

**Über den Einfluß von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsstufen auf die Entwicklungsgeschwindigkeit, den Nahrungsvverbrauch und die Raupensterblichkeit des Goldafters, *Euproctis chryorrhoea* L.**

(Lepidoptera)

HEINZ FANKHÄNEL

Institut für Forstwissenschaften Eberswalde  
 der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin  
 Abteilung Forstschutz gegen tierische Schädlinge  
 (Institut für Waldschutz)

(Mit 7 Textfiguren)

Inhalt

Einleitung . . . . .	303
Methodik . . . . .	305
I. Zur Phänologie des Goldafters in Abhängigkeit von Temperaturbedingungen . . . . .	306
II. Der Einfluß von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsstufen auf die Entwicklungsgeschwindigkeit des Goldafters . . . . .	309
III. Der Futtermverbrauch im Laufe der Raupenentwicklung in Abhängigkeit von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbedingungen . . . . .	315
IV. Zur Raupensterblichkeit . . . . .	319
Zusammenfassung . . . . .	320
Literatur . . . . .	322

**Einleitung**

Bei der Beurteilung spezieller Fragen einer Insektenentwicklung können Zuchtergebnisse unter Laboratoriumsbedingungen wichtige Anhaltspunkte über die Reaktionsnorm einer Art liefern und wesentlich dazu beitragen, die unter Freilandverhältnissen erzielten Resultate zu ergänzen. Natürlich sind den bedeutend einfacheren Laboratoriumsuntersuchungen, im Vergleich zu den weitaus komplizierteren, sich gegenseitig bedingenden, abiotischen und biotischen Faktoren im Freiland, gewisse Unzulänglichkeiten nicht abzuerkennen. Vor allem wird ein rein schematisches Übertragen der unter verhältnismäßig einseitigen und konstanten Untersuchungsbedingungen im Laboratorium erhaltenen Ergebnisse auf Verhältnisse in einer reichen Biozönose ein verzerrtes, unrichtiges Bild natürlicher Vorgänge ergeben. Andererseits werden die erzielten Resultate im Laboratorium um

so richtiger sein und mit Erfolg auf Freilandverhältnisse übertragen werden können, je natürlicher die im Versuch geschaffenen Bedingungen gegenüber denen im Freiland sind und je gründlicher erhaltene Ergebnisse unter Freiland- und unter Laboratoriumsbedingungen miteinander verglichen werden.

Unter den Arbeiten über den Einfluß von Außenfaktoren auf die Entwicklung poikilothermer Tiere nehmen die Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf das Wachstum und die Entwicklung von Insekten einen breiten Raum ein.

In der Literatur finden sich vor allem in den dreißiger Jahren ds. Jh. mehrere grundlegende Arbeiten, die den Einfluß der Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Insektenentwicklung und im besonderen auf Forstschädlinge untersuchten (ZWÖLFER, 1932; JANISCH, 1933; RUBZOV, 1938). Einige Arbeiten trugen wesentlich zur Klärung biologisch-ökologischer Fragen an unseren wichtigen Nadelholzschädlingen bei. Für unsere aktuellen Laubholzschädlinge dagegen sind solche Untersuchungen weit weniger durchgeführt worden. Es ist vor allem I. A. RUBZOV (1938), der den Einfluß der Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Raupenentwicklung von *Euproctis chryorrhoea* mit dem Ziel untersuchte, das Temperaturoptimum dieses Insekts zu ermitteln. Die Versuche I. A. RUBZOVs dienen uns als Ausgangspunkt für die Fragestellung unserer Untersuchungen und boten eine wertvolle Grundlage für die erfolgreiche Aufzucht der Goldafterraupen.

Die in der vorliegenden Arbeit erzielten Ergebnisse wurden in den Jahren 1954 und 1955 im Rahmen von Versuchen und Beobachtungen erhalten, die die Massenvermehrung des Goldafters (*Euproctis chryorrhoea* L.) vor allem in den Eichenwäldern der Elbaue zum Gegenstand ihrer Untersuchung hatten. Außer Arbeiten über die Verbreitung, Lebensweise und die Entomophagen des Goldafters in Abhängigkeit von der Gradationsphase (Beginn der Krisenphase) und den Bestandesverhältnissen (Alter, Schlußgrad) (FANKHÄNEL, 1957), sollten die Laboratoriumsversuche hauptsächlich Fragen über die Entwicklungsgeschwindigkeit und den Nahrungsvverbrauch des Schädling in Abhängigkeit von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbedingungen klären helfen.

Die Kenntnis der Phänologie des Schädling in Abhängigkeit von den herrschenden Witterungsverhältnissen, vornehmlich dem Temperaturfaktor, gibt uns wertvolle Hinweise auf den im Frühjahr zu erwartenden gefährlichen Knospenfraß der Jungraupen und erlaubt es, chemische Bekämpfungsaktionen zur rechten Zeit einzuleiten.

Die Untersuchungen über den Einfluß von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsstufen auf die Dynamik des Nahrungsvverbrauches geben Anhaltspunkte über den Zeitpunkt des Hauptfraßes und die benötigte durchschnittliche Nahrungsmenge des Schädling. Außerdem lassen diese Versuche gewisse Schlüsse zu über optimale Aufzucht- und Entwicklungsbedingungen des Goldafters.

Die Arbeiten wurden unter Anleitung von Prof. B. W. DOBROWOLSKIJ an der Staatlichen Lomonosow-Universität Moskau ausgewertet und mit Unterstützung durch die Abt. Forstschutz gegen tierische Schädlinge (Leiter Prof. W. KRUEL) des Instituts für Forstwissenschaften Eberswalde der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin durchgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle beiden Herren Professoren vielmals zu danken. Für die zuverlässige Betreuung der Zuchten und die zahlreichen Messungen schulde ich Frau H. STEINKE großen Dank.

### Methodik

Um Ergebnisse, die unter Laboratoriumsbedingungen erzielt wurden, mit Entwicklungsabläufen unter Freilandbedingungen vergleichen zu können, wurden vom April bis August 1954 und 1955 regelmäßige Untersuchungen und Beobachtungen über die Lebensweise, Phänologie und Parasitierung des Goldafters im Elbaugebiet (Oberförstereien Lödderitz und Aken) durchgeführt. Zu diesem Zwecke war ein Behelfslaboratorium eingerichtet worden, so daß täglich eine größere Individuenzahl im entsprechenden Entwicklungsstadium untersucht werden konnte. Die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbedingungen im Freiland wurden durch drei Thermohygrographen registriert.

Bei der Festlegung der Versuchsbedingungen für die Laboratoriumsarbeiten legten wir die Arbeit I. A. RUBZOVs (1938) zugrunde. I. A. RUBZOV hatte gefunden, daß eine volle Entwicklung des Goldafters nur bei Temperaturen höher als 17° C möglich war, daß das Temperaturoptimum für die Raupenentwicklung bei 20° C lag und die größte Entwicklungsgeschwindigkeit sich bei einer Temperatur von 32° C zeigte.

In unseren Versuchen wurden 9 Kombinationen verschiedener Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsstufen verwendet. Zur Schaffung der nötigen Temperaturstufen kamen die Zuchtgefäße in Thermostaten mit konstanten Temperaturen von 17°, 22,5° und 28° C. Die Temperatur wurde täglich dreimal überprüft, um die Abweichung von der geforderten Temperaturstufe zu bestimmen. Die Abweichung betrug im Maximalfalle  $\pm 1^\circ$ .

In einer Versuchsserie unter gleichen Temperaturverhältnissen (17°, 22,5°, 28°) bestanden je 3 verschiedene Luftfeuchtigkeitsstufen ( $\sim 45\%$ ,  $\sim 75\%$ ,  $\sim 100\%$  rel. Feuchte). Die Luftfeuchtigkeit wurde über verschiedenen chemischen Verbindungen konstant gehalten (CaCl<sub>2</sub>, NaCl, H<sub>2</sub>O). Die Thermostaten waren mit Glastüren verschlossen, so daß die Tiere in den Zuchtgefäßen dem normalen Lichtrhythmus ausgesetzt waren.

