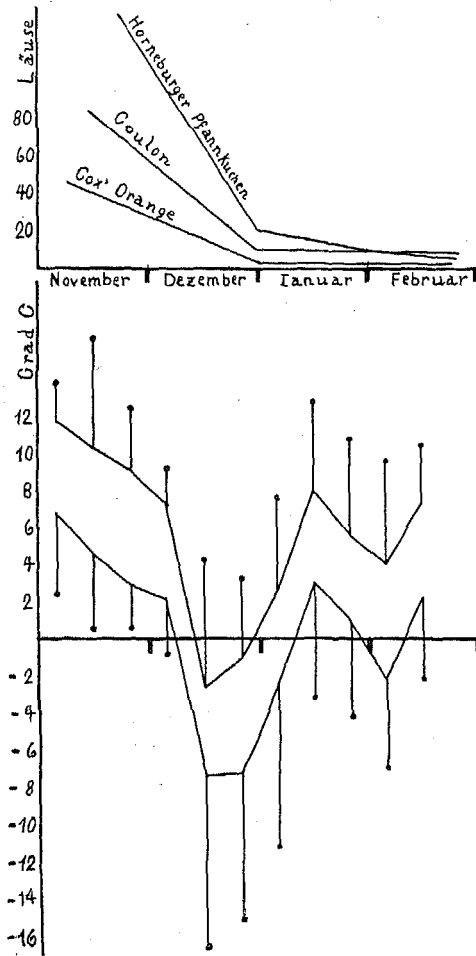


Fig. 2. Temperaturverhältnisse und Blutlausbefall im Winter 1938/39. Erklärung s. Text.

Anlage mit den „Horneburger Pfannkuchen“ lag, die Apfelblüte nahezu vollständig zerstört, während in der Umgebung der „Coulon“-Anlage wider Erwarten eine Apfelernte erzielt worden ist, die sich allerdings unter den Durchschnittswerten hielt. Ganz allgemein waren die Frostschäden in den Marschgebieten, die in unmittelbarer Nähe der Elbe liegen, lange nicht so groß als in den Teilen der Marsch, die an den zwischen Marsch und Geest gelegenen Moorstreifen angrenzen (vergl. Rothe 1937).

Tabelle X. Der Einfluß des Winters 1938/39 auf die Blutlaus.

„Coulon Reinette“; 5 km östlich von Stade.					
Datum	Anzahl Individuen		% Läuse im Durchschn. je 1 qcm in Stadium:		
	insgesamt	i. Durchschn. je 1 qcm	1 + 2	3 + 4	erw.
14. 11. 38	1208	84,1	80,2	10,0	9,8
30. 12.	76	10,1	100	0,0	0,0
29. 1. 39	117	9,1	100	0,0	0,0
24. 2.	68	8,2	100	0,0	0,0
„Cox' Orange Reinette“; 5 km nördlich von Stade.					
Datum	Anzahl Individuen		% Läuse im Durchschn. je 1 qcm in Stadium:		
	insgesamt	i. Durchschn. je 1 qcm	1 + 2	3 + 4	erw.
8. 11. 38	44	25,3	66,8	7,9	25,3
30. 12.	29	2,6	88,5	7,7	3,8
29. 1. 39	21	2,0	75,0	15,0	10,0
23. 2.	10	1,5	80,0	13,3	6,7
„Horneburger Pfannkuchen“; 20 km südöstlich von Stade.					
Datum	Anzahl Individuen		% Läuse im Durchschn. je 1 qcm in Stadium:		
	insgesamt	i. Durchschn. je 1 qcm	1 + 2	3 + 4	erw.
22. 11. 38	1793	185,5	84,6	8,2	7,2
30. 12.	114	20,0	100	0,0	0,0
29. 1. 39	192	8,6	100	0,0	0,0
24. 2.	34	5,0	100	0,0	0,0

