download www.zobodat.at

Schutzeinrichtungen der Insekten gegen Kälte.

Mit besonderer Rücksicht auf Prof. Bachmetjews Untersuchungen über die Temperatur der Insekten.

Von

Dr. Hugo Roedel.

Ein problemreiches Kapitel des Kerflebens ist das Winterleben der Insekten, nicht allein durch die Beschwerden, welche das Zusammenbringen des Materiales in der Natur verursacht, sondern vor allem wegen der Schwierigkeit, welche die Erklärung der Widerstandsfähigkeit dieser Gliederfüsser gegen hohe Kälte bietet. In Gegenden, wo frostreiche Winter eine regelmässige Erscheinung sind, haben sich die Insekten dem Einflusse der Kälte angepasst; soweit es die Nährungsverhältnisse der frostfreien Jahreszeit gestatten, finden sich daher sowohl im hohen Norden wie im tiefen Süden noch Insekten, die den ungünstigen und lange andauernden Winter in irgend einer Entwicklungsform verbringen. Ähnlich gestalten sich die Existenzbedingungen in den höheren Regionen der Gebirge. Aber wir brauchen uns nicht bis in diese Extreme zu begeben, um Studien über das Winterleben der Kerfe zu machen, unser mit gemässigtem Klima bedachtes Vaterland bietet als Materiales genug. Vier Umstände sind es die unsern Gliederfüssern gegen die vernichtenden Einwirkungen der Kälte — mit ihrer gesteigerten Wirkung durch Winde — Schutz verleihen, nämlich erstens der Zufluchtsort, an den die Kerfe sich gegen Ende des Herbstes zurückziehen, ferner die Schutzhüllen, mit welchen sie sich umgeben und die vielfach ihr eigenes Erzeugnis sind, dann der dem Körper selbst angehörige Chitinpanzer und endlich die Körperflüssigkeit, deren Beschaffenheit bei der Einwirkung des Frostes eine für das Leben des Insektes folgenschweres Verhalten zeigt, worüber uns erst jüngst die exakten Untersuchungen des Professors Bachmetjew in Sofia Licht erschafft haben.

download www.zobodat.at

Andrerseits sind vier mögliche Formen gegeben, in denen die Insekten den Winter überdauern können: als Ei, Larve, Puppe und vollkommenes Insekt. Es ist nicht ausgeschlossen, aber selten, dass eine Insektenart in mehreren dieser Entwicklungszustände denselben Winter überdauern kann. Die Widerstandsfähigkeit der überwinterden Form gegen die Kälte ist es aber nicht allein, die das Überwintern ermöglicht, sondern letzteres wird auch bedingt durch die Fähigkeit, in diesem Zustande das unvermeidliche Fasten zu ertragen.

Trotz des enormen Widerstandes, welchen Insekteneier der Kälte entgegensetzen, überwintert doch nur der geringere Teil der Kerfe in dieser Form. Der Grund mag vor allem darin zu suchen sein, dass viele Insekten ihre Eier in junge Pflanztheile zu legen gewohnt sind, in welchen die auskriechenden Larven sogleich hinlänglich mit Nahrung versorgt sind und sich gleichsam im Schlaraffenlande befinden.

Auch die Zahl der als Larven, in Sonderheit als Engerlinge, Raupen oder Maden überwinternden Insekten ist nur gering. Sobald sie sich in der Erde oder im Wasser befinden, genügt ein Tiefergehen, um in frostfreie Schichten zu gelangen, auch das Innere von Baumstämmen bietet hinreichenden Schutz. Gerade das Larvenstadium aber ist die Periode des stärksten Wachsthums, folglich auch der umfangreichsten Nahrungsaufnahme. Aber durch die Wirkung der Kälte wird auch diese Lebensthätigkeit, wie alle anderen, herabgesetzt, ja zeitweilig zum völligen Stillstand gebracht. Insekten, welche eine mehrjährige Verwandlung durchmachen, wie einzelne Blatthörnige (z. B. Maikäfer), Schnellkäfer, Bockkäfer, Buprestiden, von den netzflüglerartigen Geradflüglern die Eintagsfliegen und Libellen müssen in der Larvenform überwintern, ebenso diejenigen, welche erst im Herbst aus dem Ei schlüpfen, und nicht mehr zur Verpuppung gelangen. Übrigens vermögen gesellig überwinternde Insekten auch in der Larvenform der Winterkälte Trotz zu bieten. So überwintern in den, jedem Naturfreunde bekannten, an Bäumen und Sträuchern hängenden Gespinnsten des Goldafters tausende von jungen Räupchen in einer Weise, durch die überraschende Vorkehrungen für so zahlreiche, nicht aller Lebensfunktionen bare Wesen getroffen sind. Scheinen sie doch nach Bonnet ihre eigenen

download www.zobodat.at

Gassenkehrer zu haben, die den Unrath der zahlreichen Gesellschaft beseitigen müssen.

