

Der Einfluß der Nahrung auf die Entwicklung der Nonnenraupe.

(Untersuchungen über die Ökologie und Epidemiologie der Nonne, II.)

Von H. M a e r c k s.

(Aus dem Laboratorium für Ökologische Zoologie der Biologischen Reichsanstalt.)

(Mit 5 Textfiguren.)

Inhaltsübersicht.

Einleitung.

Material und Methode.

Vergleichende Untersuchung verschiedener Futterpflanzen in ihrer Wirkung auf die Raupenentwicklung:

1. Buche und Fichte;
2. Buche, Hasel, Apfel und Erle;
3. Kiefer, Lärche und Fichte;
4. Apfel und Kiefer.

Die Wirkung der untersuchten Laub- und Nadelhölzer in zusammenfassender Übersicht.

Ergebnis der Untersuchungen.

Schriftenverzeichnis.

Einleitung.

Im ersten Teil dieser Veröffentlichungsreihe teilte E. Janisch die Ergebnisse seiner Untersuchungen über den Einfluß von Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklungsdauer der Nonne mit. Im folgenden soll nun über die Wirkung verschiedener Futterpflanzen auf die Nonnenraupe berichtet werden. Herr Reg.-Rat Dr. Janisch übertrug mir die Durchführung dieser Untersuchungen.

Die Nonnenraupe ist bekanntlich äußerst polyphag. Man findet sie an allen einheimischen Nadelhölzern und an nahezu allen Laubhölzern, ferner an Rose, Heidel- und Rauschbeere und selbst an Farnkraut. Nach den Angaben in den forstlichen Handbüchern (u. a. bei Heß-Beck, p. 379, Wolff-Krausse, p. 194, Nüßlin-Rhumbler, p. 442) werden mit Ausnahme der Eibe alle Nadelhölzer bevorzugt befallen, am meisten Fichte und Kiefer. Unter den Laubhölzern steht an erster Stelle die Buche, dann folgen Apfel, Birke und Hainbuche. Die übrigen Laubbäume werden nach Heß-Beck nur aus Not angenommen. Kaum befressen werden u. a. Birnbaum und Roßkastanie, Liguster und Flieder, Stachel- und Johannisbeere. Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) bleibt verschont, dagegen wurde an Weißerle (*A. incana*) Kahlfraß beobachtet (Ruzicka, p. 323).

Bekanntlich finden in Mitteleuropa Massenvermehrungen der Nonne fast ausschließlich in reinen Fichten- und Kiefernkulturen statt. Man könnte daher annehmen, daß neben den klimatischen Verhältnissen dieser Waldungen auch die Fichten- und Kiefernnahrung der Nonnenraupe besonders zusagt. Es finden sich jedoch in der Literatur zahlreiche Angaben, aus denen hervorgeht, daß die Nonne in Zeiten normaler Ver-

mehring die Laubbäume vor den Nadelhölzern bevorzugt und selbst bei Massenvermehrung noch Vorliebe für die Laubhölzer zeigt.

So kommt die Nonne in Böhmen nach Nechleba in Zeiten normaler Vermehrung häufiger auf der Buche als auf der Fichte vor (Ruzicka, p. 87). Bei Kolin in Böhmen fraß die Nonne im Jahre 1932 Eichen, Buchen und Birken kahl, die Fichten dagegen nicht (Ruzicka, p. 323). Wilke (p. 592) gibt eine Zusammenstellung von Mitteilungen, nach denen die Nonne eine Vorliebe für die Laubhölzer zeigt. So war nach Reinecke die Nonne bis zum Jahre 1798 als Großschädling der Fichte in Deutschland unbekannt. Sie fraß an Apfel- und Pflaumenbäumen, an Eichen und Weiden. Pfeil beobachtete, wie die Nonne in einer Kiefernwaldung die jungen Buchen und Hainbuchen im Unterholz entlaubte und erst danach die Kiefern bestieg. Nach einer Mitteilung von Rittmeyer wurden im Maros-Tordaer Komitate in Ungarn sämtliche Buchenbestände, dagegen nur $\frac{1}{3}$ der Fichtenbestände befallen. Nach Lorey ist in Zeiten vereinzelter Auftretens die Eiche sehr oft die bevorzugte Nährpflanze. In England ist die Eiche nach Fisher die gewöhnliche Futterpflanze der Nonne, und auch in Frankreich lebt die Nonne nach Bonjour und Dufour auf Eichen. Wilke selbst kommt nach dem Studium der horizontalen Verbreitung der Nonne und ihrer Schäden in Nord-europa zu dem Schluß, „daß die Nonne kein ursprüngliches Nadelwaldinsekt, sondern ein typischer Laubwaldbewohner ist“ (p. 612). Denn sie kommt über das europäische Laubwaldgebiet hinaus nicht mehr vor und fehlt in dem eigentlichen Nadelwaldgebiet Nordeuropas. Nach Wilke geht auch aus der vertikalen Verbreitung der Nonne und ihrer Schäden in Mitteleuropa hervor, daß sie kein ursprüngliches Nadelholzinsekt ist, weil in den mitteleuropäischen Gebirgen Massenvermehrungen der Nonne nur in der Laubwaldregion auftreten, in der eigentlichen Nadelwaldregion aber fehlen.

Es ist nicht die Aufgabe der vorliegenden Untersuchung, den Widerspruch zu lösen, der hier bei einseitiger Betrachtung des Nahrungsfaktors auftaucht. Sie bezweckt lediglich, den physiologischen Nahrungswert verschiedener Laub- und Nadelhölzer für die Nonnenraupe zu ermitteln.

In jüngster Zeit wurden von Zwölfer (p. 363) Fütterungsversuche mit Fichte, Kiefer, Buche und Lärche bei 17–18° C und 98–100 % rel. Feuchtigkeit mit dem 1. Larvenstadium durchgeführt. Die ersten drei Nährpflanzen beeinflussten die Entwicklungsdauer nicht bemerkenswert, während die Entwicklung an Lärche anscheinend etwas verlangsamt war.

Material und Methoden.

Die zu den Versuchen benutzten frischgeschlüpften Raupen waren die Nachkommen der im Jahre 1932 im Laboratorium aus Freilandiern aufgezogenen Falter (vgl. Teil I, p. 276). Die Aufzucht geschah damals ohne besondere Pflege auf Zuchtblechen bei 19° und etwa 90% rel. Feuchtigkeit. Als Futter wurde gleichzeitig Lärche, Fichte und Kiefer gegeben. Die Begattung der Falter und die Eiablage erfolgte in Zimmertemperatur. Die Eier wurden im Kühlraum bei etwa +2° überwintert. Sie schlüpften im Frühling 1933 in feuchter Luft bei 22°.

Für die Durchführung der Versuche wurde unter den Nadelhölzern

Fichte, Lärche und Kiefer, unter den Laubhölzern Buche, Hasel, Apfel und Weißerle (*Alnus incana*) ausgewählt. Es wurde je eine Versuchsserie in 14°, 22°, 27° und 31° angesetzt. Für die tiefe Temperatur stand der Vorraum einer Kältekammer zur Verfügung, der durch regulierte Heizung auf 14° gehalten wurde. Die Temperatur schwankte um einige Zehntel Grade, sie erreichte bisweilen für kurze Zeit 15°. Die übrigen Temperaturen wurden in temperaturkonstanten Räumen erzeugt (s. Teil I, p. 279), in denen die Schwankungen $\pm 0,1^\circ \text{C}$ nicht überstiegen. Als Zuchtgefäße dienten Deckelschalen (s. Teil I, p. 277, Fig. 1), die mit KNO_3 beschickt waren. Damit wurde eine relat. Feuchtigkeit von 96% (in 14°) bis 91% (in 31°) erzielt. Die Zahl der Tiere war in jedem Einzelversuch 21—31. Sie wurden anfangs in einer Schale untergebracht, dann aber mit den fortschreitenden Häutungen aufgeteilt, bis nicht mehr als 5 größere Raupen in jeder Schale waren.