Recht eindrucksvoll ist in diesem Winter auch das Verhältnis der einzelnen Altersstadien zueinander. Außer in der „Cox'-Orange“-Parzelle sind die älteren Larvenstadien und die Erwachsenen vollständig abgetötet worden. Das bei der „Cox'-Orange“-Parzelle gefundene Dezember-Ergebnis zeigt im Vergleich zum November eine beträchtliche Abnahme der älteren Larven und einen noch stärkeren Rückgang der erwachsenen Läuse. Wie sich der Einfluß dieses Winters auf die Blutlaus weiterhin auswirken wird, werden die weiteren Untersuchungen zeigen. Vermutlich dürfte im Frühjahr 1939 bei der für die Blutläuse ungünstigen Witterung des Winters 1938/39 mit einem sehr späten Auftreten der Blutlaus im Niederelbegebiet zu rechnen sein.



### 3. Der Einfluß der Eisbildung.

Wie bereits in der Einleitung erwähnt worden ist, treten im Winter im Gebiet der Niederelbe häufig Tage mit Glatteisbildung auf. Leider ist nun diese Erscheinung in den Wintern 1937/38 und 1938/39 nicht in besonders charakteristischem Maße zu beobachten gewesen, so daß ihr Einfluß auf den Blutlausbestand nicht geprüft werden konnte. Da ich erst seit Ende Juni 1937 Gelegenheit hatte, die Verhältnisse im Niederelbegebiet aus eigener Erfahrung kennen zu lernen, kann ich an dieser Stelle auch nur auf die Angaben von Fachleuten und Praktikern des Obstbaues verweisen. So soll im Winter 1936/37 die Glatteisbildung besonders auffällig in Erscheinung getreten sein, wobei die Bäume von einer Eiskruste nahezu eingehüllt gewesen sein sollen. Im Frühjahr 1937 trat dann auch die Blutlaus relativ sehr spät auf. Wie weit hierbei der in den experimentellen Untersuchungen beschriebene Einfluß von Kälte und Eis mitgespielt hat, kann nachträglich nicht festgestellt werden, da genaue Beobachtungen über die Glatteisbildung im Winter 1936/37 noch nicht durchgeführt wurden und auch Angaben über den Blutlausbestand im Verlaufe des Winters 1936/37 nicht vorliegen.

### D. Vergleich mit den Untersuchungsergebnissen anderer Autoren.

Mit dem Schicksal der Blutlaus während der Wintermonate hat sich neben Mordwilko, Schneider-Orelli und Marchal, deren Arbeiten im vorigen Jahrzehnt erschienen sind, in letzter Zeit insbesondere Jancke (1929, 1933 und 1935) auf Grund experimenteller Untersuchungen und Freilandbeobachtungen eingehender befaßt. In Tabelle XI ist ein Teil der Ergebnisse von Jancke, soweit sie für den Vergleich von Bedeutung sind, zusammengefaßt worden.

Tabelle XI.

Der Einfluß verschiedener Temperaturen auf die Blutlaus nach Untersuchungen von Jancke und eigenen Untersuchungen.

Versuche	Versuchsart	$\frac{0}{\%}$ toter Läuse
Jancke	20 Std. bei $-14^{\circ}$ C	0
"	20 " " $-14^{\circ}$ C + 2 Std. bei $-14$ bis $-18^{\circ}$	5
"	20 " " $-14^{\circ}$ C + 48 " " " " "	39
"	20 " " $-14^{\circ}$ C + 92 " " " " "	83
"	1 " " $-25^{\circ}$ C	24
"	5 " " $-25^{\circ}$ C	92
"	18 " " $-25^{\circ}$ C	100
"	2 " " $-27,5^{\circ}$ C	96
"	3 " " $-27,5^{\circ}$ C	100
Eigene		
Versuche	24 Std. bei $-2$ bis $-3^{\circ}$ C	5,2
"	24 " " $-14$ " $-15^{\circ}$ C	18,9

