142* **Scolopostethus pictus** (Schill.). — Ebelsberg, Steyr, Klaus. — Besonders im Geniste der Flüsse (Traun und Enns), jedoch nicht häufig.

143* **Scolopostethus affinis** (Schill.). — Linz, Prägarten, Perg, Grein, Steyr. — F. brachyptera nicht selten, an ziemlich trockenen Orten unter Fallaub und Kompost, f. macroptera selten.

144. **Scolopostethus puberulus** Horv. — Sarleinsbach, Linz, Steyregg, Steyr, Wendbachgraben, Leonstein, Kirchdorf, Goisern. Das ganze Jahr im Rasen, zwischen Moos und unter Fallaub, (Larve im X.), deutlich häufiger als die vorige Art und bei uns wahrscheinlich überall zu finden, die beiden Geschlechter ungefähr gleich häufig. F. macroptera selten, ich besitze nur 1 ♂ hiervon.

145* **Scolopostethus pilosus** Reut. — Ich sah nur ein ♂, das Kloiber im Sept. bei Urfahr fand.

146*. **Scolopostethus decoratus** (Hhn.). — Linz, Perg, Micheldorf, St. Wolfgang. — Wohl das ganze Jahr, stets unter Calluna vulgaris oder Erica carnea.

147* **Taphropeltus contractus** (H. S.). — Linz, Pulgarn, Marchtrenk, Steyr, Schoberstein. — Das ganze Jahr im Rasen, unter Fallaub (Flußauen, Waldränder), auch unter Symphytum und Calluna, ferner an Mauern gefunden: die wenig distinkte f. **hamulata** Thoms. mit der Nominatform.

Über die ökologischen Grenzen der Verbreitung von Calandra oryzae L. und Calandra granaria L. (Col. Curcul.)

Von Dr. **F. S. Bodenheimer**, Tel Aviv (Palästina).
(Zion. Org. Agric. Exper. Stat.)
(Mit 3 Abbildungen).

Durch die neuen Arbeiten von Back und Cotton wird es möglich, die Ökologie von *Calandra granaria* L. und *Calandra oryzae* L. und ihre Folgerungen für die geographische Verbreitung dieser Arten zu präzisieren.

1. Die Temperaturentwicklungskurve.

Auf Grund der in einer früheren Arbeit (1926) angeführten Methodik verläuft die Temperaturentwicklungskurve als gleichseitige Hyperbel. Für die genannten Arten ergaben sich folgende Formen:

1. *Calandra oryzae* L. (nach Cotton 1920)

$$\begin{array}{lll} 27{,}2\ C^0 = 25{,}4 \text{ Tage} & & \underline{c = 13{,}1^0\ C}\ ^{1)} \\ 17^0 \quad = 92 \text{ Tage} & & \underline{\text{Th. C.} = 358{,}8} \\ & & \text{Int. } 8 \text{ Tage} \end{array}$$

[1]) Die allgemeine Hyperbelformel lautet: Entwicklungsdauer mal (Außen-

2. *Calandra granaria* L. (nach Back und Cotton 1926)

26,9° C = 30 Tage		c = 9,5° C (= 49,1° F)
17,2° C = 68 Tage	Th. C. = 523	
	Int. 8 Tage	

Die letztere Kurve stellt zugleich eine gute Kontrolle der praktischen Brauchbarkeit der Hyperbelkurve überhaupt dar. Back und Cotton geben nämlich bei 40 Einzelzuchten die genaue Entwicklungsdauer und die entsprechende Temperatur an. Wie Figur 1

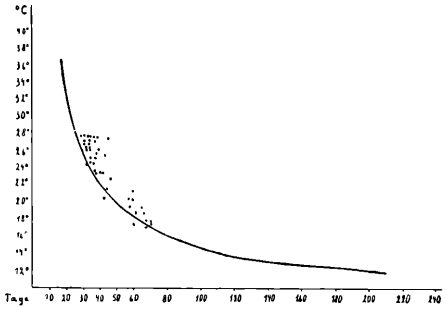

Fig. 1.
Die theoretische Temperaturentwicklungskurve von *Calandra granaria* nebst Eintragung von 44 Einzelzuchten von Back und Cotton.

zeigt, ist die Übereinstimmung eine für praktische Zwecke vollkommen ausreichende. Innerhalb der biologisch wichtigen Temperaturen schmiegt sie sich den empirischen Daten so an, daß die wohl theoretisch richtige Exponentialkurve sich kaum wesentlich davon unterscheiden kann.