Die Laubblätter mußten während des Versuchsganges in den Gefäßen mit konstanter Luftfeuchtigkeit frisch gehalten werden. Sie wurden, um die Luftfeuchtigkeit möglichst wenig zu ändern, mit dem Stiel in kleine mit Wasser gefüllte und mit Plastilin verschlossene Röhrchen gesteckt. Bei den Nadelhölzern war dies nicht nötig, da sie bis zur nächsten Fütterung genügend frisch blieben. Bei Fichten- und Kiefernahrung wurde anfangs mit jungen Trieben gefüttert. Erst den älteren Stadien wurden neben den frischen auch vorjährige Triebe geboten.

Bei der Durchführung der Versuche zeigte es sich bald, daß das Versuchsmaterial sehr unterschiedlich und physiologisch mehr oder weniger geschwächt war. Bei Lärchen- und Fichtenfutter waren die Entwicklungszeiten bereits von der ersten Häutung an gegenüber den Versuchen des Vorjahres verzögert. Die Verzögerungen wurden mit fortschreitender Entwicklung immer stärker. Auch die Sterblichkeit war erheblich. So starben in 22° bei Lärchen- und Fichtenfütterung 74—96% der Raupen. Es lagen somit in dem Versuchsmaterial von den Eltern überkommene Schadfaktoren. Dies war an sich für die Durchführung der Versuche durchaus nicht ungünstig. Denn ein physiologisch geschwächtes Material reagiert besonders fein auf Umweltfaktoren (vgl. Maercks 1934, p. 696)¹⁾, und

1) Die infolge schlechter Pflege der Eltern geschwächte 2. Generation von Kohlweißlingsraupen reagierte empfindlicher auf die Temperatur als die gesunde 1. Generation mit sorgfältig behandeltem Elternmaterial. So verlief die Temperaturkurve für die vorimaginale Sterblichkeit bei der 1. Generation ein weites Stück innerhalb der 0% Sterblichkeitslinie (von 14—26°). Bei der 2. Generation war sie dagegen aus der 0% Linie emporgehoben. Nur bei 23° wurde hier mit 2% die geringste Sterblichkeit erreicht. Nach den für die 1. Generation ermittelten Daten mußte das Temperaturoptimum innerhalb der weiten Grenzen von 14—26° gesucht werden. Die feinere Temperaturreaktion der 2. Generation legte es dann für 23° fest.

so mußte sich mit dem vorliegenden Material eine unterschiedliche Futterwirkung leicht erkennen lassen. Doch wurde die Auswertung der Versuche dadurch sehr erschwert, daß der Schädigungsgrad bei den einzelnen Versuchen verschieden war. Um die aufgefundenen Abhängigkeiten genau zu klären und um entscheiden zu können, welche Symptome auf die Konstitution, welche auf Wirkung der Futterpflanze zurückzuführen waren, mußten die Entwicklungszeiten, Variationsbreite und Sterblichkeitsprozente der einzelnen Stadien gleichzeitig bei jedem Einzelversuch zum Vergleich herangezogen werden. Dabei erwies sich die Darstellung der Versuchsergebnisse mit Hilfe der Kurven für die Häutungs- und Absterbefolge als unentbehrlich. Die Methode, die zuerst von Janisch (Janisch und Ghabn, p. 253, Fig. 5) angewandt und von mir erweitert wurde (Maercks, 1934, p. 704, Fig. 4), ermöglicht es, den ganzen Versuchshergang mit Häutungsbeginn und -ende, Sterblichkeitshöhe und Zeitpunkt des Absterbens in einem Bild klar zu überblicken. Das Prinzip der Methode kann man aus Fig. 3 ersehen. Die absteigenden Kurvenäste I, II, III bezeichnen die Abnahme der Zahl der betreffenden Stadien, und zwar im gestrichelten Kurventeil die Abnahme durch Tod, im ausgezogenen Teil die Abnahme durch Häutung. Wo die Abnahme gleichzeitig durch Häutung und Tod erfolgte, ist dies durch ein Kreuz markiert. Beginn und Ende der ausgezogenen Kurvenabschnitte deuten Anfang und Beendigung der Häutung an. Damit ist gleichzeitig die Variationsbreite festgelegt. Bei Buche beginnt z. B. die 1. Häutung am 4. Tage und ist nach 6 Tagen beendet. Die aufsteigenden Äste deuten den Zugang der einzelnen Stadien durch Häutung der vorhergehenden Stadien an. Bei Buche z. B. häuteten sich nur 80% zu II, da 20% der Stadien I sterben.

Auf diese Weise wurden alle Versuche ausgearbeitet¹⁾. So konnte ein klares Bild über die Wirkung der verschiedenen Futterpflanzen gewonnen werden. Eine Anzahl der Versuche erwies sich für die folgende Darstellung des Nahrungseinflusses als ungeeignet, da starke konstitutionelle Verschiedenheiten die Einzelheiten überdeckten. Sie sollen in einem anderen Zusammenhang ihre Bearbeitung finden²⁾.

Vergleichende Untersuchung verschiedener Futterpflanzen in ihrer Wirkung auf die Raupenentwicklung.

1. Buche und Fichte.

Wie bereits erwähnt, wird im allgemeinen die Fichte neben der Kiefer am meisten von der Nonne befallen. Nächst ihr ist die Buche

¹⁾ Die Belege sind als Tabellen und Kurven in der Bücherei der Biologischen Reichsanstalt Berlin-Dahlem hinterlegt und dort zugänglich.

²⁾ Über die Konstitutionsfrage wird Herr Reg.-Rat Dr. E. Janisch berichten.

stärker bevorzugt. Die Wirkung dieser beiden Futterarten auf die Raupenentwicklung zu ermitteln, war daher von besonderem Interesse.

Schon während des Versuchs ließ sich feststellen, daß die Raupen bei Fütterung mit Buche von Anfang an besser gediehen als bei Fütterung mit Fichte. Sie sahen an Buche gesund und kräftig aus und übertrafen bald im Wachstum die schwächer erscheinenden Raupen des Fichteversuches.

Die Auswertung der Versuche bestätigte, daß Buche eine wesentlich günstigere Nahrung war als Fichte; denn es wurden die kürzeren Entwicklungszeiten bei Buchenfütterung erreicht, und auch die Sterblichkeitsprozentage lagen hier niedriger.

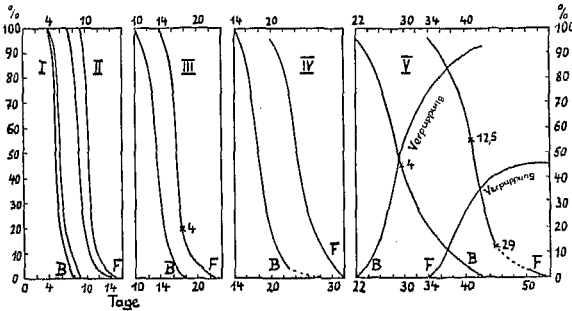


Fig. 1: Die Häutungs- und Absterbefolge bei Fütterung mit Buche (B) und bei Fütterung mit Fichte (F) in 22° über KNO₃ (98 % rel. F.). I—V = 1. bis 5. Stadium.