Eine 20 stündige Kälteeinwirkung von  $-14^{\circ}\text{C}$  ertrugen alle Läuse, die im Februar für den Versuch aus dem Freien geholt wurden, ohne sichtliche Schädigung. Anschließend wurde das Versuchsmaterial im Verlauf von 2 Stunden auf  $-18^{\circ}\text{C}$  abgekühlt. Nach dieser Kälteeinwirkung (20 Stunden bei  $-14^{\circ}\text{C}$  + 2 Stunden bei  $-14$  bis  $-18^{\circ}\text{C}$ ) waren 5% der Läuse tot. Ein weiterer Gesamtaufenthalt von 48 Stunden in einer Kälte von  $-18^{\circ}$  tötete bereits 39% und ein solcher von 92 Stunden 83% der Läuse. Ein 18 stündiger Aufenthalt bei  $-25^{\circ}$  oder ein 3 stündiger bei  $-27,5^{\circ}\text{C}$  genügte bereits, um alle Läuse zu vernichten. Diese experimentellen Ergebnisse decken sich mit den gleichfalls von Jancke durchgeführten Beobachtungen und Untersuchungen in Naumburg in den Wintern 1926—1929, wonach Kältegrade bis  $-17^{\circ}\text{C}$  von der Blutlaus ohne Schaden ertragen wurden, andererseits aber Temperaturen von  $-21^{\circ}$  und  $-32^{\circ}$ , wie sie an 2 Tagen im Dezember 1927 auftraten, die Läuse an den oberirdischen Teilen der Bäume vernichteten.

Leider lassen sich die experimentellen Untersuchungsergebnisse nicht ohne weiteres mit unseren auf einen Nenner bringen, da die Versuchsmethoden den verschiedenen Problemstellungen entsprechend voneinander abweichen. Wie aber aus unseren Versuchen dennoch hervorgeht, scheinen die zu entsprechender Winterszeit aus dem Freien eingesammelten Blutläuse bei ähnlicher Versuchsart (trockene Kälte vgl. Tab. XI u. I) anfälliger gegen Kälte zu sein als die aus der Naumburger Gegend stammenden Läuse. Das gilt nicht nur für die im Versuch genommenen Läuse, sondern auch für die im Freien beobachteten Tiere. Obwohl bei uns im Winter 1937/38 die tiefste Temperatur nur einmal  $-9^{\circ}\text{C}$  betrug und auch die mittleren Minimaltemperaturen bedeutend günstiger für die Lebensmöglichkeit der Blutlaus waren als in Naumburg im Winter 1926/27, ist bei uns ein auffälliger Rückgang zu verzeichnen gewesen, der in dem einen Falle von 104,4 auf 18,5 Individuen je 1 qcm und im anderen Falle von 54,2 auf 11,7 Individuen herabsinkt.

Tabelle XII. Anzahl lebender und toter Läuse, die in den der Cox'-Orange-Parzelle entnommenen Kolonien je 1 qcm gefunden worden sind.

Datum	Larvenstadium		Larvenstadium		Erwachsene		Gesamtsumme	
	1 u. 2		3 u. 4					
	n	% tot	n	% tot	n	% tot	n	% tot
22. 12. 37	94,5	12,7	34,5	20,3	20,5	38,1	149,6	17,8
3. 2. 38	69,1	25,3	32,0	45,4	14,1	51,8	114,0	34,2
7. 3. 38	21,0	32,4	16,2	43,8	6,0	75,0	43,2	42,7