Der bei weitem grösste Theil der Insekten mit vollkommener Verwandlung, wohl neun Zehntel, überwintert in der Puppenform. In der That eignet sich dieses Stadium schon wegen des gar nicht vorhandenen Nahrungsbedürfnisses am besten zu andauernder Winterstarre. Vorzüglich dem Puppenzustande kommen alle jene Hülfsmittel zu gute, von denen wir oben sprachen: das Aufsuchen geeigneter Zufluchtsorte, die Herstellung künstlicher Hüllen, der dicke Chitinpanzer.

Die Zahl der im vollkommenen Zustande, als Geschlechtstiere überwinterten Kerfe ist grösser, als man glauben möchte. Beginnt bei uns die rauhere Jahreszeit, so flüchten sich die Insekten, welche den Winter in diesem Zustande überdauern wollen, an geschützte Orte, da bergen sie sich unter dem trockenen Laube der Wälder, gehen tief in Spalten und Risse der Bäume, verkriechen sich unter Moos und Steine und verschmähen selbst Orte höherer Kultur nicht: wer hätte nicht schon die goldbronzeäugige Florfliege in seinem Zimmer entdeckt, wenn sie der wärmespendenden Lichtquelle, der Lampe, sich nähert, oder einen Schmetterlingsfuchs im Hause zur Winterszeit entdeckt Der kundige Sammler kennt jene Winterunterschlupfe und erntet hier reiche Beute, namentlich an kleineren Insekten. Ein sehr vollständiges Verzeichnis derartiger Kerfe verdanken wir Kirby.

Aber gerade die Findigkeit, mit welcher die Kerfe, sei es in welchem Entwicklungszustande auch immer, ihre Winterquartiere aufsuchen, erschwert die Untersuchung des winterlichen Insektenlebens ausserordentlich. Wir sind daher über viele, selbst der bekannteren Insekten hinsichtlich ihrer Entwicklung, durchaus nicht genügend unterrichtet. Dies gilt namentlich von den Käfern. So giebt es noch kein Käferwerk, das die Entwicklungsgeschichte der Insekten in wünschenswerther Weise berücksichtigten könnte, ein Umstand, der auch für die Praxis vielfach von erheblicher Bedeutung ist; lassen sich doch Massregeln zur Abwehr schädlicher Insekten meist nur auf Grund ihrer Entwicklungsgeschichte treffen.

Es lag indessen nicht in unserer Absicht, die vorstehend angedeuteten Gesichtspunkte eingehend zu be-

download www.zobodat.at

handeln. Es kommt uns vielmehr darauf an, den vierten Umstand, der die Überwinterung der Insekten ermöglicht, die eigenartige Beschaffenheit des Körpersaftes, ausführlicher zu erörtern. Dieses Thema hängt aufs Engste mit der Temperatur der Insekten selbst zusammen und der Antheil, welchen der Verfasser dieser Zeilen an der Erforschung dieser Frage genommen hat, veranlasst ihn, heute in Ergänzung früherer Mittheilungen unseres Vereines*) auf diesen Gegenstand zurückzukommen.

„Von zwei an Volumen verschiedenen Thieren" — ich citiere mich selbst, „ist unter sonst gleichen Verhältnissen das grössere im Vortheile der Kälte gegenüber, weil, wenn das kleinere Thier zum Volumen des grösseren ausgedehnt würde, die Oberfläche nur im Verhältnisse des Quadrates, das Volumen dagegen im Cubus wüchse, mithin die wärmeausstrahlende Fläche im Verhältnis zum Körperinhalt kleiner würde, dass also auch andrerseits unter sonst gleichen Umständen, namentlich bei gleicher Wärmeproduktion, die Körperwärme gesteigert werden müsste. Dieser Satz verdient Berücksichtigung für den Fall, dass der grössere Körper der Erkältung ausgesetzt wird, er wird sich viel langsamer abkühlen, als der unter gleichen Bedingungen befindliche kleinere".

Die Untersuchungen, welche ich im Anschlusse an die früheren Forschungen namentlich von Réaumur und G. Pouchet angestellt hatte, sind nun von Herrn Bachmetjew, Professor der Physik an der Hochschule in Sofia, wieder aufgenommen**), und dank seiner scharfsinnigen Methode, zu einem sehr glücklichen, befriedigenden Abschlusse gekommen — ein Ergebnis, wie es nur dem mit sehr empfindlichen Instrumenten arbeitenden, eingeschulten Physiker vorbehalten sein konnte, um so mehr freuen wir uns, dass ein solcher mit so verständnisvoller Theilnahme sich für die vorliegende Frage interessiert hat.

---

*) Sammlung naturwissenschaftlicher Vorträge. Herausgegeben von Dr. Ernst Huth. 1. Band 4. Heft. „Über die untere Temperaturgrenze, bei welcher niedere Thiere noch existiren können."