Die für 22° ermittelten Daten sind in Fig. 1 wiedergegeben. Die Kurven bezeichnen in ihren ausgezogenen Teilen den Abgang der Stadien I bis V durch Häutung, in den gestrichelten Teilen den Abgang durch Tod. Wo die Verminderung gleichzeitig durch Tod und Häutung bedingt ist, ist es durch ein Kreuz markiert. Die Zahl daneben gibt den prozentualen Anteil der Toten an. Die 5. Häutung (= Verpuppung) ist noch einmal durch die aufsteigenden Kurvenäste wiedergegeben, um die am Schluß erreichten Prozentzahlen der Puppen anzudeuten. Die mit B bezeichneten Kurven gelten für Buchenfütterung, die mit F' bezeichneten für Fichtenfütterung. Für die 1. Häutung liegen die beiden Kurven noch dicht beieinander. Sie haben den Ausgangspunkt gemeinsam. Doch ist der Fußpunkt der Fichtenkurve um einen Tag nach rechts verschoben. Die Häutung begann also in beiden Versuchen gleichzeitig am 5. Tage, doch war die Variationsbreite bei Fichte um einen Tag vergrößert. Bei der 2. Häutung sind auch die Anfangspunkte der beiden Kurven auseinandergerrückt. Die Tiere häuteten sich an Fichte 2 Tage später als an Buche. Für die 3. Häutung beträgt die Verzögerung bereits 4 Tage. Auch starben an Fichte 4⁰/₀. An Buche starb die 1. Raupe erst auf dem Stadium IV. Die Häutungs-

verzögerung an Fichte nimmt nun weiter zu. Sie beträgt für die 4. Häutung 6 und für die Verpuppung 12 Tage. An Fichte starb außerdem noch ein hoher Prozentsatz Raupen V, so daß nur 46⁰/₀ Puppen erhalten wurden. An Buche verpuppten sich dagegen 92⁰/₀.

In 14⁰ wurden folgende Häutungszeiten und Sterblichkeitsprozente beobachtet (die eingeklammerten Zahlen geben die Variationsbreite an):

14 ⁰	Buche	Fichte
1. Häutung	12—19 (7) Tage	15—26 (11) Tage
2. "	22—30 (8) "	26—42 (16) "
3. "	33—41 (8) "	41—51 (10) "
4. "	44—64 (20) "	52—66 (14) "
% I tot	0	22
% II "	22	11
% III "	8	0

Die verzögerte Entwicklung bei Fütterung mit Fichte macht sich hier bereits bei der 1. Häutung bemerkbar. Wie in 22⁰ nimmt sie mit den fortschreitenden Häutungen zu. Der Häutungsbeginn war an Fichte beim ersten Stadium 3, beim zweiten 4, beim dritten und vierten 8 Tage später als an Buche¹⁾. Außer bei der 4. Häutung war auch die Variationsbreite an Fichte größer als an Buche. Die bei der 4. Häutung kleinere Variationsbreite an Fichte ist auf den Tod von Stadien II zurückzuführen. Wie die oben gegebenen Zahlen erkennen lassen, vermindert sich die Variationsbreite im Fichte-Versuch von 16 Tagen bei der 2. Häutung auf 10 Tage bei der 3. Häutung, da die schwachen Tiere, die durch ihre stark verzögerten Entwicklungszeiten eine Vergrößerung der Variationsbreite bedingen, auf dem Stadium II absterben (vgl. die von Janisch und Maereks 1933 an Kohlweißlingsraupen festgestellten Zusammenhänge zwischen Variationsbreite und Sterblichkeit). Auch die Sterblichkeit läßt einen ungünstigen Einfluß der Fichtenahrung erkennen. Während an Buche noch alle Raupen I am Leben blieben, und erst unter den 2. und 3. Stadien Tote auftraten, setzte an Fichte die Sterblichkeit bereits auf dem 1. Stadium ein.

Die in 27⁰ durchgeführten Zuchten lassen infolge starker konstitutioneller Verschiedenheiten des Versuchsmaterials einen einwandfreien Vergleich nicht zu. Mit Fichtefütterung liefen hier drei Versuche. In allen starben bereits von den 1. Stadien 90—96⁰/₀. Bei Buchenfütterung betrug dagegen die Gesamtsterblichkeit nur 18⁰/₀ (4⁰/₀ II, 7⁰/₀ IV und

¹⁾ Die Verpuppungszeiten lassen sich nicht vergleichen, da im Fichteversuch noch vor Beginn der 5. Häutung 15⁰/₀ und später weitere 14⁰/₀ der Raupen V entkamen.

7% V tot). Dementsprechend war auch der Häutungsbeginn an Fichte stark verzögert, wie aus folgender Übersicht hervorgeht:

27°	Buche	Fichte
1. Häutung	4 Tage	8 Tage
2. "	6 "	11.5 "
3. "	9 "	16 "
4. "	12 "	21 "
Verpuppung	21.5 "	33 "

Bei der für die Nonnenraupe schon recht hohen Temperatur von 31° war der günstigere Einfluß der Buchennahrung besonders deutlich. Während an Fichte in zwei Versuchen alle Raupen noch vor der 1. Häutung zugrunde gingen und in einem dritten Versuch nur 1 Tier das Stadium II erreichte und dann ebenfalls starb, war an Buche die Sterblichkeit der 1. Stadien nur 20%₀. Eine höhere Sterblichkeit setzte mit 72%₀ erst auf dem 2. Stadium ein. Das 3. Stadium wurde noch von 7%₀ der Raupen erreicht. An Buche erfolgte die erste Häutung am 4. Tage, an Fichte dagegen erst am 9,5. Tage.

2. Buche, Hasel, Apfel und Erle.

Bei Fütterung mit den verschiedenen Laubarten zeigten sich ebenfalls deutliche Unterschiede in der Raupenentwicklung. Der günstige Einfluß der Buchennahrung ließ sich auch in dieser Reihe wieder feststellen.

In 14° wurden folgende Häutungszeiten (in Tagen) und Sterblichkeitsprozente beobachtet (die eingeklammerten Zahlen geben die Variationsbreite an):

14°	Buche	Hasel	Apfel	Erle
1. Häutung	12—19 (7)	14—28 (14)	14—29 (15)	19—30 (11)
2. "	22—30 (8)	24—40 (16)	24—43 (19)	34—51 (17)
3. "	33—41 (8)	36—60 (24)	36—67 (31)	73
4. "	44—64 (20)	48—?	52—84 (32)	
Verpuppung	74—?	67—133 (66)	71—141 (70)	
% I tot	0	36	0	82
% II "	22	5	0	3.5
% III "	8	0 ¹⁾	8	11
% IV "	3.5	0	0	3.5
% V "	4 ²⁾	0	6	—

Ein Vergleich der für Buche, Hasel und Apfel gegebenen Zahlen läßt erkennen, daß bis zur 4. Häutung einschließlich an Buche die

1) 4%₀ entkommen.

2) 17%₀ entkommen.

kürzesten Zeiten erreicht werden. Auch die Variationsbreite hat hier die niedrigsten Werte. Nur die Verpuppung begann an Buche verspätet. Mit großer Wahrscheinlichkeit ist diese Verzögerung konstitutionell bedingt. Die Sterblichkeitsverhältnisse lassen erkennen, daß die für den Bucheversuch verwendeten Raupen eine Schädigung in sich trugen; denn es starben bereits auf dem 2. Stadium 22⁰/₀. Im Apfelversuch setzte dagegen trotz der verzögerten Entwicklungszeiten die Sterblichkeit mit 8⁰/₀ erst auf dem 3. Stadium ein. Auch die Gesamtsterblichkeit war an Buche höher als an Apfel.

Die Raupen im Haselversuch waren ebenfalls geschädigt. Schon vor der ersten Häutung gingen 36⁰/₀ zugrunde. Trotz der schlechteren Konstitution setzten aber die Häutungen zunächst zur selben Zeit ein wie im Apfelversuch. Die 4. Häutung und die Verpuppung begann an Hasel sogar 4 Tage früher als an Apfel. Auch die Variationsbreiten sind bereits von der 1. Häutung an bei Hasel kleiner als bei Apfel. Die Haselblätter waren demnach für die Raupen eine günstigere Nahrung als Apfellaub.