Wie aus Tabelle 1 und Figur 2 hervorgeht, liegt der Entwicklungsnullpunkt von *Calandra granaria* 3,6° C tiefer als der von *C. oryzae*. Während sich bei niederen Temperaturen *C. granaria* deutlich schneller entwickelt als *C. oryzae*, schneiden sich die beiden Entwicklungskurven bei 21° C. Für höhere Temperaturen hat *C. oryzae* die Entwicklungsgeschwindigkeit von *C granaria* überholt.

Über die Grenze der Wärmezone, oberhalb derer die Entwicklungsdauer wieder zunimmt, sind einige Anhaltspunkte gegeben. Die kürzeste für *C. granaria* beobachtete Entwicklungsdauer ist 28 Tage bei 27,5° C. für *C. oryzae* 25 Tage bei 27° C. Da die Experimente nach oben hin nicht genau fortgesetzt wurden, nehmen wir ungefähr 28° C als den kritischen Wärmepunkt für beide Arten an.

---

temperatur — Entwicklungsnullpunkt) = Thermalkonstante. c ist der Entwicklungsnullpunkt. Effektive Temperatur ist die Temperatur oberhalb von c. Die Thermalkonstante (Th. C.) ist die zur Entwicklung einer Generation erforderliche Wärmesumme. Interval (Int.) bedeutet die Präovipositionsperiode.

Tabelle 1.

Entwicklungsdauer der beiden *Calandra*-Arten bei verschiedenen Temperaturen.

	Temperatur in ° C.	Entwicklungsdauer in Tagen	
		C. oryzae	*C. granaria*
	12° C.	—	209
	15	194	95
	18	73	61
	21	45	45
	24	33	36
	27	25	29
Wärmezone	30	21	25
	33	18	22
	36	15	19

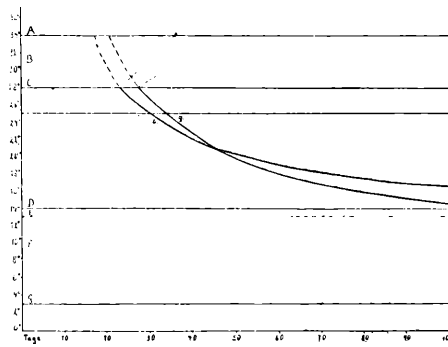

Fig. 2.

Die Temperaturentwicklungskurven von *Calandra oryzae* und *Calandra granaria*.

o = *Calandra oryzae*
g = *Calandra granaria*
A = Aufhören der Eiablage
B = Kritischer Wärmepunkt (Bei höheren Temperaturen keine Verkürzung, sondern eine Verlängerung der Entwicklungsdauer. Die Kreuze × bedeuten 100%ige Mortalität.)
C = Obere Verbreitungsgrenze für *Calandra granaria*.
D = Beginn der Eiablage.
E = Entwicklungsnullpunkt für *Calandra oryzae*.
F = Entwicklungsnullpunkt für *Calandra granaria*.
G = Untere Verbreitungsgrenze für *Calandra oryzae*.

2. Mortalität und Eiablage bei verschiedenen Temperaturen.

Tabelle 2 stellt die verschiedene Mortalität der beiden *Calandra*-Arten unter niedrigen und hohen Temperaturen dar. Der erste Blick zeigt bereits, daß *C. granaria* auch an kühlere Winter gut angepaßt ist, während *C. oryzae* sich unter Außenbedingungen nicht da erhalten kann, wo ein Monatsmittel + 3° C oder weniger

beträgt. Die Eier und Larven zeigen bei beiden Arten ein gleichsinniges Verhalten gegen kalte Temperaturen wie die entsprechenden Imagines. Überraschend ist das Verhalten der Imagines bei warmen Temperaturen. Wir sehen, daß bei 35,5° C die Mortalität von *C. oryzae* ebenfalls eine bedeutend frühere ist als die von *C. granaria*. Erst bei Temperaturen von 50° C aufwärts gleichen sich die Unterschiede aus, ähnlich wie von — 17,8° C abwärts.