Die Raupen wurden in Zwölferschen Zuchtschalen aufgezogen. Es kamen Glaskästen mit einem Durchmesser von 22 cm zur Verwendung. Die aufgestülpte obere Schale hatte einen Durchmesser von nur 20 cm und eine Höhe von 9 cm, dadurch war ein genügend großer Zuchtraum für die Aufzucht der Goldafterraupen vorhanden. Auch die untere Schale war groß genug, um darin noch eine kleinere Schale mit dem Salzbrei bzw. Wasser unterzubringen. Durch die Verwendung der kleinen Schale, deren Ränder eingefettet wurden, war ein Überkriechen der Salze so gut wie ausgeschlossen bzw. dies konnte rechtzeitig bemerkt und abgestellt werden. Es zeigten sich in den Zuchtgefäßen keine größeren Abweichungen von den vorgesehenen Luftfeuchtigkeitswerten (hygrometrisch bestimmt), obwohl täglich das Futter gewechselt wurde.

Die Raupen zogen wir über Perlongaze auf, da, wie ein Vorversuch zeigte, die Goldafterraupen gewöhnliche Stoffgaze (Nessel- und Baumwollgewebe) anlagen können und sich sogar durchfraßen. In jedem Zuchtgefäß wurden je 25 Raupen aufgezogen, und das Ausgangsmaterial für die Versuchs- und Kontrollserien wurde von einer Eiche im Gebiet Diebzig (Staatl. Forstwirtschaftsbetrieb Dessau) entnommen. Um die Gleichartigkeit des Ausgangsmaterials zu gewährleisten, kamen für die Versuche nur überwinterte Goldafterraupen aus zwei großen Winternestern zur Verwendung. Die Winterester wurden bis zum vorgesehenen Versuchsbeginn im Kühlschrank bei +5° gehalten. Der Versuch wurde am 30. Mai 1955 begonnen, da auch um diese Zeit die Futterbasis gesichert war.

Zur Fütterung verwendeten wir ausschließlich Eichenblätter. I. A. RUBZOV schlägt in seiner Arbeit vor, den Goldafterraupen außer Eichenblättern noch zusätzlich Apfel-

blätter zu füttern, um die Vitalität der Zuchttiere zu erhöhen. Wir nahmen in unseren Versuchen von einer solchen Zusatzfütterung Abstand, da es nicht bekannt ist, wie eine zusätzliche Ernährung mit anderen Laubarten, die unter natürlichen Bedingungen in den Reineichenbeständen auch nicht gegeben ist, sich verändernd auf die Lebensweise der Goldafterraupen auswirkt. Die Gleichartigkeit des Futters war dadurch garantiert, daß die Eichenblätter an ein und denselben Jungeichen in etwa 2 m Höhe entnommen wurden.

Das Futter wurde täglich gewechselt, um zu erfahren, welche Blattmenge die Raupen innerhalb eines Tages fressen; außerdem zeigten die Blätter in den Luftfeuchtigkeitsstufen von 45% innerhalb eines Tages Welk- und Trockenerscheinungen, so daß die Raupen das Futter nicht mehr annahmen. Um das Futter frisch zu erhalten, brachten wir die bis zu 15 cm langen Eichenzweige in kleine Glasröhrchen, die mit Wasser gefüllt und mit einem Wachspropfen verschlossen waren.

Vor der Fütterung wurden die Konturen der Eichenblätter an den Zweigen der Reihe nach von oben nach unten für jedes einzelne Zuchtglas getrennt aufgezeichnet, und am nächsten Tag zeichneten wir die Konturen der noch nicht gefressenen, stehengebliebenen Blattspreite in die vortägige Blattskizze ein. Die von Tag zu Tag von den Raupen gefressene Blattfläche wurde dann mit Hilfe von transparentem Millimeterpapier bestimmt. Der so erhaltene Wert gab die Blattfläche an, die die Raupen einer Versuchsstufe im Laufe eines Tages gefressen hatten.

Von diesem Gesamtwert errechneten wir den durchschnittlichen Anteil der Futtermenge (ausgedrückt in cm<sup>2</sup> Blattfläche) für eine einzelne Raupe. Diese von Tag zu Tag erzielten Durchschnittswerte für eine Einzelraupe lassen gewisse Schlüsse auf die Dynamik des Futtermittelsverbrauches zu, sie geben jedoch nicht die tatsächlich verzehrte Blattmenge für eine Raupe an, da der Entwicklungsablauf und der Nahrungsverbrauch bei allen Tieren einer Versuchsstufe nicht gleich verlaufen. Die zur Klärung dieser Frage notwendigen und von uns durchgeführten Einzelzuchten stießen auf Schwierigkeiten, da die Goldafterraupen in Einzelhaltung kümmernten. Sowohl die Raupenexuvien (getrennt nach Häutungsstadien) als auch die toten Raupen wurden täglich ausgezählt.<sup>1)</sup>

### I. Zur Phänologie des Goldafters in Abhängigkeit von Temperaturbedingungen

Das erste Erscheinen der Goldafterraupen im Frühjahr und der einsetzende Knospen- bzw. Blattfraß sind in starkem Maße von den Temperaturverhältnissen in den Monaten April und Mai abhängig. Mit Beginn der warmen Jahreszeit kommen die Raupen aus den Winternestern hervor und finden sich tagsüber in sogenannten „Spiegeln“ auf den Winternestern. In der kälteren Nachtzeit oder nach einsetzenden Kälteeinbrüchen ziehen sich die Raupen erneut in diese Nester zurück.

In der Literatur finden sich verschiedene Angaben über das erste Erscheinen der Goldafterraupen im Frühjahr. ENGEL (1954) vermerkt für Südwestdeutschland eine Zeit von Ende März bis Anfang April. Nach Angaben von AUERSCH (1955) verließen in Mitteldeutschland die Goldafterraupen am 12. April ihre Winterester. Eine ähnliche Zeit stellte ФЕДОТОВА (1950) in der Ukraine fest (10.—15. 4.).

Wir konnten im Elbaugebiet die ersten Goldafterraupen im Jahre 1954 am 3. und 4. April und im Jahre 1955 vom 3. bis 8. April ausfindig

<sup>1)</sup> Auf Grund der nur beschränkten Zahl der Zuchttiere (25) in den einzelnen Versuchsstufen, wurde auf eine variationsstatistische Auswertung verzichtet.

machen. Die Raupen waren tagsüber immer dann auf der sonnenbeschienenen Seite der Winternester anzutreffen, wenn die Tagestemperatur höher als  $12^{\circ}\text{C}$  lag. Das stimmt mit der Angabe von AUERSCH (1955) überein, daß die Raupen dann ins Winternest zurückwandern, wenn die Lufttemperatur unter  $11^{\circ}\text{C}$  sinkt.