Am schlechtesten gediehen die Raupen am Erlenblatt. Die Häutungszeiten waren hier am meisten verzögert, wie aus den oben gegebenen Zahlen hervorgeht. Die Sterblichkeit war sehr groß. Schon auf dem 1. Stadium starben 82⁰/₀. Die 3. Häutung überstand nur 1 Tier. Es lebte danach noch 33 Tage und ging dann ebenfalls zugrunde, ohne die nächste Häutung vollzogen zu haben. Die Variationsbreiten sind im Vergleich zu Buche wesentlich vergrößert. Die Variationsbreite der 1. Häutung ist jedoch kleiner als bei Apfel und Hasel. Dies hängt mit der hohen Sterblichkeit der 1. Stadien im Erleversuch zusammen. Die schwachen Tiere, die sonst durch ihre verzögerten Entwicklungszeiten zur Vergrößerung der Variationsbreite beitragen, starben noch vor der Häutung (vergl. die Beobachtungen von Janisch und Maercks über die durch Sterblichkeit bedingte Verkleinerung der Variationsbreite bei den Häutungen der Kohlweißlingsraupe). Die Variationsbreite der 2. Häutung vergrößert sich auf 17 Tage. Trotzdem ist die Variationsbreite bei Apfel auch hier noch größer, und zwar um 2 Tage, wie oben aus der Zusammenstellung hervorgeht. Bei Hasel aber ist sie bereits um einen Tag kleiner. Auch hieraus geht hervor, daß sich Hasel günstiger auswirkte als Apfel.

Als Ergebnis der in 14⁰ durchgeführten Versuche können wir feststellen, daß von den vier untersuchten Laubarten das Buchenblatt die günstigste Nahrung war. Weniger gut gediehen die Raupen am Hasel, und an Apfel entwickelten sie sich wieder langsamer als an Hasel. Das Erlenblatt war den Raupen am wenigsten zuträglich. Sie entwickelten sich hier am langsamsten und starben zum größten Teil bereits auf dem 1. Stadium.

In 22° führten die Versuche zu dem gleichen Ergebnis, wenn auch hier nahe dem Temperaturoptimum die Unterschiede zwischen Hasel und Apfel nicht so deutlich in Erscheinung treten. Es wurden folgende Häutungszeiten (in Tagen) und Sterblichkeitsprozente beobachtet:

22°	Buche	Hasel	Apfel	Erle
1. Häutung	5—8 (3)	6—13 (7)	6—14 (8)	10—11 (1)
2. "	8—14 (6)	10—21 (11)	10—24 (14)	17
3. "	11—18 (7)	14—25 (11)	15—32 (17)	27
4. "	15—23 (8)	20—34 (14)	20—38 (18)	
Verpuppung	23—43 (20)	29—58 (29)	29—58 (29)	
% I tot	0	11	3,5	92
% II "	0	0	0	4
% III "	0	0	0	0
% IV "	4	4	12	4
% V "	4	12,5	8	

Die Häutungszeiten der mit Buche gefütterten Raupen sind wieder am kürzesten, ihre Variationsbreiten am kleinsten, und die Sterblichkeit ist nur gering. Der Unterschied zwischen Hasel- und Apfelfütterung macht sich nur durch die bei Apfel vergrößerten Variationsbreiten bemerkbar. Für die Verpuppung ist sie in beiden Versuchen gleich, offenbar bedingt durch die schlechtere Konstitution der Raupen im Haselversuch, die besonders durch den Tod von 11% Raupen I in Erscheinung tritt. Bei Erlenfütterung kamen auch hier die Raupen nicht weiter als bis zum 4. Stadium. Die stark verzögerten Häutungszeiten, die hohe Sterblichkeit und die dadurch bedingte kleine Variationsbreite zeigen deutlich die ungünstige Wirkung der Erlennahrung.

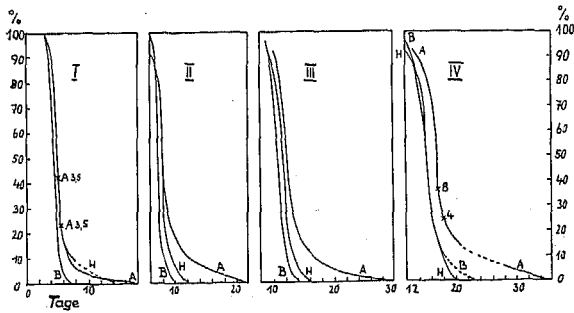


Fig. 2. Die Häutungs- und Absterbefolge bei Fütterung mit Buche (B), Apfel (A), Hasel (H) in 27° über KNO₃ (92% rel. F.)

Die in 27° durchgeführte Versuchsserie läßt den Einfluß der untersuchten Laubarten auf die Entwicklung der Raupen besonders gut beurteilen, da hier bei annähernd gleichen Sterblichkeitsverhältnissen Kon-

stitutionsunterschiede im Material nicht vorlagen. Für Buche (B), Hasel (H) und Apfel (A) sind die ermittelten Daten in Fig. 2 dargestellt. Man sieht, daß die 1. und 2. Häutung in allen Versuchen gleichzeitig einsetzte. Der Fußpunkt der Kurven ist jedoch verschieden. Für die Buchenkurve liegt er am weitesten nach links; die Haselkurve endet rechts davon, und für die Apfelkurve ist das Ende am weitesten nach rechts verschoben. Die Variationsbreite war also bei Buche am kleinsten, sie war größer bei Hasel und erreichte bei Apfel ihren größten Wert. An Hasel und Apfel gingen je 8% der Raupen I zugrunde. An Buche starben 4% erst auf dem 2. Stadium. Für die 3. und 4. Häutung beschränkt sich der Unterschied zwischen Buche und Hasel ebenfalls nur auf die Variationsbreite. Bei Apfel kommt dagegen zu der erheblich vergrößerten Variationsbreite eine Verzögerung des Häutungsbeginns um einen Tag. Leider lassen sich die Verpuppungsverhältnisse nicht vergleichen, da wegen eines Versuchsfehlers die Beobachtungen abgebrochen werden mußten.

Die Fütterung mit Erle wirkte sich in 27° besonders ungünstig aus. Von den 28 Tieren des Versuches vollzog nur eines die 1. Häutung, und zwar stark verzögert am 14. Tage. Es häutete sich zum zweitenmal 4 Tage später und ging dann ebenfalls zugrunde.

Die Raupen entwickelten sich somit auch in 27° am besten bei Buchennahrung, Hasel stand am 2. und Apfel an 3. Stelle. Erle war die ungünstigste Futterpflanze.

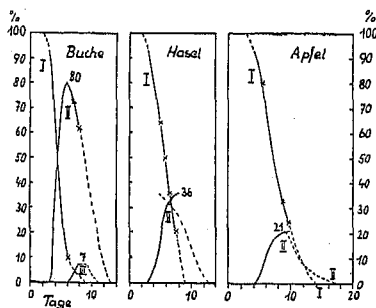


Fig. 3. Die Häutungszeiten und Sterblichkeitsverhältnisse bei Laubfütterung in 31° über KNO_3 (91% rel. F.).

Wiederum das gleiche Ergebnis brachte die Versuchsserie für 31°. Man ersieht aus Fig. 3, wie bei Buchennahrung noch ein großer Prozentsatz die 2. Häutung überlebte und ein kleiner Teil noch bis zum 3. Stadium kam. Im Hasel- und im Apfelversuch dagegen ging die Entwicklung nur bis zum 2. Stadium. Am Apfel war die Sterblichkeit der Raupen I größer als an Hasel, und an Hasel wiederum größer als an Buche. An Hasel setzte die 2. Häutung zwar noch wie an Buche am

4. Tage ein, doch die Variationsbreite war 2 Tage größer. Bei Apfel war der Beginn der 2. Häutung um 1 Tag verspätet, und die Variationsbreite erreichte mit 6 Tagen ihren größten Wert. Erlefutter versagte hier vollständig. 8 Tage nach Versuchsbeginn waren alle 29 Tiere noch vor der 1. Häutung gestorben.