Anscheinend ist also *C. granaria* gegenüber *C. oryzae* ein eurythermes Tier, da seine Entwicklungs- und Mortalitätsgrenzen erheblich weiter sind. Tatsächlich ist das, wie wir sehen werden, nicht der Fall.

Die Eiablage und erhöhte Aktivität überhaupt beginnt bei beiden Arten zwischen 13 und 15° C und hört bei etwa 34° C. auf.

Das vitale Optimum (= geringste Mortalität) liegt für *C. granaria* zwischen 12 und 16° C, für *C. oryzae* wohl einige Grade höher. Genauere Daten über diesen Punkt sind noch erforderlich.

Tabelle 2.

Die 100%ige Mortalität der beiden *Calandra*-Arten unter hohen und niedrigen Temperaturen.

(nach Back und Cotton 1924)

Temperatur in ° C.	*Calandra oryzae* tot nach	*Calandra granaria*
	Imagines	
— 17,8	4—5 Stunden	4—5 Stunden
— 15	4 ½	7 ½
— 8,3	3 Tagen	14 Tagen
— 5	3—6	33
— 2,7	8	46
0	8—14	73
+ 2,7	18	111 „
+ 5,5	80	länger als 105 Tagen
+ 12,2	558	873 Tagen
+ 35,5	9 „	13
+ 50	3 Stunden	3 Stunden
+ 54,4	½	½ Stunde
	Eier	
— 1	4 Tagen	nach 28 Tagen 20% noch lebendig
	Larven	
— 1	11 Tagen	nach 44 Tagen noch lebendig

3. Die ökologische Bedingtheit der geographischen Verbreitung.

Wenn wir nun zur Analyse der ökologischen Bedingtheit der geographischen Verbreitung schreiten, haben wir stets zu bedenken,

daß die beiden *Calandra*-Arten zumeist nicht unter Außenbedingungen leben. Zunächst sind beide Arten während des weitaus größten Teils des Jahres Lagerinsekten, und schon auf diesen Umstand allein ist oft eine gegenüber der Außentemperatur erhöhte Wärme der direkten Umgebung zurückzuführen. Wir erhalten aber z. B. für Berlin bei nur 1° C Temperaturerhöhung pro Monat ein Mehr von 150° (für *C. oryzae*) resp. 180° (für *C. granaria*) effektiver Wärmesumme. Dazu kommt noch, wie schon Taschenberg beobachtet hat, daß von *Calandra* befallene Getreidehaufen wärmer sind als unbefallenes Getreide. In solchen Haufen herrschen dann natürlich gänzlich veränderte Bedingungen. Auf Tabelle 3 ist ein

Tabelle 3.

Effektive Wärmesumme und theoretische Generationenzahl der *Calandra*-Arten in verschiedenen Ländern.

	Calandra oryzae (358,8°)		*Calandra granaria* (523°)	
	Effektive Wärmesumme	Generationenzahl	Effektive Wärmesumme	Generationenzahl
London	315	(1)	825	1½
Berlin	510	1½	1086	2
Paris	489	1½	1074	2
Nizza	1248	3—4	2091	4
Rom	1455	4	2292	4—5
Neapel	1432	4	2295	4—5
Sarona (Jaffa)	2343	6	3582	(7)
Jerusalem	1626	5	2244	4—5
Tiberias	3426	9—10	4710	9
Alexandria	2505	6—7	3828	7
Kairo	2922	7—8	4194	8
Sierra Leone	4605	12—13	5901	11
Kapstadt (S. Afr.)	1215	3—4	2475	4—5
Wellington (S. Afr.)	1401	4	2508	4—5
Calcutta Ind.	4476	11—12	5712	11
Sidney N. S. W.	1563	4	2781	5
Coolgardia W A.	2076	6	3234	6
Honololu, Hawaii	3669	10	4971	9
Helena Mtana.	444	1—2	924	1—2
Washington D. C.	1423	4	1940	3—4
Los Angelos Cal.	1017	3	2241	4—5
Hatteras N. Car.	1824	5	2727	5
Galveston Tex.	2793	7—8	4047	8
Porte Alegre Brasil.	2043	5—6	3195	6