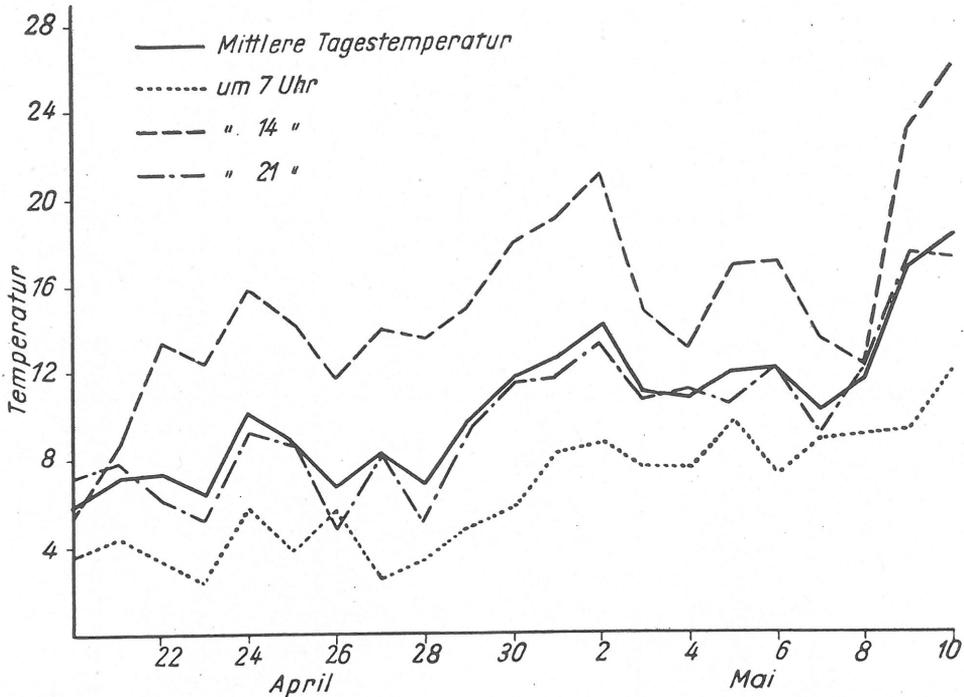
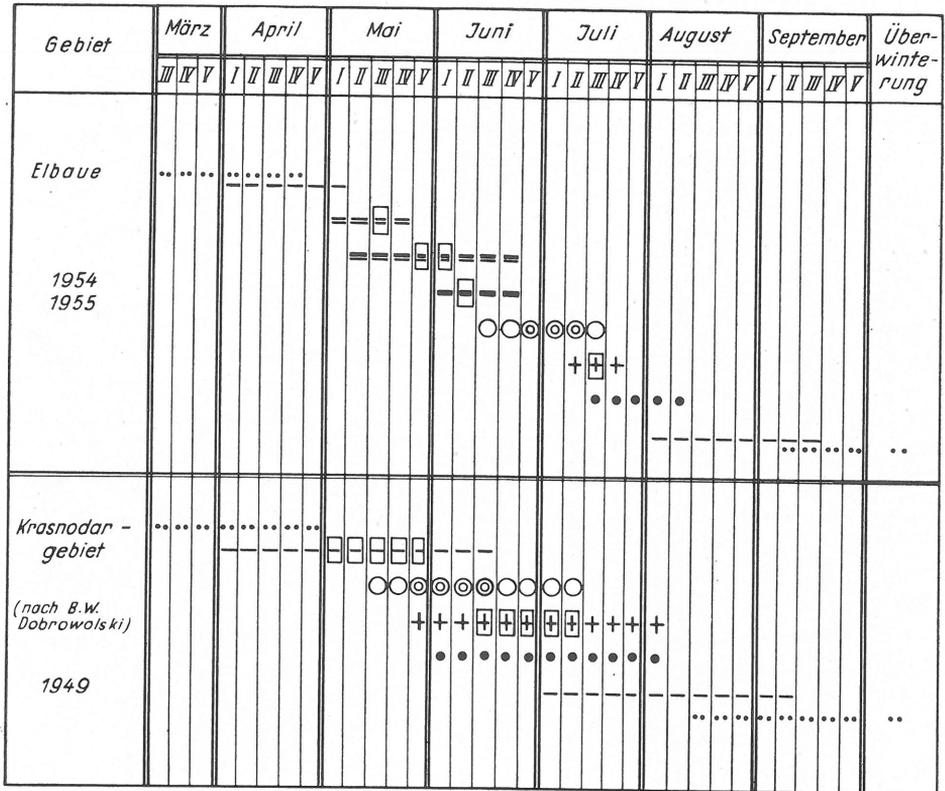


Fig. 1. Temperaturbedingungen vom 20. April bis 10. Mai 1954 im Elbauegebiet (Revier Olberg)

Obwohl im Jahre 1954 und 1955 die Raupen von *Euproctis chrysorrhoea* schon in der ersten Aprildekade auf den Winternestern zu finden waren, zogen sie sich, bedingt durch die Mitte April herrschenden verhältnismäßig tiefen Temperaturen, in der zweiten Aprildekade in die Winternester zurück, und kamen im Jahre 1954 erst wieder am 22. April an die Nestoberfläche. Ende April waren die Raupen am Stamm und an den Zweigen anzutreffen und gingen auf Futtersuche. Da sich im Jahre 1954 die Eichenknospen erst in der ersten Maidekade öffneten, fraßen die Goldafterraupen Ende April die noch geschlossenen Knospen leer. So machte sich vor allem im Frühjahr 1954 ein starker Knospenfraß bemerkbar, zu einer Zeit, als vom 22. bis 28. April die Tagestemperaturen um 14 Uhr höher als  $+12^{\circ}\text{C}$  lagen und bis zum Morgen (um 7 Uhr) bis auf  $+3^{\circ}\text{C}$  abgesunken waren (vgl. Fig. 1).

Durch solche tiefen Nachttemperaturen bedingt, blieb die Schwellung und Entfaltung der Eichenknospen stark zurück, während die Goldafter-



Zeichenerklärung:

- Ei
- Raupen 1-3 Stadium
- = " 4 "
- ≡ " 5 "
- " 6 "
- .. Raupen in den Winternestern
- Puppen
- + Schmetterlinge

Fig. 2. Phänogramm von *Euproctis chrysoorrhoea* L. (Nach Beobachtungen im Elbauegebiet in den Jahren 1954 und 1955, im Vergleich zu Angaben von B. W. DOBROWOLSKI, 1949, für das Krasnodargebiet). Umrandete Zeichen geben das Hauptvorkommen des entsprechenden Entwicklungsstadiums an

raupen, angeregt durch die hohen Temperaturen tagsüber, die Winterester verließen, sich fast zwei Wochen lang von den Knospen ernährten und den Eichen dadurch beträchtlichen Schaden zufügten.

Die Dauer der Raupenentwicklung und der Beginn der Verpuppung hängen in starkem Maße von den herrschenden Temperaturverhältnissen im Freiland ab. Obwohl die Einzeltiere nicht zu gleicher Zeit ihre Raupenentwicklung abschlossen und sich gleichzeitig verpuppten, konnte doch eine mittlere Dauer der Raupenentwicklung ermittelt werden, die den Zeitraum vom endgültigen Verlassen des Winternestes bis zum Verpuppungsbeginn umfaßte. Im Jahre 1954 ergab sich eine mittlere Dauer der Raupenentwicklung von 51 Tagen bei einer durchschnittlichen Temperatur von  $15,4^{\circ}\text{C}$  für diese Zeit. Im Jahre 1955 betrug die mittlere Dauer der Raupenentwicklung nach der Überwinterung 60 Tage und dementsprechend war die durchschnittliche Temperatur geringer ( $13,5^{\circ}\text{C}$ ). (Vgl. Fig. 3 und 4.)

Die Phänologie der Goldafterentwicklung für die Jahre 1954 und 1955 im Gebiet der Elbaue ist aus dem Phänogramm (Fig. 2) zu ersehen. Der Vergleich der Phänologie des Goldafters im Elbaue- und Krasnodargebiet zeigt, daß die überwinterten Goldafterraupen im Frühjahr fast zur selben Zeit die Winterester verlassen. Die Raupen- und Puppenentwicklung von *Euproctis chrysorrhoea* wird jedoch in dem bedeutend wärmeren, kontinentalen Klima des Krasnodargebietes viel zeitiger abgeschlossen, so daß sowohl das Puppenstadium als auch die ersten Schädlingssimagineen im Krasnodargebiet über einen Monat früher anzutreffen sind als in der Elbaue (vgl. Fig. 2). Andererseits scheint der Goldafter im Puppenstadium unter den trockenen, warmen Sommerbedingungen des Krasnodargebietes in eine Diapause einzutreten. Während z. B. im Elbauegebiet die Puppen des Goldafters nur etwa einen Monat lang zu finden waren, betrug diese Zeit im Krasnodargebiet etwa das Doppelte. Vor allem ist das Falterstadium sehr lange anzutreffen (über zwei Monate); demgegenüber flogen die Schmetterlinge im Elbauegebiet nur etwa zwei bis drei Wochen lang.

Im Jahre 1954 und 1955 schlüpften 12 bis 24 Tage nach der Eiablage die Jungraupen und skelettierten etwa einen Monat lang die obere Blattseite der Eichenblätter. Unter den herrschenden Witterungsbedingungen der Elbaue hatten die Raupen Mitte September die Winterester fertiggestellt und sich zur Winterruhe zurückgezogen.