Wie Jancke haben auch wir während der Wintermonate die Anzahl der in den Kolonien vorhandenen toten Läuse neben den noch lebenden Tieren bestimmt. Nach Tabelle XII, in der einzelne Ergebnisse der Blutlauszählungen in der „Cox'-Orange“-Parzelle für den Winter 1937/38 eingetragen stehen, sind am 22. 12. 37 auf 1 qcm im Durchschnitt 94,5 lebende und tote Läuse im 1. und 2. Larvenstadium vorhanden, davon waren 12,7 % der Tiere tot. Im 3. und 4. Stadium konnten 20,3 % und bei den erwachsenen Läusen 38,1 % toter Tiere gezählt werden. Wie man sieht, läßt sich auch hier die zunehmende Anfälligkeit mit zunehmendem Alter feststellen. Ferner traten auch immer mehr tote Läuse im Laufe des Winters in den Kolonien auf, trotz gleichbleibender, zum Teil sogar günstiger werdender Lebensbedingungen. Da in den meisten Fällen die abgestorbenen Läuse mit ihren Saugborsten im Gallengewebe verankert waren, wird verständlich, daß sich die Zahl der toten Läuse in den Kolonien im Laufe des Winters mit der Fortdauer der Kälteeinwirkung summieren kann. Andererseits wird natürlich auch ein gewisser Teil der toten Läuse durch äußere Einwirkungen aus den Kolonien verschwinden. Wenn demnach diese Ergebnisse auch keine absoluten Anhaltspunkte geben, so lassen sie sich doch für vergleichende Betrachtungen heranziehen. Sie unterstützen die aus den Ergebnissen nach Tabelle VIII gezogenen Folgerungen, wonach im Niederelbegebiet auch geringe Kältegrade bereits auf einen Teil der Blutläuse schädigend wirken.

Auf Grund der von Jancke und mir erzielten verschiedenartigen Ergebnisse könnte man zu dem Schluß kommen, daß sich auf Grund der verschiedenen geographischen Lagen bzw. klimatischen Verhältnisse in den beiden Gebieten verschiedene Rassen herausgebildet haben, die sich nur durch ihr physiologisches Verhalten unterscheiden. Wie aus unseren experimentellen Untersuchungen hervorgeht (vgl. S. 272), könnte aber ebenso gut auch ein verschiedener physiologischer Zustand der Läuse im Zeitpunkt der Untersuchungen vorgelegen haben, der als Ursache für die verschieden hohe Sterblichkeit anzusehen wäre. Da wir jedoch annehmen können, daß der physiologische Zustand der Läuse in Stade und Naumburg im Winter annähernd gleich war, werden wir der letzteren Annahme weniger Wahrscheinlichkeit zuzusprechen haben.

### Zusammenfassung.

1. Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß von Kälte und Eis auf die Blutlaus zeigten, daß die Anfälligkeit der Läuse gegen Kälte von der Art der Kälte (trockene Kälte — Eis und Kälte), von den Kältegraden, vom Alter der Läuse und von ihrem jeweiligen physiologischen Zustand abhängig ist.

2. Aus diesen Gründen schwankte die Sterblichkeit der Läuse bei  $-2,5 \pm 0,5^{\circ} \text{C}$  zwischen 5,2 und 30,2%, bei  $-14,5 \pm 1,5^{\circ} \text{C}$  zwischen 18,9 und 100%.

3. Bei der Suche nach den Ursachen für die verschieden hohe Empfindlichkeit gegen Kälte konnten Beziehungen zwischen der Sterblichkeit einerseits und der Größe von Sommer- und Winterläusen, sowie der in den Ovarien enthaltenen Anzahl von Eiern und Embryonen andererseits festgestellt werden; alle Altersstadien der aus dem Freien stammenden „Wintertiere“ waren im Durchschnitt kleiner und enthielten weniger Eier und Embryonen als die entsprechenden Treibhausstadien.

4. Die im Winter vorhandenen Blutläuse können als eine physiologische Anpassungsform an die kalte Jahreszeit angesehen werden.

5. Auch auf die verschieden hohe Sterblichkeit innerhalb der einzelnen Altersstadien können die morphologischen Befunde nach Ziffer 3 Anwendung finden.

6. Das von den Läusen ausgeschiedene Wachs ist kein Kälteschutz.

7. Blutläuse, die an zwei verschiedenen Sorten von Apfelbäumchen gezogen wurden, zeigen die gleiche Empfindlichkeit gegen Kälte.

8. Durch Auszählungen der Blutläuse, die auf mehreren Obsthöfen während der kalten Jahreszeit in regelmäßigen Abständen durchgeführt wurden, ist in Übereinstimmung mit den experimentellen Untersuchungsergebnissen selbst in dem relativ warmen Winter 1937/38 ein merklicher Blutlausrückgang festgestellt worden; im Winter 1938/39, in dem länger anhaltender und stärkerer Frost auftrat, nahm die Zahl der Blutläuse bedeutend schneller und stärker ab als im Winter 1937/38.