Klimadaten (außer Palästina und Brasilien) nach Hann, Handbuch der Klimatologie. Vol. I—III. 3. Aufl. Stuttgart 1908—11.

gewisser Ausgleich dadurch geschaffen, daß keine Abzüge für die Präovipositionsperiode gemacht wurden. Bei Anwendung auf eine

bestimmte Gegend oder ein bestimmtes Magazin müssen die aus den besonderen Bedingungen der Lagerung, Lagertemperatur etc. sich ergebenden Korrekturen angebracht werden.

Begrenzende Faktoren sind ein zweiter Grund für Korrekturen. Als wichtigsten dieser begrenzenden Faktoren erwähne ich einen Wassergehalt des Getreides unter 10 %. Deshalb ist in Indien in der Trockenzeit das Getreide käferfrei und deshalb entwickeln sich im Jordantal (bei ca. 8,5 % Wassergehalt des Weizens) bei Tiberias nicht 9—10 Generationen, sondern überhaupt keine.

Im allgemeinen bezeichnet man beide Käfer als Kosmopoliten. Das ist aber keineswegs ohne große Einschränkungen der Fall. Tatsache ist nur, daß beide Arten, zusammen mit der erst kürzlich von Zacher zur Anerkennung gebrachten *Calandra zea-mays* Motsch., ständig über die ganze Welt verschleppt werden.

Im einzelnen sieht ihre geographische Verbreitung etwa folgendermaßen aus:

Europa und Mittelmeergebiet: *Calandra granaria* findet sich überall. In England, Holland, Deutschland hat sie 2 Generationen, in Frankreich 2—4, in Italien 4—5 Generationen unter normalen Lagerbedingungen. In Südrußland und Südeuropa findet sich überall bereits *C. oryzae* neben *C. granaria* erwähnt. In Nord- uud Mitteleuropa wird *C. oryzae* zwar ständig eingeführt, hat unter normalen Lagerungsbedingungen noch nie den Winter zu überstehen vermocht. Das Verständnis hierfür bietet uns die Angabe des zweiten Abschnitts, daß ca + 3° C mittlere Temperatur irgend eines Monats das Minimum der Entwicklungsbedingungen für *C. oryzae* darstellen. Erst im Mittelmeergebiet wird diese Grenze erreicht. Bei erhöhten Wintertemperaturen oder im vergärenden Getreidehaufen kann *C. oryzae* sich selbstverständlich auch gelegentlich in nördlichen Breiten halten. Eine dauernde Einbürgerung ist nicht zu befürchten. Wie empfindlich *C. oryzae* gegen niedrige Temperaturen ist, geht daraus hervor, daß noch in Neapel *C. granaria* häufiger als *C. oryzae* ist (Silvestri). Im südlichen Mittelmeergebiet ändert sich dann das Bild sofort. *C. oryzae* wird zur vorherrschenden Art und in manchen Ländern vermag sich *C. granaria* nur durch ständige Einfuhr zu erhalten. In Palästina z. B. bin ich fast nur *C. oryzae* begegnet, *C. granaria* nur in zwei Fällen: in einer kalifornischen Saatgutsendung und in den Abfallrohren der großen Mühle in Haifa, die u. a. viel Getreide aus Rumänien und anderen Ländern vermahlt. Ebenso schreibt Willcocks aus Ägypten, daß *C. oryzae* viel häufiger als *C. granaria* sei. Die *C. oryzae* scheine die *C. granaria* zu verdrängen. In Wirklichkeit ist Ägypten ein Getreideeinfuhrland, und *C. granaria* wird dauernd

eingeschleppt und stirbt in Ägypten stets aus. Überhaupt hält sich *C. granaria* in keinem Lande dauernd als wichtiger Schädling, in dem ein Monatsmittel 25° C übersteigt.