## II. Der Einfluß von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsstufen auf die Entwicklungsgeschwindigkeit des Goldafters

Die Untersuchungen im Jahre 1955 zeigten, daß der Goldafter bei einer mittleren Freilandtemperatur von  $13,5^{\circ}\text{C}$  für die Dauer des Raupenstadiums seine Entwicklung vollständig abschließen konnte. Demgegenüber beendete in unseren Laboratoriumsversuchen, zum Unterschied von den Ergebnissen RŪBZOVs (1938), bei einer konstanten Temperatur von  $17^{\circ}\text{C}$  kein Goldafterindividuum seine Entwicklung bis zum Schmetterling. Da in dieser Temperaturstufe von  $17^{\circ}$  die Raupen von *E. chrysorrhoea* sich normal

häuteten (vgl. Fig. 6, Tab. 1,<sup>1)</sup>), und auch das letzte Häutungsstadium erreichten, ist es wahrscheinlich, daß die Goldafterraupen gerade im letzten Raupenstadium, d. h. vor der Verpuppung, unter den konstanten Laboratoriumsbedingungen höhere Temperaturen als 17° C benötigen, um ihre vollständige Entwicklung abzuschließen.

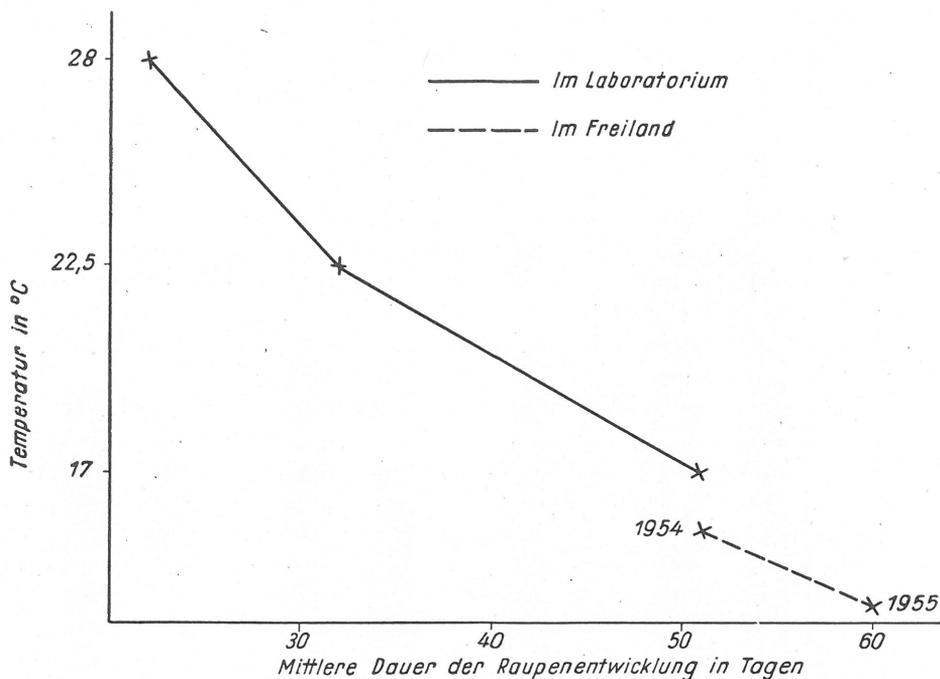


Fig. 3. Mittlere Dauer der Raupenentwicklung von *Euproctis chrysorrhoea* L. in Abhängigkeit von der Temperatur (nach Untersuchungen im Freiland und Laboratorium)

In der Versuchsstufe von 17° C Temperatur und 75% rel. Luftfeuchtigkeit benötigten die Tiere bis zum Abschluß der Raupenentwicklungszeit 51 Tage. Dieselbe durchschnittliche Entwicklungsdauer (51 Tage) brauchten die Goldafterraupen im Jahre 1954 bei einer mittleren Freilandtemperatur von 15,4° C (vgl. Fig. 4). Das gibt einen Hinweis darauf, daß wechselnde Temperaturbedingungen unter natürlichen Verhältnissen die Geschwindigkeit der Raupenentwicklung mehr fördern, als um durchschnittlich 2° höher liegende konstante Temperaturen im Laboratorium. Eine Gegenüberstellung der mittleren Dauer der Raupenentwicklung in Abhängigkeit

<sup>1)</sup> Die Tabellen der Versuchsstufen bei 45% und 100% rel. Luftfeuchtigkeit (und einer Temperatur von je 17°, 22,5° und 28° C) wurden in dieser Arbeit nicht abgedruckt; sie befinden sich in den Händen des Autors und können gern eingesehen werden.

von der Temperatur unter Freiland- und Laboratoriumsbedingungen gibt eine gewisse Vergleichbarkeit der erhaltenen Werte an (Fig. 3 und 4), die im Verlauf der Kurven zum Ausdruck kommt.

Die Versuchsergebnisse geben eine Bestätigung dafür, wie schon RUBZOV (1938) und andere Autoren feststellten, daß die mittlere Dauer sowohl der

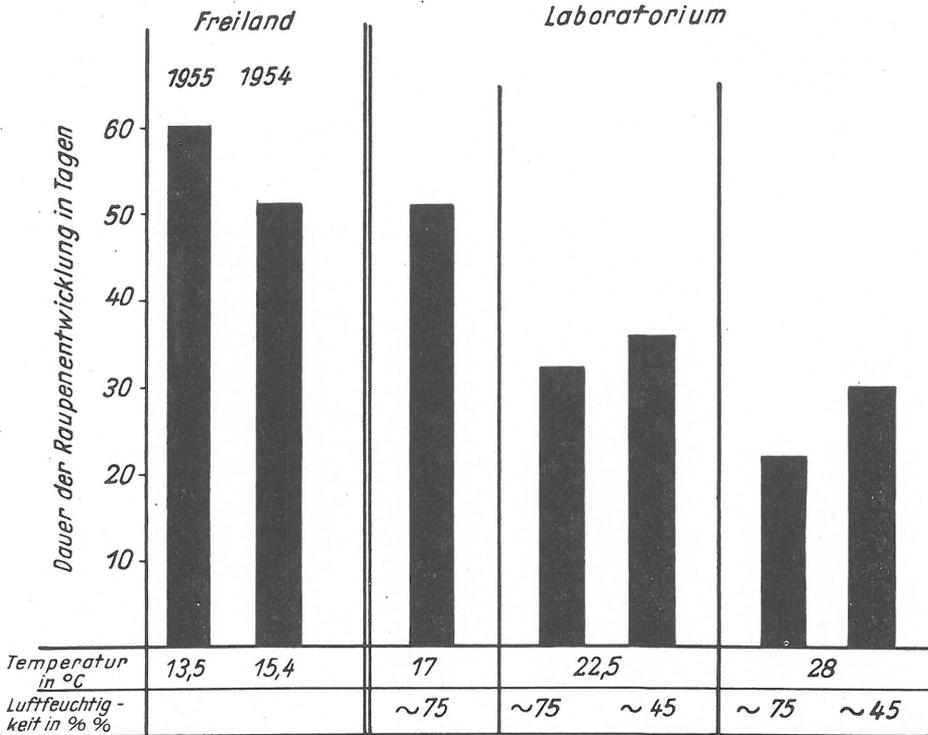


Fig. 4. Gegenüberstellung der Ergebnisse über die mittlere Dauer der Raupenentwicklung des Goldafters in Abhängigkeit von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbedingungen (nach Untersuchungen im Freiland und Laboratorium)

Raupen- als auch der Puppenentwicklung im Bereich normaler Lebensbedingungen um so kürzer ist, je höher die Versuchstemperaturen liegen.

Wie aus Fig. 4 ersichtlich ist, betrug die mittlere Dauer der Raupenentwicklung bei 17° C und 75% rel. Luftfeuchtigkeit 51 Tage, während sie sich in derselben Luftfeuchtigkeitsstufe aber bei einer Temperatur von 22,5° auf 32 Tage und bei 28° auf nur 22 Tage belief.

Eine ähnliche Beziehung ließ sich für die mittlere Dauer der Puppenentwicklung ermitteln (Fig. 5). Bei 22,5° C und 75% rel. Luftfeuchtigkeit dauerte die Puppenzeit durchschnittlich 19 Tage und bei 28° C nur 13 Tage an.