9. Im Vergleich zu den von Jancke an Blutläusen aus der Umgebung von Naumburg erzielten Ergebnissen, ist die Empfindlichkeit der aus dem Niederelbegebiet stammenden Blutläuse gegen Kälte bedeutend größer, was auf das Vorhandensein verschiedener Lokalrassen schließen läßt, die sich nach den bisherigen Feststellungen durch ihr physiologisches Verhalten unterscheiden.

#### Schrifttum.

- Jancke, O., Zur Frage der Überwinterung der Blutlaus und ihres Parasiten *Aphelinus mali* Hald. Nachrichtenbl. deutsch. Pflanzenschutzd., 9, 83—85, 1929.
- Gibt es eine Überwinterung der Blutlaus? Arb. Biol. Reichsanst. Land- und Forstwirtschaft., 20, 803—808, 1933.
- Zur Kälteempfindlichkeit der Blutlaus. Nachrichtenbl. deutsch. Pflanzenschutzd., 15, 46—47, 1935.
- Marchal, P., Etude biologique et morphologique du Puceron lanigère du Pommier (*Eriosoma lanigerum* Hausmann). Ann. Épiphyties., 14, 1—106, 1923.
- Mordwilko, A. K., Die Blutlaus (*Eriosoma lanigerum* H.) und andere Erio-

- soma*-Arten. Biologie und Verbreitung. Monographie, Arb. Sekt. angew. Ent. exp. Landwirtschaft., **12**, 1924. (Russisch).
- Rothe, G., Die Wirkung des Frostes in der Nacht vom 1. zum 2. Mai 1935 auf die Kirschernte im Alten Lande. Zeitschr. Pflanzenkrankh. & Pflanzensch., **47**, 142—164, 1937.
- Schneider-Orelli, O. & H. Leuzinger, Untersuchungen über die virginoparen und sexuparen Geflügelten der Blutlaus des Apfelbaumes. Viertelsjahresschrift Naturf. Ges. Zürich, **9**, 71, 1—84, 1926.
- Speyer, W., Entomologie mit besonderer Berücksichtigung der Biologie, Ökologie und Gradationslehre der Insekten. Wissensch. Forschungsber., **43**, Dresden 1937.

Nachtrag.

Auf Seite 280 hatten wir auf Grund unserer Untersuchungen gefolgert, daß die im Winter 1938/39 aufgetretenen schweren Fröste so nachhaltig auf den im Freien vorhandenen Blutlausbestand einwirken würden, daß zu Beginn der folgenden Vegetationsperiode mit einem sehr späten Auftreten der Blutlaus im Niederelbegebiet zu rechnen sei. In der Zeit bis zum Eintreffen der Korrekturbogen (etwa ein halbes Jahr nach der Fertigstellung der Arbeit) konnten wir diese Voraussagen restlos bestätigt finden. Die hier wiedergegebene Tabelle ist als Fortsetzung

Datum	Coulon-Reinette-Anlage					Cox-Orange-Reinette				
	Anzahl Individuen		% Läuse im Durchschnitt je 1 qcm in Stadium			Anzahl Individuen		% Läuse im Durchschnitt je 1 qcm in Stadium		
	insgesamt	im Durchschnitt je 1 qcm	1 u. 2	3 u. 4	erw.	insgesamt	im Durchschnitt je 1 qcm	1 + 2	3 + 4	erw.
1939										
April	1	0,3	100	0	0	0	—	—	—	—
Mai	0	—	—	—	—	2	0,2	0	100	0
Juni	234	13,8	73,0	14,8	12,2	502	41,5	59,0	17,1	23,9