Aus Indien erwähnen Fletcher, Gosh und Cotes nur *C. oryzae* als Getreideschädling.

Aus Südafrika berichtet Lounsbury: *Calandra oryzae* sei viel häufiger als *C. granaria*.

Aus Australien berichtet Doane: *C. oryzae* sei viel häufiger als *C. granaria*; Froggat: *C. granaria* sei in Sidney recht selten; Gurney: *C. oryzae* sei in Neu-Süd-Wales sehr häufig, während er *C. granaria* nur zweimal in eingeführtem Getreide getroffen habe.

In Südamerika kommen beide vor, im tropischen und subtropischen aber nur oder ganz vorwiegend *C. oryzae*. Doch ist hier die Frage noch zu klären, wo die Artbestimmung *oryzae* gegenüber der von *zea-mais* aufrecht erhalten bleiben kann.

Genaue Angaben liegen für Nordamerika vor. *C. granaria* kommt zwar gelegentlich überall vor, aber Back und Cotton sagen, daß „sie nicht oft südlicher als Nord-Carolina in Fortpflanzung angetroffen wird“ Vergleicht man die von Back und Cotton sowie anderen amerikanischen Autoren und Listen gegebenen Verbreitungsdaten mit den Klimatabellen, so wird auf den ersten Blick eine Tatsache klar, die bereits im Mittelmeergebiet

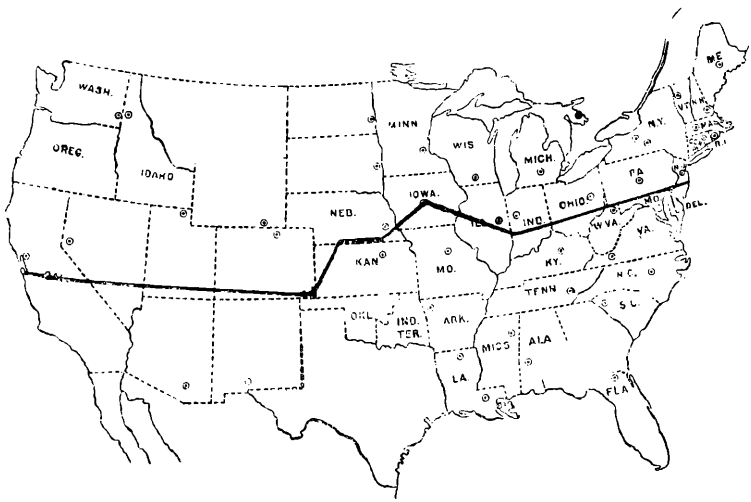

Fig. 3.

Verlauf der Linie in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, die eine mittlere Monatstemperatur von 25° C in irgend einem Monat darstellt. Nördlich dieser Linie liegt der Schadbezirk von *Calandra granaria*, südlich der von *Calandra oryzae*.

und anderen Ländern auffällig ist: *Calandra granaria* tritt in jedem Lande, dessen Temperatur in einem Monat 25° C im Mittel übersteigt, an Bedeutung hinter *C. oryzae* zurück. Figur 3 zeigt den ungefähren Verlauf dieser Klimalinie in Nordamerika, die sich gut mit der vorwiegenden Bedeutung von *C. granaria* nördlich und *C. oryzae* südlich dieser Linie deckt.