Tabelle 1. Der Einfluß der Temperatur auf den Futterverbrauch bei Goldafterraupen, die Zahl und Zeit der Häutungen, die Anzahl sich verpuppender Raupen, die Raupensterblichkeit und das Schlüpfen der Falter (25 Versuchstiere)

Versuchsbedingungen: 17° Temperatur, ~ 75% Luftfeuchtigkeit

Raupenalter nach der Überwinterung in Tagen	Von einer Raupe gefressene durchschn. Blattfläche in cm <sup>2</sup>	Häutung			Sterblichkeit in %	Sich verpuppende Individuen in %
		III Zahl der sich häutenden Raupen	IV	V		
2	0,11					
3	0,54					
5	0,16				4	
6	0,78	1				
8	0,27					
9	1,12	3				
10	1,10	5				
11	1,48	3				
12		4				
13	2,46	2				
15	1,30	1	1			
16	1,24	1	1			
17	0,84	2	2			
18	2,48		3			
19	2,80		1			
20	2,42					
22		1				
23	1,47	1	2		12	
24	1,47		5			
25	4,73		2		16	
26	1,92					
27	0,27					
29	0,52		1			
30	0,15		1			
31	0,54					
32	0,95					
33	0,25		1			
34	1,32		1			
36	0,47					
39	0,18			1	24	
40	0,10					
41	0,01				36	
43					40	
46	0,10				48	
50	0,01				56	
52					68	4
	33,56		davon	8%	parasitiert durch <i>Meteorius versicolor</i> Wesm.	

Im Vergleich zur Temperatur beeinflusst die Luftfeuchtigkeit die Entwicklungsdauer des Goldafters in weit geringerem Maße und übt im Unterschied zur Temperatur einen unterschiedlichen Einfluß auf die Dauer der Raupen- und Puppenentwicklung aus. In Fig. 4 ist ersichtlich, daß sich bei geringerer Luftfeuchtigkeit die Zeit der Raupenentwicklung verlängert. Es betrug die mittlere Dauer der Raupenentwicklung im Versuch bei 22,5° C und 75% rel. Luftfeuchtigkeit 32 Tage, während sie bei derselben Tempe-

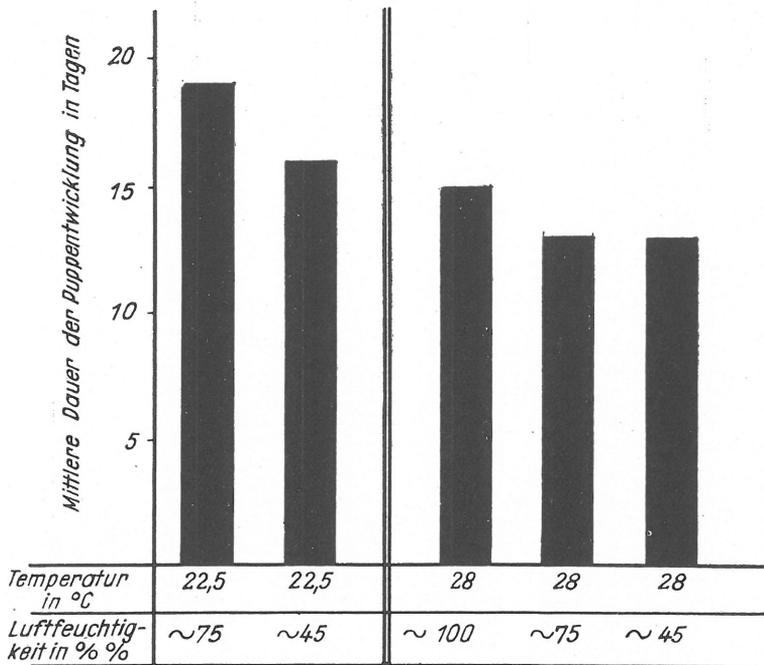


Fig. 5. Mittlere Dauer der Puppenentwicklung von *Euproctis chrysorrhoea* L. in Abhängigkeit von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbedingungen (nach Laboratoriumsuntersuchungen)

ratur, aber 45% rel. Feuchte sich auf 36 Tage erstreckte. In der Versuchsserie bei 28° C dauerte die Raupenentwicklung bei 75% rel. Luftfeuchtigkeit im mittleren 22 Tage und bei 45% rel. Feuchte 30 Tage an.

Im Gegensatz zur Raupenentwicklung schließen die Puppen in den Versuchen mit geringerer Luftfeuchtigkeit ihre Entwicklung schneller ab (siehe Fig. 5). So betrug in der Versuchsserie bei 22,5° C und 75% rel. Luftfeuchtigkeit die mittlere Dauer der Puppenentwicklung 19 Tage, während sie im Versuch bei 45% rel. LF. nur 16 Tage dauerte. Auch in der Versuchsserie bei 28° C zeigt sich dieselbe Erscheinung, indem die Puppen in der Luftfeuchtigkeitsstufe von 100% im Laufe von 15 Tagen ihre Entwick-

Tabelle 2. Einfluß der Temperatur auf den Futterverbrauch bei Goldafterraupen, die Zahl und Zeit der Häutungen, die Anzahl sich verpuppender Raupen, die Raupensterblichkeit und das Schlüpfen der Falter (25 Versuchstiere)

Versuchsbedingungen: 22,5° Temperatur ~ 75% Luftfeuchtigkeit

Raupenalter nach der Über- winterung in Tagen	Von einer Rau- pe gefressene durchschn. Blattfläche in cm <sup>2</sup>	Häutung			Sterb- lichkeit in %%	Sich ver- puppende Individuen in %%	Prozente an geschlüpfen Faltern
		III	IV	V			
2	0,43						
3	0,53						
6	0,71	1					
8	0,59	14					
9	2,25	5					
10		3					
11	1,77	1					
12	1,74	1	2				
13	2,23		4				
15	2,63		8				
16	3,95		3		8		
17	2,44		4		12		
18	2,65		2				
19	5,11						
20	3,45			4	16		
22	2,57		2	3	20		
23	2,19			3			
24	3,15			1			
25	3,11			5			
26	4,24			2			
27	2,01						
29	2,15						
30	1,19						
31	1,25				24		
32	0,84			1			
33						16	
36					32		
37	0,40						
38	0,27				52	20	
39	1,00						
40	0,20				60		
41	1,85				64		
43	2,14						
45	0,54						
46	0,43					24	
50					72		4
52							12
53					76		
	60,16				davon 52% parasitiert durch <i>Meteorus</i> <i>versicolor</i> Wesm.		

lung abgeschlossen hatten, während die Dauer der Puppenentwicklung bei 75% und 45% rel. LF. nur 13 Tage betrug.

Die Ergebnisse über die Entwicklungsgeschwindigkeit, den Futtermittelverbrauch, die Sterblichkeit, den Verpuppungs- und Schlüpfanteil geben auch eine Antwort auf die Frage nach den optimalen Laboratoriumsbedingungen der Goldafterentwicklung. In den Versuchen zeigten sich die günstigsten Entwicklungsbedingungen in der Stufe bei einer Temperatur von 28° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von ca. 75%. Unter diesen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbedingungen verpuppten sich 44% der Individuen und schlüpfen 40% an Imagines (vgl. Fig. 7). Außerdem betrug in dieser Versuchsstufe die Sterblichkeit 52% und war somit im Vergleich zu den anderen Versuchen nur gering. Unter den optimalen Versuchsbedingungen (28° C, 75% rel. LF.) beendete auch die größte Zahl der Individuen ihre Entwicklung in kürzester Zeit. Interessant ist der Umstand, daß außer den genannten optimalen Entwicklungsbedingungen in dieser Versuchsstufe auch die größte Blattmenge registriert wurde, die im Durchschnittswert von einer Raupe gefressen wurde (vgl. Fig. 7).