3. Kiefer, Fichte und Lärche.

Ähnlich wie an den verschiedenen Laubhölzern entwickelten sich die Raupen auch an den untersuchten Nadelholzarten verschieden gut. Es wurde bereits mitgeteilt, daß die Raupen an Fichte schlechter gediehen als an Buche. In dieser Versuchsserie zeigte sich nun, daß Fichte auch in der Reihe der Nadelhölzer eine weniger günstige Futterpflanze ist. Zunächst weisen die folgenden Daten für 14° darauf hin:

14°	Kiefer	Lärche	Fichte
1. Häutung	20—38 (18)	18—38 (20)	21—32 (11)
2. "	31—43 (12)	32—57 (25)	32—47 (15)
3. "	44—54 (10)	45—71 (26)	45—52 (7)
4. "	52—67 (15)	54—88 (34)	55—69 (14)
Verpuppung	77—121 (44)	81—140 (59)	84—112 (28)
% I tot	61	37	55
% II "	0 ¹⁾	0	8
% III "	0	0	5
% IV "	0	0	0
% V "	4	3	5

In allen Versuchen setzte die Sterblichkeit bereits auf dem 1. Stadium ein. Sie war besonders groß bei Kiefer und Fichte, während an Lärche noch ein verhältnismäßig großer Prozentsatz überlebte. Die 1. Häutung begann zuerst bei Lärchefütterung. Sie erfolgte bei Kiefernahrung 2 und bei Fichtennahrung 3 Tage später. Aber bereits von der 2. Häutung an wurden im Kiefernversuch trotz der durch schlechte Konstitution bedingten höheren Sterblichkeit die kürzesten Zeiten erreicht. Die Raupen im Fichte- und Lärcheversuch begannen zunächst die 2. und 3. Häutung gleichzeitig, verzögert um einen Tag. Dann aber setzte die 4. Häutung und die Verpuppung bei Fichte 1 bzw. 3 Tage später ein als bei Lärche. Die im Vergleich zu Lärche höhere Sterblichkeit bei Fichte kann auf Nahrungswirkung beruhen. Es kann aber auch wie im Kiefernversuch ein schwacher Gesundheitszustand des Tiermaterials vorliegen. Auch die Variationsbreiten lassen wegen der verschiedenen Sterblichkeitsverhältnisse einen sicheren Vergleich nicht zu. Doch läßt sich nach den Zeiten für den Beginn der Häutungen die Reihenfolge Kiefer, Lärche, Fichte aufstellen. Nur bei der ersten Häutung steht Lärche an erster Stelle. Die Vermutung liegt nahe, daß es sich hier um einen rein mechanischen Einfluß handelt. Die Epidermis der jungen Lärchennadeln ist zarter als die der Kiefern- und Fichtennadeln. Die Räumchen werden sie leichter bewältigen und können die bis zur 1. Häutung benötigten Nahrungsmengen schneller aufnehmen als bei Kiefern- und Fichtenfutter. Wenn aber nach der über-

1) 9% entkommen.

standenen ersten Häutung die Mandibeln kräftiger geworden sind, bietet die Epidermis der Fichten- und Kiefernadeln keinen größeren Widerstand als bei Lärche, und jetzt erst kann sich der eigentliche Nahrungseinfluß auswirken.

Von den in 22° durchgeführten Versuchen muß der Kiefernversuch wegen des stark geschwächten Gesundheitszustandes der Raupen ausscheiden. Bereits bei dem 1. Stadium trat eine Sterblichkeit von 96% auf, und nur eines von 24 Tieren erreichte das 2. Stadium. Es starb noch vor der nächsten Häutung. Auch das Tiermaterial des Lärchenversuches war geschädigt; denn es starben trotz günstiger Temperatur und optimaler Feuchtigkeit 66% Raupen I. Für Fichte liegen 3 Versuche vor. In dem einen Versuch (Nr. 715) war das Material relativ gut, da bis zum 4. Stadium die Raupensterblichkeit nur 4% betrug. Ein einwandfreier Vergleich ist mit dem geschwächten Material des Lärchenversuchs nicht möglich. Das Material des anderen Fichteversuchs (Nr. 30) war zu schlecht, da bei 96% Gesamt-Raupensterblichkeit von den Stadien I 88% starben. Eine Vergleichsmöglichkeit bietet nur Fichteversuch Nr. 15 mit einer Sterblichkeit von 74% Raupen I. Es stehen dann folgende Daten zum Vergleich:

22°	Lärche	Fichte
1. Häutung	7—15 (8)	8—17 (9)
2. "	14—21 (7)	13—28 (15)
3. "	19—25 (6)	19—27 (8)
4. "	25—30 (5)	25—34 (9)
Verpuppung	38—47 (9)	42—54 (12)
% I tot	66	74
% II "	0	0
% III "	0	7
% IV "	4	0
% V "	4	4

Unterschiede sind bemerkbar in den Variationsbreiten und beim Beginn der 1. Häutung und der Verpuppung. Die Variationsbreite war für alle Häutungen im Fichteversuch größer. Die Verpuppung begann 4 Tage später als bei Lärche. Auch die 1. Häutung setzte bei Lärche früher ein. Doch muß man hier wieder die weiche Beschaffenheit der Lärchennadeln in Rechnung setzen, zumal die Raupen an Fichte bei den folgenden Häutungen wieder aufholten.

Die Versuchsergebnisse für 27° ermöglichen wieder einen besseren Vergleich. Es wurden die folgenden Häutungszeiten und Sterblichkeitsprozente beobachtet:

27°	Kiefer	Lärche	Fichte
1. Häutung	6—23 (17)	6—8 (2)	8—11 (3)
2. "	10—13 (8)	11—13 (2)	12—14 (2)
3. "	14—18 (4)	14—18 (4)	16—18 (2)
4. "	18—27 (9)	19—27 (8)	22—25 (3)
Verpuppung	33—42 (9)	36—48 (12)	33—35 (2)
% I tot	59.5	81	90
% II "	10.5	0	0
% III "	0	3	0
% IV "	0	0	0
% V "	4	3	0

An Kiefer war die Sterblichkeit am geringsten. Sie war größer an Lärche und hatte im Fichteversuch ihren höchsten Wert. Während sich bei Fütterung mit Kiefer die schwachen Raupen noch hielten und infolge ihrer verzögerten Häutungszeiten die Variationsbreite vergrößerten, starben sie bei Lärche- und Fichtenahrung alle oder doch zum größten Teil bereits auf dem 1. Stadium. Dadurch verkleinerte sich die Variationsbreite, was besonders bei Fichte deutlich wird. Der Häutungsbeginn verzögerte sich bei Fichte im Vergleich zu Lärche und noch stärker im Vergleich zu Kiefer. Auffallend ist, daß die Verpuppung an Fichte zur selben Zeit wie an Kiefer einsetzte. Es besteht die Möglichkeit, daß hier Notverpuppung vorliegt. An Lärche stimmten die kürzesten Häutungszeiten anfangs mit den an Kiefer erreichten annähernd überein, doch verzögerten sie sich für die 4. Häutung und für die Verpuppung.

In 31° war eine auffallend günstige Wirkung des Lärchenfutters zu bemerken. Die 1. Häutung vollzogen

- an Lärche 21 0/0 am 7. Tage
- an Kiefer 16 0/0 am 8.—9. Tage
- an Fichte 3.5 0/0 am 10. Tage.

Nur im Lärcheversuch wurde das 3. Stadium erreicht, allerdings nur von 5 0/0 der Raupen. Die bessere Wirkung des Lärchefutters ist vermutlich auch hier auf die weichere Beschaffenheit der zarten Lärchenadeln zurückzuführen, die es den Raupen ermöglicht, das durch die hohe Temperatur gesteigerte Nahrungsbedürfnis rascher zu befriedigen als an den härteren Kiefernadeln. Deutlich ist auch in dieser Versuchsserie, wie die Raupen an Fichte zurückblieben und die Sterblichkeit unter ihnen am größten war.

Als Ergebnis der geschilderten Versuche läßt sich feststellen, daß unter den Nadelhölzern die Kiefer am zuträglichsten für die untersuchten Raupen war. Lärche war ein weniger günstiges Futter. Die Fichte kommt erst an dritter Stelle.