von Tabelle X (Seite 280) zu denken. Während im Mai 1938 (Tab. VIII, Seite 275) in der „Coulon-Anlage“ bereits 120, in der „Cox-Orange-Anlage“ 43 Individuen vorhanden waren, fanden wir im Mai 1939 in der „Coulon-Anlage“ in den zur Untersuchung gelangten Kolonien nicht eine Blutlaus, in der „Cox-Orange-Anlage“ nur 0,2 Tiere je 1 qcm Blutlauskolonie. Erst im Juni 1939 ist die Individuenanzahl stärker angewachsen. Da, wie in einer gleichfalls im Druck befindlichen Arbeit gezeigt wird, der Rückgang der Blutlaus im Sommer bereits Ende Juni einzusetzen pflegt, war mit einer ernsthaften Weitervermehrung der Blutlaus im Sommer 1939 kaum mehr zu rechnen. Tatsächlich war die Blutlaus in diesem Jahr bis Ende August für die Apfelanlagen im Alten Lande völlig bedeutungslos.

## Biologie und Bekämpfung des Apfelblütenstechers (*Anthonomus pomorum* L.).

Erfahrungen und Versuche.

Von W. Speyer,

Zweigstelle Stade der Biologischen Reichsanstalt.

(Mit 4 Textfiguren.)

In der letzten Zeit haben sich vor allem zwei deutsche Veröffentlichungen mit dem Apfelblütenstecher befaßt (Thiem 1938; Hanf 1939). Da dieser Obstschädling schon seit Jahren von mir beobachtet wird, sei es gestattet, auch meine Erfahrungen bekannt zu geben. Auf die Literatur gehe ich nur so weit ein, wie sie sich mit den von mir erörterten Problemen beschäftigt.

### I. Schädlichkeit des Apfelblütenstechers.

Nachdem noch vor wenigen Jahren mit Nachdruck der Standpunkt vertreten wurde (Werth u. Klemm 1930 u. 1932; Klemm 1937), der Blütenstecher sei nicht nur nicht schädlich, sondern vielfach sogar nützlich<sup>1)</sup>, scheint heute allgemein anerkannt zu sein, daß der Käfer wenigstens in zahlreichen Fällen tatsächlich sehr schädlich ist. Im großen Ganzen kann ich den Ausführungen von Hanf (a. a. O. S. 346 ff.) über diese Frage zustimmen<sup>2)</sup>. Das Verhältnis der vorhandenen Käfer zur Zahl der Blütenknospen ist natürlich in erster Linie entscheidend. Wenn alle Bäume schwach blühen, muß beim Vorhandensein zahlreicher Käfer ein starker Schaden folgen. Dagegen scheint es, als ob einzelne schwach blühende Bäume, die zwischen stark blühenden Bäumen stehen, von den Käfern gemieden werden. Ebenso wichtig ist die Geschwindigkeit, mit der die Blüte verläuft. Sodann ist zu beachten, wie hoch der Prozentsatz der Blütenbüschel ist, in denen sämtliche Einzelblüten durch die Eiablage (oder durch den m. E. vielfach unterschätzten Reifungsfraß des Käfers) zerstört sind. Ich habe aber auch recht häufig Blütenbüschel gefunden, in denen sämtliche vom Blütenstecher nicht belegten Einzelblüten aus unbekanntem Gründen eintrockneten. Es könnte also in diesen Fällen der Käfer gerade die zum Fruchten bestimmten Blüten zerstört haben. Man sieht daraus, wie unzuverlässig einfache Feststellungen der Befallsprozente sind. Im Jahre 1926 fand ich in Wethe, Land Keh-

<sup>1)</sup> Der Streit der Meinungen ist alt, denn schon Nördlinger (Die kleinen Feinde der Landwirtschaft, Stuttgart 1869, S. 212) äußerte die Ansicht, daß die Schädlichkeit des Apfelblütenstechers gewöhnlich überschätzt werde.

<sup>2)</sup> Den Fraß der Jungkäfer darf man bei dieser Überlegung wohl außer Betracht lassen, obwohl die Tiere bei Massenauftreten nicht nur die Blätter sehr stark durchlöchern, sondern gelegentlich auch die jungen Äpfel mit Bohrlöchern bis zu 1 mm Tiefe versehen.