### III. Der Futtermittelverbrauch im Laufe der Raupenentwicklung in Abhängigkeit von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsbedingungen

Als bestimmende Faktoren für eine unterschiedlich starke Fraßtätigkeit des Goldafters unter Freilandbedingungen ergeben sich das Alter der Raupen und die jeweils herrschenden Witterungsverhältnisse. Die Fraßstärke des Schädlings läßt sich visuell einschätzen bzw. am Umfang des Kotfalles beurteilen. Eine zahlenmäßige Bestimmung des Nahrungsverbrauches unter Freilandbedingungen stieß auf Schwierigkeiten, da der Bestimmung der gefressenen Blattmenge und der Beurteilung der Raupensterblichkeit in den Beutelversuchen größere Unsicherheitsfaktoren anhafteten. Deshalb stützten wir uns in den Untersuchungen über die Höhe des Futtermittelverbrauches im Laufe der Raupenentwicklung und die für diese Zeit benötigte Gesamtmittelmenge auf Laboratoriumsversuche. Die in den verschiedenen Versuchen erhaltenen Ergebnisse sind in Fig. 6 und 7 und Tabellen 1—3 niedergelegt.

Aus Fig. 6 ist ersichtlich, daß die Höhe des Futtermittelverbrauches im Laufe der Raupenentwicklung und in Abhängigkeit von den Versuchsbedingungen stärkeren Schwankungen unterliegt.

Die mittlere Blattfläche, die von den Raupen täglich gefressen wird, nimmt stetig von Häutung zu Häutung zu, erreicht ein Maximum und fällt dann sehr schnell ab. Im Versuch bei 28° C und 75% rel. LF. benötigte beispielsweise eine Raupe nach der dritten Häutung durchschnittlich 1 cm<sup>2</sup> Blattfläche pro Tag, während nach der vierten Häutung etwa 3—4 cm<sup>2</sup> und in den ersten Tagen nach der fünften Häutung von 4,5—12,5 cm<sup>2</sup> Eichenblattfläche täglich gefressen wurden.

In den Versuchen bei niedriger Temperatur verlängert sich die Fraßzeit, verzögern sich die Raupenhäutungen, und die Futtermenge, die täglich gefressen wird, ist geringer als in höheren Temperaturstufen (vgl. Fig. 6, Versuch 17° C).

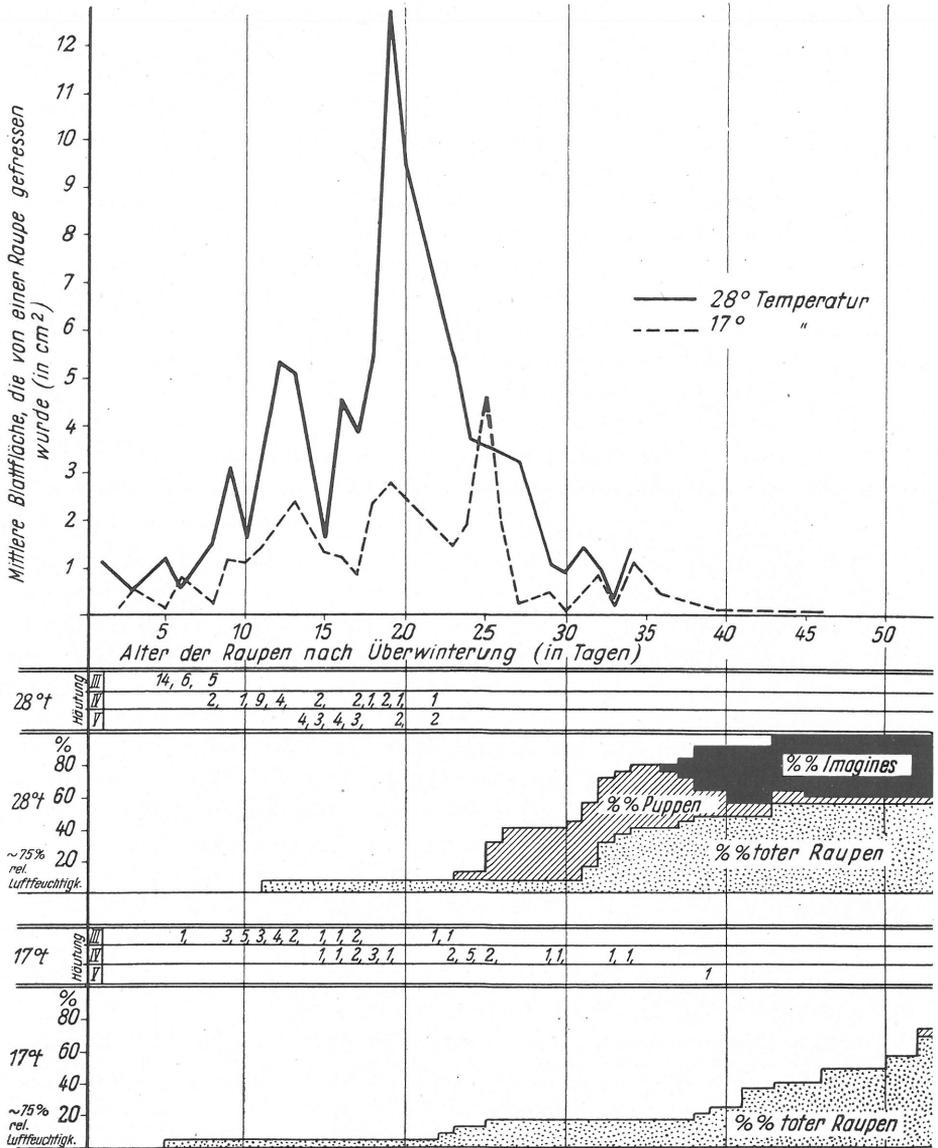


Fig. 6. Einfluß der Temperatur auf den Futterverbrauch bei Goldafterraupen, die Zahl und Zeit der Häutungen, die Anzahl sich verpuppender Raupen, die Raupensterblichkeit und das Schlüpfen der Falter

Tabelle 3. Einfluß der Temperatur auf den Futterverbrauch bei Goldafterraupen, die Zahl und Zeit der Häutungen, die Anzahl sich verpuppender Raupen, die Raupensterblichkeit und das Schlüpfen der Falter (25 Versuchstiere)

Versuchsbedingungen: 28° Temperatur ~ 75% Luftfeuchtigkeit

Raupenalter nach der Überwinterung in Tagen	Von einer Raupe gefressene durchschn. Blattfläche in cm <sup>2</sup>	Häutung			Sterblichkeit in %%	Sich verpuppende Individuen in %%	Prozente an geschlüpfen Faltern
		III	IV	V			
1	1.15						
3	0.50						
5	1.17	14					
6	0.53	6					
8	1.59	5	2				
9	3.14						
10	1.24		1				
11			9		8		
12	5.35		4				
13	5.09						
14				4			
15	1.60		2	3			
16	4.63						
17	3.86		2	3			
18	5.43		1				
19	12.63		2				
20	9.37		1	2			
22			1	2			
23	5.28					4	
24	3.69						
25	3.58					24	
26						32	
27	3.24						
29	1.03						
30	0.92					36	
31	1.52				16	40	
32	1.16				32		
33	0.35				36		
34	1.45				40		
36							4
37					44		12
38					48	44	28
40							36
43					56		
45							40
79.50		davon 4% parasitiert durch <i>Meteorus versicolor</i> Wesm.					

Das Maximum der gefressenen Blattmenge wird je nach den Versuchsbedingungen am 18. bis 26. Tag (von Versuchsbeginn an gerechnet) erreicht und ist in den Versuchen bei 28° C am deutlichsten ausgeprägt (Fig. 6; Tab. 3). In der Versuchsstufe von 28° C und 75% rel. LF. tritt das Maximum des Futtermittels am 19. Tage und bei 17° C und 75% rel. LF. am 25. Tag nach dem Verlassen der Winternester ein (vgl. Fig. 6).

Außer dem Maximum heben sich in der Kurve über die gefressene Blattfläche noch einige gut unterscheidbare Gipfpunkte ab. Im Versuch bei 28° C und 75% rel. LF. lassen sich z. B. solche Gipfpunkte am 9., 12.—13.