Es steht dieses Ergebnis im Widerspruch zu den bereits erwähnten von Zwölfer mit Larven I durchgeführten Fütterungsversuchen. Zwölfer wandte bei der Auswertung seiner Versuche Mittelwerte an. Nach den Mittelwerten zu urteilen ergab sich zwischen Fichte, Kiefer, Lärche und Buche keine „signifikante Differenz“. Da jedoch für Lärche Standardabweichung und Variationsbreite erheblich größer waren als für Fichte, so dürfte nach Zwölfer „der Lärche als Nährpflanze doch wohl ein gewisser verzögernder Einfluß auf die Entwicklungsdauer zukommen“. Nimmt man die von Zwölfer mitgeteilten kürzesten Entwicklungszeiten zum Vergleich, so bleibt die Entwicklung an Lärche auch jetzt mit 12 Tagen (17—18° C, 98—100% rel. Feucht.) hinter Fichte mit 10 Tagen zurück. An Kiefer trat ebenfalls eine Häutungsverzögerung um 2 Tage ein. An Buche war der Häutungsbeginn mit 14 Tagen am weitesten hinausgeschoben.

Daß Kiefer der Nonnenraupe mehr zusagt als Fichte, bestätigen von Knoche durchgeführte Fütterungsversuche. Knoche (p. 741) bot frischgeschlüpften Räumchen junge im Treibhaus gezogene Fichtentriebe und Nadeln von einjährigen Kiefern. Ohne Ausnahme wurden die Kiefernadeln vorgezogen. Weitere Versuche ergaben, daß die Raupen bis zur 2. Häutung die vorjährigen Kiefernadeln vor den vorjährigen Fichtennadeln bevorzugten, selbst wenn die Fichtennadeln von erst zweijährigen Fichten stammten. Die älteren Raupen fraßen wahllos an beiden Holzarten. Doch wurde niemals die Fichte bevorzugt.

Im Freiland wird in manchen Jahren die Kiefer, in anderen Jahren dagegen die Fichte mehr von der Nonne befallen. Dies unterschiedliche Verhalten wird wohl hauptsächlich auf Klima-Einflüsse zurückzuführen sein. So befahl die Nonne nach Ruzicka (p. 164) in Böhmen bis zum Jahre 1839 vorwiegend Fichtenbestände. Von 1840 bis 1887 bevorzugte sie dagegen die Kiefernbestände. In diesen Jahren waren die Maitemperaturen, die entscheidend für die Nonnenentwicklung sein sollen, sehr niedrig. Die Temperaturmittel lagen unter 14° C. 1880 wurde mit 13.36° C das Minimum erreicht. Nach 1888 lagen die Temperaturmittel wieder über 14°. Von diesem Jahre an wurden wieder vorwiegend Fichtenbestände befallen. Ruzicka vermutet, daß in den kalten Wetterperioden die Klimaverhältnisse in den warmen sonnigen Kiefernwaldungen für die Nonne zuträglicher sind, so daß sie sich in den Kiefernbeständen besser entwickeln kann. In warmen Perioden sind dagegen die Temperaturen in den schattigen Fichtenwäldern günstiger, und dann gedeihen die Raupen dort besser als im Kiefernbestand. Zu berücksichtigen ist auch, daß die Eiräumchen nur die zarten Nadeln der jungen Kiefertriebe fressen können. Knoche (p. 737) beobachtete bei Fütterungsversuchen, daß die jungen Räumchen vor der 1. Häutung die harte Epidermis alter

vorjähriger Nadeln nicht durchbeißen können und verhungern, wenn man ihnen nur alte Nadeln gibt. Nach Knoche ist ein Aufkommen der Nonne in reinen Kiefernbeständen nur in solchen Jahren möglich, in denen die Raupen spät schlüpfen, die Kiefern aber früher als gewöhnlich austreiben.

4. Apfel und Kiefer.

Wie wir sahen, stand unter den Nadelhölzern die Kiefer an erster Stelle in ihrer Wirkung auf die Raupenentwicklung, und in der Reihe der Laubbölzer nahm Apfel den dritten Platz ein. Wenn man nun die bei Apfel beobachteten Daten mit den Daten für Kiefer vergleicht¹⁾, so wird man die Frage entscheiden können, ob die Laubblätter oder aber die Koniferennadeln eine günstigere Nahrung für die Raupen sind.

Für 14° stehen folgende Häutungszeiten und Sterblichkeitsprozente zum Vergleich:

14°	Apfel	Kiefer
1. Häutung	14—29 (15)	20—38 (18)
2. "	24—43 (19)	31—43 (12)
3. "	36—67 (31)	44—54 (10)
4. "	52—84 (32)	52—67 (15)
Verpuppung	71—141 (70)	77—121 (44)
% I tot	0	61
% II "	0	0 ²⁾
% III "	8	0
% IV "	0	0
% V "	6	4

Wie man sieht, war der Häutungsbeginn an Kiefer stark verzögert. Nur die 4. Häutung macht eine Ausnahme; sie setzte an Kiefer zur gleichen Zeit wie an Apfel ein. Es ist möglich, daß hier die Konstitution mit hineinspielt. Die Raupen im Apfelversuch konnten einen Schadfaktor in sich tragen, der erst bei den älteren Stadien durch verzögerte Entwicklungszeiten hervortrat. Die hohe Sterblichkeit der 1. Stadien im Kiefernversuch und die damit zusammenhängende kleine Variationsbreite von der 2. Häutung an wird man auch eher auf den geschwächten Gesundheitszustand der Raupen als auf den Nahrungseinfluß zurückführen müssen.

Ein Vergleich für 22° ist nicht möglich; denn der Kiefernversuch fällt wegen des stark geschädigten Materials aus.

Für 27° wird wieder der günstige Einfluß von Apfel deutlich, wie die folgenden Daten erkennen lassen.

¹⁾ Erle muß für diesen Vergleich ausscheiden. Sie ist als Futterpflanze ungeeignet, da die Raupen an Erle nicht über das 4. Stadium hinauskamen.

²⁾ 9 % verloren.

27°	Apfel	Kiefer
1. Häutung	4—17 (18)	6—23 (17)
2. "	7—21 (14)	10—13 (3)
3. "	11—29 (18)	14—18 (4)
4. "	14—35 (21)	18—27 (9)
% I tot	8	59,5
% II "	0	10,5
% III "	0	0
% IV "	19	0

An Kiefer begannen alle Häutungen verspätet, und zwar um so mehr, je weiter die Entwicklung fortschritt. Die Variationsbreite vergrößert sich an Apfel normal, indem sie allmählich von Häutung zu Häutung zunimmt. An Kiefer dagegen verkleinert sie sich stark bei der 2. Häutung infolge der hohen Sterblichkeit auf dem 1. Stadium. Für die 4. Häutung ist sie anormal stark vergrößert. Sie ist hier rund doppelt so groß wie bei der 3. Häutung.

Deutlich wird noch einmal die bessere Wirkung des Apfelfutters in 31°. An Apfel erreichten 21 % das 2. Stadium. Sie häuteten sich am 5. Tage mit einer Variationsbreite von 5 Tagen. An Kiefer dagegen kamen nur 16 % bis zum 2. Stadium. Der Häutungsbeginn war um 3 Tage verzögert, die Variationsbreite auf 1 Tag verkleinert. Das 3. Stadium wurde in beiden Versuchen nicht mehr erreicht.

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß sich die Raupen bei Fütterung mit Apfel besser entwickelten als bei Fütterung mit Kiefer. Da aber Kiefer für die Ernährung der Raupen die günstigste Nadelholzart und Apfel eine weniger zuträgliche Laubart war, so folgt daraus, daß die Blätter der Laubbäume (soweit sie überhaupt als Futterpflanze in Frage kommen) die Raupen in den Versuchen besser ernährt hatten als die Nadeln der Koniferen. Daraus kann man weiter schließen, daß die Nonne in erster Linie ein Laubfresser zu sein scheint.