Es scheint sogar, daß *C. granaria* in allen Ländern über der erwähnten Wärmegrenze von 25—26° C in einem Monatsmittel stets ausstirbt. Die erwähnte Wärmegrenze der Imagines, die bei 35° C noch länger legen als *C. oryzae*, stimmt hiermit nicht gut überein. Die Erklärung liegt offenbar darin, daß die Larven- und Eimortalität von *C. granaria* oberhalb des kritischen Wärmepunktes ganz anders verläuft als die von *C. oryzae*. Es wäre ja auch erstaunlich, wenn die mindestens ebenso verbreitete *C. oryzae* keine Kompensationen nach der Seite der Wärmeanpassung hin besäße, zumal *C. oryzae* ganz offenbar ein tropisches oder subtropisches Tier ist. Im kritischen Wärmepunkt sind keine Unterschiede vorhanden, in der Mortalität der Imagines bei Temperaturen bis 35° C schneidet *C. granaria* besser ab als *C. oryzae*. Der Unterschied muß also in der Mortalität der Entwicklungsstadien liegen. Die Temperaturentwicklungskurve des Eies und der Larve muß bei *C. granaria* mit scharfem Knick nur wenige Grade verlaufen, während die von *C. oryzae* mit weniger scharfer Wendung noch zu höheren Temperaturen reicht (s. Fig. 2). Die folgenden Zahlen aus Jaffa zeigen, daß in den Monaten von 25° C und mehr monatlichen Mittels die Maximaltemperatur für 4—6 Stunden täglich über 30° C herüberreichen.

	Monatsmittel		
	mittleres	maximales	
Juli	25,6	30,3	
August	26,2	32,1	sowie für zwei weitere Monate über 28° C.

Die Grenze der 100%igen Mortalität muß also für die Entwicklungsstadien von *C. granaria* um 30° C betragen.

Zusammenfassung.

Alle wichtigen Daten sind nochmals in der Tabelle 4 zusammengestellt.

Tabelle 4.

Zusammenfassung der wichtigsten Daten zum Verständnis der Verbreitung von *Calandra oryzae* und *C. granaria*.

	Calandra oryzae	*Calandra granaria*	Bemerkung
Untere Verbreitungsgrenze Monatsmittel von	+ 3° C	5° C	sowie Wassergehalt der Nahrungunter 10 %
Obere Verbreitungsgrenze Monatsmittel von	(wohl ca 30°C)	25° C	
Entwicklungsnullpunkt	13,1° C	9,5° C	
Thermalkonstante (= Wärmesumme, die zur Entwicklung einer Generation erforderlich ist)	358,8° C	523° C	
Kritischer Wärmepunkt (= kürzeste Entwicklungsdauer)	ca 28° C	ca 28° C	
Beginn der Eiablage bei	13–15° C	13–15° C	
Ende der Eiablage bei	(34° C)	34° C	
Vitales Optimum der Imagines (= geringste Mortalität	12—16° C	(ca 15—20° C)	Dauertemperatur schon bei wenigen Stunden Einwirkung wirksam.
Vitale Grenze der Eutwicklungsstadien	(ca 35° C)	ca 30° C	

( ) bedeutet, daß kein experimentelier Beweis bisher vorliegt, aber theoretische Gründe diese Zahl ungefähr wahrscheinlich machen.

Literatur.

F. S. Bodenheimer, Die Bedeutung des Klimas für die landwirtsehaftliche Entomologie. Zeitschr. angew. Entom. Bd. 12. 1926. p. 91 122.

E. A. Back und R. T. Cotton, Relative Resistance of the Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* L., and the Granary Weevil, S. *granarius* L., to high and low Temperature. Journ. Agric. Res. Vol. 28. 1924. p. 1043'44.

— — The Granary Weevil. U. S. Dept. Agric. Bull. 1393. 1920. 35 p.

R. T. Cotton, Rice Weevil. Journ. Agric. Res. Vol. 20. 1920. p. 409—422.

F. Zacher und E. Janisch, Untersuchungen über den Schädlingsbefall des Auslandgetreides. Arb. Biol. Reichs-Anst. Band XII. 1923. p. 78—235.

Weitere Literatur siehe in den angeführten Arbeiten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift für wissenschaftliche Insektenbiologie

Jahr/Year: 1927

Band/Volume: 22

Autor(en)/Author(s): Bodenheimer Frederick [Fritz] Simon

Artikel/Article: Über die ökologischen Grenzen der Verbreitung von Calandra oryzae L und Calandra granaria L, (Col. Curcul.) 65-73