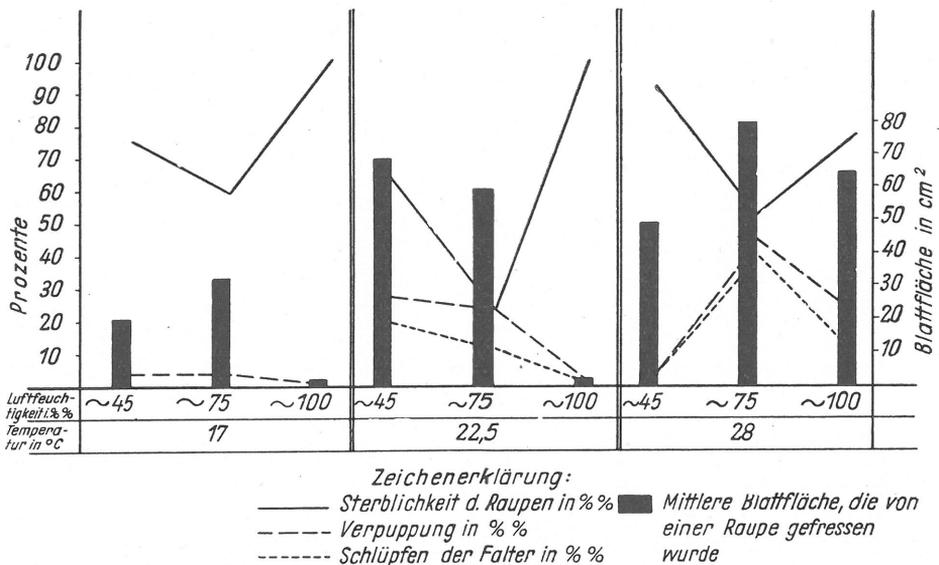


Fig. 7. Einfluß von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsstufen auf die verbrauchte Gesamtfuttermenge, die Raupensterblichkeit, den Verpuppungsanteil und das Schlüpfen der Falter (nach Laboratoriumsuntersuchungen)

und 18.—23. Tag nach der Winterruhe (Versuchsbeginn) feststellen. Eine Erklärung für den von Zeit zu Zeit ansteigenden Futtermittelsverbrauch, der sich in den Gipfpunkten der Kurve widerspiegelt, ergibt sich bei Betrachtung der Häutungszeiten. In Abständen von 1—3 Tagen vor den Gipfpunkten lassen sich jeweils mehrere Raupenhäutungen konstatieren (vgl. Fig. 6). Die frisch gehäuteten Tiere nehmen eine größere Futtermenge auf als vorher und deshalb zeichnen sich nach einer Vielzahl von Häutungen der Raupen die Gipfpunkte in der Futtermittelskurve ab. Im Gegensatz zur Temperatur macht sich in den Versuchen mit verschiedenen Luftfeuchtigkeitsstufen kein wesentlicher Einfluß auf die Dynamik des Futtermittelsverbrauches und auf gesicherte Unterschiede in der Gesamtfläche der gefressenen Blattmenge bemerkbar (vgl. Fig. 7).

Die gesamte Blattfläche, die im Mittel von einer Goldafterraupe im Laufe der Entwicklung gefressen wurde, ist in den einzelnen Versuchsstufen unterschiedlich groß. Der höchste Wert wurde unter den Versuchsbedingungen bei 28° C und 75% rel. Luftfeuchtigkeit erreicht (Fig. 7).

Während in den Versuchsstufen bei 22,5° und 28° C Summenwerte der gefressenen mittleren Blattfläche von etwa 50—80 cm<sup>2</sup> pro Einzelraupe erzielt wurden, war die Gesamtfläche in der 17°-Stufe deutlich geringer. Sie betrug bei 45% rel. LF. 20,55 cm<sup>2</sup> und bei 75% rel. LF. 33,56 cm<sup>2</sup> (vgl. Fig. 7; Tab. 1). Die Werte in den beiden Versuchsstufen bei ca. 100% rel. LF. (17° und 22,5° C) können nicht zur Betrachtung herangezogen werden, da in diesen Versuchen, begünstigt durch die hohe Luftfeuchtigkeit, Infektionskrankheiten ausgebrochen waren.

Im allgemeinen läßt sich sagen, daß eine Goldafterraupe in der Zeit vom Verlassen des Winternestes bis zur Verpuppung bei normalen Entwicklungsbedingungen im mittleren eine Eichenblattfläche von etwa 60—70 cm<sup>2</sup> benötigt.

#### IV. Zur Raupensterblichkeit

Abiotische Faktoren können auf die Raupensterblichkeit des Goldafters einen entscheidenden Einfluß haben, obwohl die Goldafterraupen in ihrer lange währenden Winterruhezeit in den Winternestern mit gut isolierenden Wänden sehr vortrefflich gegenüber abnormen, vor allem niederschlagsreichen Witterungsbedingungen, geschützt sind.

AUERSCH (1955) fand in den Winternestern des Goldafters eine mittlere Raupensterblichkeit von 6%. Wir konnten im Jahre 1955, zu einer Zeit, als die Massenvermehrung des Goldafters bereits in die Krisenphase eingetreten war, eine mittlere Raupensterblichkeit von 23% feststellen, wobei vor allem die Raupen benachbarter Kammern im Winternest zugrunde gegangen waren. DE FLUITER (1934) gibt an, daß die Goldafterpopulation vornehmlich durch regnerisches Wetter und feuchte Winter dezimiert wird, während sehr tiefe Temperaturen (—20° C) in trockenen Wintern keinen negativen Einfluß auf die Raupenüberwinterung haben. SUPATASCHWILI (1941) weist darauf hin, daß in Grusinien im Jahre 1934 ein Massensterben der Goldafterraupen durch einen Kälteeinbruch (bis —2°) nach einem verhältnismäßig warmen Wetter (8—20° C) zu verzeichnen war. Im Laufe unserer Untersuchungszeit waren die Winter der Jahre 1953/1954 und 1954/55 im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik verhältnismäßig warm, nur im Februar 1955 fiel einige Tage lang die Temperatur bis auf —20° C. Diese ungewöhnlichen Fröste riefen jedoch keine höhere Raupensterblichkeit hervor. Das Prozent gestorbener Goldafterraupen in den Winternestern vor und nach der Kälteperiode war fast dasselbe (ca. 20%).

In unseren Laboratoriumszuchten war die Raupensterblichkeit in den einzelnen Versuchsstufen unterschiedlich groß; sie erreichte in allen Versuchsserien ihre geringsten Werte in der Stufe bei 75% rel. LF. (vgl. Fig. 7). Die höchste Sterblichkeit wurde in der Versuchsstufe bei 100% rel. LF. erhalten, wobei in zwei Versuchen nach 2—3wöchiger Versuchsdauer vollständige Sterblichkeit auftrat. Durch die hohe Luftfeuchtigkeit war das Auftreten einer Bakterienseuche begünstigt worden.<sup>1)</sup>

Auch unter den Bedingungen der 45%-Luftfeuchtigkeitsstufe war eine verhältnismäßig hohe Raupensterblichkeit zu konstatieren (vgl. Fig. 7).

Während sich ein offensichtlicher Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Raupensterblichkeit zeigt, ist die Bedeutung der Temperaturen in bezug auf die Sterblichkeit weniger deutlich. Wie aus Fig. 7 ersichtlich ist, waren in den Versuchen bei 17° und 28° C die Sterblichkeitswerte fast gleich hoch, und nur bei 22,5° war die Raupensterblichkeit etwas geringer, nicht gerechnet die Bakterienepidemie in der Versuchsstufe bei 100% rel. Luftfeuchtigkeit. Für die hohe Sterblichkeitsziffer in den Laboratoriumszuchten, die in den 9 Versuchsstufen einen mittleren Wert von 82% erreichte, könnte noch der Faktor eine Rolle gespielt haben, wie ihn SACHTLEBEN (1927) bei Zuchten mit der Forleule (*Panolis flammea* Schiff.) gefunden hatte.

Unter Freilandbedingungen war im Jahr 1955 allgemein festzustellen, daß sich die Goldafterraupen durch geringe Vitalität auszeichneten, da die Massenvermehrung von *Euproctis* in dieser Zeit unter den Verhältnissen der Elbaue schon in die Krisenphase eingetreten war. Das aus dem Freiland für die Laboratoriumszuchten entnommene Material kann demzufolge denselben Effekt der geringen Vitalität und erhöhten Sterblichkeit aufweisen.

Die Raupen- und Puppensterblichkeit des Goldafters durch Parasiten und Räuber erreichte im Jahre 1955 im Massenvermehrungsgebiet der Elbaue verhältnismäßig hohe Werte (FANKHÄNEL, 1957).