Diese Folgerung wird durch die bereits in der Einleitung mitgeteilten Literaturangaben gestützt, wonach die Nonne auch im Freiland Laubhölzer bevorzugt. Dort wurde auch mitgeteilt, daß nach den Studien von Wilke die Nonne ein Laubwaldbewohner ist. Eine interessante Freilandbeobachtung von Krieg sei hier noch erwähnt:

Krieg (p. 350), beobachtete 1927 in der Oberförsterei Thiergarten im Bezirk Merseburg, wie die Raupen im reinen Kiefernwald nicht vorwärts kamen. Sie waren Ende April geschlüpft und hatten sich bis Mitte Juni kaum weiter entwickelt. Ihre Zahl hatte sich um den dritten, an manchen Stellen um den 10. Teil vermindert, ohne daß Krankheiten auftraten. Wo sie an Buche oder Heidelbeere fressen konnten, waren sie jedoch gut weitergewachsen. Die Buchenblätter zeigten große Fraßstellen, das Heidelbaerkraut war zum Teil kahlgefressen. An den Kiefern fanden sich vereinzelt an alten Nadeln höchstens

stecknadelgroße Fraßstellen. An den längeren Jungtrieben waren hier und da die Triebe zwischen den jungen Nadeln befreit. An Kiefer maßen die größten Tiere 13–16 mm mit einer Kopfbreite von 1.7–2.5 mm, an Buche und Heidebeere waren dagegen die entsprechenden Maße 17–20 mm und 2.6–3.9 mm. Die Jungräupchen, die an Kiefer gegessen hatten, wurden im Laboratorium in Gläsern weitergezogen. Wurden sie mit Kiefern, deren Knospen einige cm ausgetrieben waren, gefüttert, so starben alle. An frischen Weißdornzweigen jedoch ergaben etwa 25% gesunde fortpflanzungsfähige Schmetterlinge.

Die Wirkung der untersuchten Laub- und Nadelholzarten in zusammenfassender Übersicht.

Für die Beurteilung der Nahrungswirkung der untersuchten Laub- und Nadelhölzer auf die Raupenentwicklung von der Jungraupe bis zur Verpuppung gab der Häutungsbeginn den sichersten Anhaltspunkt, da Variationsbreite und Sterblichkeit infolge des geschwächten und gesundheitlich sehr verschiedenen Tiermaterials häufig einen einwandfreien Vergleich nicht zuließen. Es zeigte sich, daß die kürzesten Häutungszeiten deutlich von den verschiedenen Nährpflanzen beeinflusst werden.

Fig. 4 gibt einen Überblick für den Beginn der ersten, Fig. 5 für den Beginn der 4. Häutung. Man erkennt, wie die Entwicklungsdauer-Temperaturkurven¹⁾ von den verschiedenen Futterpflanzen beeinflusst werden. Die Kurven ordnen sich in 2 Scharen an, von denen die eine die Nadelholzgruppe, die andere die Laubholzgruppe umfaßt. Die Schar der Laubbölder liegt tiefer als die Schar der Nadelhölzer, da an allen Laubbäumen mit Ausnahme der Erle die kürzeren Häutungszeiten erreicht wurden. Für die 4. Häutung nähern sich die beiden Kurvenscharen bei 14°. Hier ist der Unterschied zwischen den beiden Gruppen nicht so deutlich wie bei den übrigen Temperaturen. Für die 1. Häutung zeigen

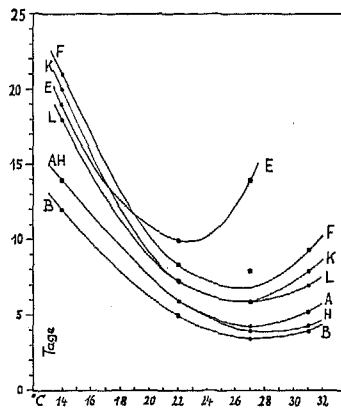


Fig. 4. Die Entwicklungsdauer-Temperaturkurven der 1. Häutung in Abhängigkeit von den verschiedenen Futterpflanzen (KNO₃, 91–96% rel. F.). Laubholzgruppe: B = Buche, H = Hasel, A = Apfel. Nadelholzgruppe: K = Kiefer, L = Lärche, F = Fichte. Außerdem E = Erle.

¹⁾ Die Kurven sind frei gezeichnete Linien, sie sind nicht berechnet. Deutlich zeigen sie in ihrem Zug den Kettenlinientyp. Es sei darauf hingewiesen, daß Hyperbeln die Unterschiede in der Futterwirkung besonders bei den höheren Temperaturen nicht wiedergeben können.

die Kurven der Laubgruppe einen flachen Verlauf. Die Kurven der Nadelhölzer sind dagegen viel steiler, sie steigen in 14° und 31° stärker an. Die Raupen sind demnach bei Nadelfütterung gegen extreme Temperaturen empfindlicher als bei Laubfütterung. Auch hieraus geht hervor, daß die Nadelhölzer der Entwicklung weniger zuträglich sind.

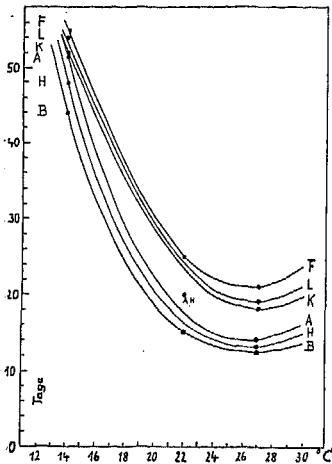


Fig. 5. Die Entwicklungsdauer-Temperaturkurven der 4. Häutung in Abhängigkeit von den verschiedenen Futterpflanzen (KNO_3 , 91–96% rel. F. Zeichen wie in Abb. 4.

Die Erlenkurve ordnet sich für die 1. Häutung der Schar der Nadelhölzer bei (Fig. 4). Sie steigt oberhalb 22° steil empor und läßt deutlich den ungünstigen Einfluß der Erlennahrung erkennen. In 14° liegt sie dagegen unter der Kiefern- und Fichtenkurve. Hier wird die ungünstige Nahrungswirkung des Erlenblattes von der mechanischen Wirkung der Kiefern- und Fichtennadel überdeckt. Die relativ harte Epidermis der Kiefern- und Fichtentriebe bereitet den noch schwachen Mandibeln der Jungraupen anscheinend soviel Schwierigkeiten, daß sie zunächst langsamer wachsen als an dem zwar ungünstigen, aber weichen Erlenblatt. In Fig. 5 fehlt die Erlenkurve, da es in keinem Fall gelang, die Raupen an Erle bis zum 5. Stadium zu bringen. Erle ist demnach keine ständige Futterpflanze für die Nonnenraupe.

Innerhalb der beiden Futtergruppen wurden die Entwicklungszeiten ebenfalls unterschiedlich beeinflusst, wie Fig. 4 und 5 zeigen. In allen Temperaturen begann die Häutung bei Buchenfütterung zuerst. An Hasel und Apfel waren die kürzesten Zeiten für die 1. Häutung in 14° und 22° dieselben (Fig. 4). In 27° und besonders deutlich in 31° begann aber die 1. Häutung an Hasel früher als an Apfel. Die 4. Häutung setzte nach dem Kurvenverlauf in Fig. 5 an Hasel in allen Temperaturen früher ein als an Apfel. So ergibt sich für die Gruppe der Laubbäume nach ihrer Wirkung auf die Raupenentwicklung die Reihenfolge: Buche, Hasel, Apfel.

In der Kurvenschar der Nadelhölzer liegt für die 4. Häutung die Kiefernkurve am tiefsten, wie Fig. 5 zeigt. Nach oben schließt sich die Lärchenkurve an und erst dann folgt die Fichtenkurve. Die kürzesten Entwicklungszeiten wurden demnach an Kiefer erreicht, die damit unter den Nadelhölzern für das Wachstum der Raupen als günstigste Futter-

pflanze anzusehen ist. Am ungünstigsten wirkte sich Fichtennahrung aus, da hier die Häutungszeiten am meisten verzögert waren. Lärche liegt in ihrer Nahrungswirkung zwischen Kiefer und Fichte.

Der Beginn der ersten Häutung war an Fichte ebenfalls am stärksten verzögert (Fig. 4). Kiefer und Lärche sind jedoch in 14° und 31° miteinander vertauscht, da hier an Lärche die kürzeren Zeiten erreicht wurden. Auch hier wird der Grund in der mechanischen Wirkung der harten Kiefernadeln-Epidermis zu suchen sein.