In den Laboratoriumszuchten trat lediglich *Meteorus versicolor* Wesm. als Raupenparasit in Erscheinung, wobei die Parasitierung einen mittleren Wert von 7% erreichte. Die höchste Parasitierung des Zuchtmaterials (52%) durch *Meteorus* verzeichneten wir in der Versuchsstufe bei 75% rel. Luftfeuchtigkeit und 22,5° Temperatur (vgl. Tab. 2).

#### 7. Zusammenfassung

Die in 9 Versuchsstufen erhaltene mittlere Dauer der Raupen- und Puppenentwicklung erwies sich im Bereich normaler Lebensbedingungen um so kürzer, je höher die Versuchstemperaturen lagen (mittl. Dauer d. Raupenentwicklung bei 75% rel. F. und 17° C 51 Tage; bei 22,5° 32 Tg.; bei 28° 22 Tg.). Wechselnde Temperaturen unter Freilandbedingungen förderten die Geschwindigkeit der Raupenentwicklung mehr als um durchschn. 2° höher liegende konstante Temperaturen im Laboratorium. Während

<sup>1)</sup> Eine genaue Determination des Krankheitserregers nach seiner Artzugehörigkeit war nicht möglich.

sich die Zeit der Raupenentwicklung in den Versuchen mit geringer Luftfeuchtigkeit (45%) im allgemeinen verlängerte, schlossen die Puppen unter diesen Bedingungen ihre Entwicklung schneller ab.

Die von einer Raupe täglich gefressene mittlere Eichenblattfläche betrug im Versuch bei 28° C und 75% rel. F. nach der 3. Häutung durchschnittlich 1 cm<sup>2</sup>, nach der 4. Häutung 3—4 cm<sup>2</sup> und in den ersten Tagen nach der 5. Häutung 4,5—12,5 cm<sup>2</sup>. Die gesamte Blattfläche, die im mittleren von einer Goldafterraupen bis zum Abschluß ihrer Entwicklung benötigt wird, belief sich auf 60—70 cm<sup>2</sup>. Starker Knospenfraß an Eichen trat dann ein (wie Ende April—Anfang Mai 1954), wenn durch tiefe Nachttemperaturen bedingt, die Entfaltung der Eichenknospen stark zurückbleibt, und die Raupen, angeregt durch hohe Tagestemperaturen (über 12° C), die Winternester verlassen und sich ausschließlich von Knospen ernähren können. Die Phänologie des Goldafters im Elbaugebiet wird mit Angaben aus dem Krasnodargebiet verglichen.

### Summary

The medium length of larval and pupal development studied under 9 combinations of degrees of different temperature and atmospheric humidity was found to become the shorter the higher the temperature was applied (med. length of development under 75% rel. humid. and 17° C: 51 days; 22,5°: 32 days; 28°: 22 days). Alternating temperatures under field conditions favoured the progress of larval development more than 2° higher constant temperatures in the laboratory. While the length of larval development was generally increased by low degrees of humidity (45%) the pupae under these conditions could earlier finish their development.

The daily consumption of a larva (measure: the medium superficies of an oak leaf) was found under 28° C and 75% rel. humid. after 3. moulting 1 cm<sup>2</sup>, after 4. moulting 3—4 cm<sup>2</sup>, and within the first days after 5. moulting 4,5—12,5 cm<sup>2</sup>. The whole leaf superficies required during its development was 60—70 cm<sup>2</sup>.

Heavy damage to oak buds was observed (April—Mai 1954) when, caused by low night temperatures the unfolding of oak buds stagnates, and the larvae, stimulated by high day temperatures (more than 12° C), leave the hibernating nests at a time when their food is confined to the buds only.

There is given a comparison between the phenology of *Euproctis chrysorrhoea* in Germany (river-meadow district of the Elbe) and notes on this subject from Krasnodar district (USSR).

### Резюме

Средняя продолжительность гусеничного и кукольного развития, установленная в 9 опытах, оказалась при нормальных условиях тем короче, чем выше были температуры в опытах (средняя продолжительность гусеничного развития при 75% влажности и 17° Ц — 51 день; при 22,5° Ц — 32 дня; при 28° Ц — 22 дня). В колеблющихся температурных условиях в природе скорость гусеничного развития является выше, чем при константных температурных условиях в лаборатории, лежащих на 2 градуса выше, чем в природе. При уменьшенной влажности воздуха (45%) продолжительность гусеничного развития в общем продлинена, но продолжительность кукольного развития при данных условиях укорачивается.

Средняя площадь листы дуба, поеденной одной гусеницей в день, составляла в опыте при 28° Ц и 75% влажности после 3-ей линьки в среднем 1 см<sup>2</sup>, после 4-ой линьки 3—4 см<sup>2</sup> и в первые дни после 5-ой линьки 4,5—12,5 см<sup>2</sup>. Общая листовая площадь, употребляемая одной гусеницей златогузки до конца гусеничной жизни составляла 60—70 см<sup>2</sup>.

Сильное повреждение почек дуба отмечалось тогда (как в конце апреля — в начале мая 1954 г.), когда распускание дубовых листьев очень затормозилось низкими ночными температурами, а гусеницы, выходящие при высоких дневных температурах (свыше 12° Ц) из зимних гнезд, питаются исключительно почками.

Фенология златогузки в области реки Эльбе сравнивается с данными Краснодарского края.

#### Literatur

- AUERSCH, O., Zur Kenntnis des Goldafters (*Euproctis chryorrhoea* L.). Beitr. Ent., 5, 96—126, 1955.
- DOBROWOLSKIJ, B. W., Der Goldafter im Dongebiet und Nordkaukasus (russisch). Wiss. Schrift. Staatl. Rostower Univ., 15, Arb. Biol. Fak., 6, 1949.
- ENGEL, Goldafter und Baumweißling, zwei wichtige Obstbaumschädlinge im Frühjahr 1954. Gesunde Pflanzen, 6, 4, 1954.
- FANKHÄNEL, H., Der Goldafter (*Euproctis chryorrhoea* L.) als Eichenschädling im Elbauegebiet und die Bedeutung seiner Parasiten. Ber. 8. Wandervers. Dtsch. Entomol., Tagungsber. Akad. Landwirtschaftswiss. Berlin, 11, 105—119, 1957.
- FEDOTOVA, K. M., Die Rolle biologischer Faktoren bei der Massenvermehrung des Goldafters und Baumweißlings (russisch). Massenvermehrung von Tieren und ihre Prognose, Arb. anlässlich d. ökol. Konf., Kiew, 218—221, 1950.
- FLUITER, H. J. DE, Over *Nygmia phaeorrhoea* Donovan, den bastaardsatijnvlinder, en de factoren, welke tijdens de winterrust de getalsterkte van dit insect decimeeren. Tijdschr. Plantenz., 40, 1—35, 1934.
- JANISCH, E., Die Lebens- und Entwicklungsdauer der Insekten als Temperaturfunktion. Ztschr. wiss. Zool., 132, 176—186, 1928.
- , Über die Methoden zur Konstanthaltung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit in biologischen Laboratoriumsversuchen. In: Abderhalden, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. V, 10, 87—112, Berlin & Wien, 1933.
- RUBZOW, I. A., Der Einfluß der Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Nahrung auf die Entwicklung der Goldafterraupen (russisch). In: Vorträge der Allunions Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, 10/19, 32—37, 1938.
- SACHTLEBEN, H., Beiträge zur Naturgeschichte der Forleule *Panolis flammea* Schiff. und ihre Parasiten. Arb. Biol. Reichsanst., 15, 437—536, 1927.
- SUPATASCHWILI, S. M., Materialien zur Kenntnis des Goldafters (*Nygmia phaeorrhoea* Don.) in der Grusinischen SSR (russisch). Nachr. ent. Ser. Tbilissi, 2, 136—139, 1941.
- ZWÖLFER, W., Methoden zur Regulierung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Ztschr. angew. Ent., 19, 497—513, 1932.
- , Studien zur Ökologie, insbesondere zur Bevölkerungslehre der Nonne (*Lymantria monacha* L.). Ztschr. angew. Ent., 20, 1—50, 1934.