Sehen wir von Erle ab, so ordnen sich die untersuchten Laub- und Nadelhölzer nach ihrer Wirkung auf die Raupenentwicklung in folgender Reihe an:

1. Laubhölzer: Buche, Hasel, Apfel
2. Nadelhölzer: Kiefer, Lärche, Fichte.

Dieselbe Reihenfolge geht aus folgender Übersicht hervor:

In 27° waren am 12. Tage nach Versuchsbeginn von den vorhandenen Raupen

bei Buche			11.5 % III	88.5 % IV ¹⁾
bei Hasel	4.5 % I	0 % II	26 % III ²⁾	69.5 % IV ¹⁾
bei Apfel	4 % I	8 % II	84 % III	54 % IV
bei Kiefer	47 % I	16 % II	37 % III	
bei Lärche	57 % I	21.5 % II	21.5 % III	
bei Fichte	62.5 % I	25 % II	12.5 % III	
bei Erle	100 % I			

Während bei den drei Laubarten ein großer Teil der Raupen bereits bis zum 4. Stadium gelangt ist, haben sie an den Nadelhölzern erst teilweise das 3. Stadium erreicht. Bei Buche ist die Zahl der Raupen IV am größten. Sie ist geringer bei Hasel und erreicht bei Apfel ihren niedrigsten Wert.

Die große Zahl der Stadien I bei den Nadelhölzern zeigt deutlich die Überlegenheit des Laubfutters. Die wenigsten Raupen I finden sich bei Kiefer, die meisten bei Fichte. Umgekehrt haben bei Fichte die wenigsten Raupen das Stadium III erreicht, bei Kiefer dagegen die meisten. In der Mitte steht Lärche.

Deutlich tritt die schlechte Wirkung des Erlenfutters hervor, da sich noch alle Raupen auf dem 1. Stadium befinden.

Ergebnis der Untersuchungen.

1. Die in 14°, 22°, 27° und 31° durchgeführten Fütterungsversuche mit verschiedenen Laub- und Nadelholzarten zeigten, daß die Raupen bei Blattfütterung besser gediehen als bei Nadelfütterung. Es war dies bei den kürzesten Häutungszeiten besonders deutlich, während

¹⁾ Häutung zu V beginnt gerade. ²⁾ Häutung zu III soeben beendet.
 Arb. phys. angew. Ent. 2, 3. 13

- Variationsbreite und Sterblichkeit infolge des gesundheitlich sehr unterschiedlichen Tiermaterials häufig einen einwandfreien Vergleich nicht zuließen. Gegenüber den bei Blattfütterung erreichten Zeiten war der Häutungsbeginn von der 1. Häutung bis zur Verpuppung bei Nadelfütterung verzögert. Es ergibt sich, daß die Nonnenraupe in erster Linie ein Blattfresser ist.
2. Innerhalb der Laubholzgruppe, ebenso auch innerhalb der Nadelholzgruppe zeigten die untersuchten Futterbäume ebenfalls eine verschiedene Wirkung auf die Raupenentwicklung. Buchennahrung wirkte sich am günstigsten aus¹⁾, weniger günstig war Hasel, und Apfel stand an 3. Stelle. Von den Nadelhölzern war Kiefer die beste und Fichte die schlechteste Futterpflanze. Lärche nahm eine Mittelstellung ein. Die untersuchten Futterbäume ordnen sich hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Raupenentwicklung in folgender Reihe an: Buche, Hasel, Apfel, Kiefer, Lärche, Fichte.
 3. Weißerle (*Alnus incana*) war für die Ernährung der Nonnenraupe ungeeignet, da in allen Versuchen nur ein kleiner Prozentsatz sich höchstens bis zum 4. Stadium entwickelte. Die Entwicklungszeiten waren noch länger als bei der Nadelholzgruppe, und die Sterblichkeit war am größten.
 4. In 14° und 31° begann die 1. Häutung an Kiefer später als an Lärche. Anscheinend liegt hier ein mechanischer Einfluß der Kiefernadeln vor. Die Mandibeln der Eiräupchen sind noch schwach, und sie konnten daher selbst die jungen Kiefernadeln der Maitriebe weniger leicht bewältigen als die zarteren Lärchennadeln. In der Nähe des Temperaturoptimums in 22°, aber auch in 27° waren die kürzesten Zeiten für die 1. Häutung in beiden Versuchsreihen dieselben.

Schriftenverzeichnis.

- Hess, R. & Beck, R.: Der Forstschutz, Leipzig und Berlin 1914.
- Janisch, E.: Untersuchungen über die Ökologie und Epidemiologie der Nonne. I. Die Abhängigkeit der Entwicklungsdauer von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. — Arb. Biol. Reichsanstalt, **20**, 269, 1933.
- Janisch, E. & Abdel Aziz Ali Elsayed Ghabn: Über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklung junger Seidenraupen. Ebendort **20**, 245, 1933.
- Janisch, E. & Maercks, H.: Licht und Insektenentwicklung. — Zeitschr. Morph. u. Ökol. der Tiere **26**, 372, 1933.
- Knoche, F.: Schädling, Klima und Bekämpfung. — Arb. Biol. Reichsanstalt, **16**, 705, 1929.

¹⁾ Neue im Jahre 1934 durchgeführte Versuche ergaben, daß Eiche, Hainbuche und Birke mindestens ebenso günstig, wenn nicht sogar besser sind als Buche.

- Krieg, H.: Die Nonne im Kiefernwald. — Forstarchiv 3, 349, 1927.
- Maercks, H., Untersuchungen zur Ökologie des Kohlweißlings (*Pieris brassicae* L.) I. Die Temperaturreaktion und das Feuchtigkeitsoptimum. — Zeitschr. Morph. u. Ökol. d. Tiere, 28, 692, 1934
- Nüsslin, O. & Rumbler, L.: Forstinsektenkunde, Berlin, 1927.
- Ruzicka, J., Die neuesten Erfahrungen über die Nonne in Böhmen. — Centralbl. für das ges. Forstw. 50, 33, 159, 313, 1924.
- Wilke, S.: Über die Bedeutung tier- und pflanzengeographischer Betrachtungsweise für den Forstschutz (I. Dargestellt an *Lymantria monacha*, L., *Ips typographus* L. und *Hylurgops glabratus* Zett.). — Arb. Biol. Reichsanstalt, 18, 533, 1931.
- Wolff, M. & Krause, A.; Die forstlichen Lepidopteren, Jena 1922.
- Zwölfer, W.: Die Temperaturabhängigkeit der Entwicklung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) und ihre bevölkerungswissenschaftliche Auswertung. — Zeitschr. f. angew. Entomol. 21, 333, 1934.

Observations and Comments on the *Trypetidae* (Dipt.) of Formosa.

By H. K. Munro, B. Sc., F. R. E. S.

Department of Agriculture, Division of Plant Industry, Entomological Section,
Pretoria.

(With 1 Text-Figure.)

No published work on any group of organisms can be said to be without value, but to assess this and to gauge the importance is not always easy. To some extent a person moderately well acquainted with the group can estimate something of what has been done, yet to appreciate it fully it is necessary to use it in the examination of material of the fauna with which it deals.

In making a study, therefore, of Dr. Shiraki's work on the *Trypetidae* of the Japanese Empire, it is with great pleasure that I have to thank Dr. Walther Horn, Director of the Deutsches Entomologisches Institut for sending me numerous specimens of unnamed Formosan *Trypetidae* for identification and study, together with a series of specimens from material determined by Dr. Hendel.

It would seem that criticism is inevitable in systematic work, but such as I offer here is made in a friendly spirit, without personal ill-feeling, and in the interest of the study of this important family of flies. Shiraki records rather more than 110 species from Formosa; I have seen specimens of about fifty, and it is on these that the remarks are mainly based. The material was all collected by H. Sauter in Formosa, hence only the specific locality and the date are given under each species.

The Types of all new species are in the collection of the Deutsches Entomologisches Institut, Berlin-Dahlem.