**) Über die Temperatur der Insekten nach Beobachtungen in Bulgarien: Mit 5 Figuren in Text. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie LXVI, 4. 1899.

download www.zobodat.at

Dass die Insekten zu den wechselwarmen, den pökilothermen Thieren gehören, ist eine schon seit längerer Zeit bekannte Thatsache. Früher rechnete man sie zu den kaltblütigen, nicht ganz mit Recht, ändert sich doch ihre Temperatur mit der des Mediums, in dem sie leben. Professor Bachmetjew stellte sich daher zunächst die Aufgabe, die Temperatur der Insekten in Bulgarien, nachher aber in anderen Ländern festzustellen, um daraus Schlüsse auf die Ursachen der geographischen Verbreitung der Insekten zu ziehen.

„Ausserdem war meine Aufgabe das Bestimmen der Bedingungen, welche auf die eigene Temperatur der Insekten einer und derselben Art Einfluss haben, und zwar der Einfluss der Temperaturerhöhung der umgebenden Luft, hauptsächlich aber der Einfluss der Temperaturerniedrigung".

Die von Bachmetjew gewählte Untersuchungs-Methode war eine thermo-elektrische. Das von ihm hierfür konstruirte „elektrische Thermometer" beruht auf der bekannten Erscheinung, dass an der Löthstelle zweier Metalle durch Temperaturveränderung ein thermo-elektrischer Strom erzielt wird. Zwei feine Dräthchen von je 0,1 mm Durchmesser, die aus Stahl bez. Manganin bestanden, waren zusammengelöthet und nach Einschaltung von verschiedenen Vorsichtseinrichtungen mit einem Galvanometer verbunden. Die Spitze des Doppeldräthchens wurde in das Insekt eingeführt, am Wiedemann'schen Galvanometer wurde die Stärke des Stromes mit Hülfe eines Fernrohres, einer Skala und eines Spiegels beobachtet. Aus der Stromstärke konnte nach dem bekannten thermo-elektrischen Gesetze die Temperatur-Differenz der beiden Löthstellen berechnet werden. Wir müssen uns versagen, ausführlicher auf die Beschreibung des sehr sinnreich konstruirten Apparates einzugehen und verweisen auf die Originalabhandlung, der auch eine Abbildung desselben beigegeben ist.

Die mit Schmetterlingen, Käfern und Libellen angestellten Versuche, welche zunächst die Eigentemperatur der Insekten betrafen, stellten fest, dass die letztere bei in Ruhe befindlichen Tieren der Temperatur der umgebenden Luft gleich ist. Bewegen sich die Insekten, so steigt die Temperatur ihres Körpers. Überhaupt wechselt die Temperatur der Insekten in sehr weiten Grenzen, ohne scheinbar böse Folgen für das Leben der Tiere nach sich zu ziehen.

download www.zobodat.at

Steigt nun die Temperatur, so zeigen die Insekten anfangs keine besondere Unruhe; „sobald aber ihre Körpertemperatur bis 39° steigt, beginnen sie sich stark zu bewegen und sterben bei 46—47°. Dieses Resultat übertrifft die von Nicolet und Bütschli gefundenen Temperaturen um ein beträchtliches, doch experimentirten diese beiden Forscher mit anderen Thieren, dagegen zeigt jenes von Bachmetjew ermittelte auffallende Ähnlichkeit mit den Zahlen, welche Max Schultze und Sachs für das pflanzliche Protoplasma als obere Lebens-Grenze feststellten.

Die Beobachtungen Bachmetjews über die Einwirkung niedriger Temperaturen auf die Insekten führten nun zu einer sehr interessanten Entdeckung. Wird die umgebende Luft abgekühlt, so sinkt die Temperatur des Insekts anfangs gleichmässig, bis sie an einem gewissen Punkte angekommen ist, dann steigt sie plötzlich wieder, um nachher abermals zu sinken. Dieser kritische Punkt entspricht der normalen Temperatur des Gefrierens der Säfte. Es zeigt sich hier also das Vorhandensein einer besonderen Temperatur, bei welcher die Säfte des Insektes erstarren; in Folge dessen entwickelt sich die latente Erstarrungswärme, welche ihrerseits die Temperatur des Insektes auch erhöht. Doch ist dieser Vorgang nicht tödlich für das Insekt, es kann vielmehr nach erfolgtem „Sprunge“ wiederum abgekühlt werden. Wie weit aber? „Der Anfang dieses Sprunges liegt zuweilen sehr niedrig (—15°) und die plötzliche Temperaturerhöhung beim „Sprunge“ erreicht gewöhnlich — 1,5°. Das Insekt stirbt bei der Abkühlung, wenn seine Körpertemperatur nach dem „Sprunge“ ungefähr bis zu derjenigen Temperatur, bei welcher dieser „Sprung“ (kritischer Punkt) stattfand, oder noch niedriger sinkt. Bachmetjew giebt eine plausible Hypothese zur Erklärung dieses letzteren Umstands, auf die wir hier indessen nicht eingehen können. Die Feststellung dieser Vorgänge liefert einen wesentlichen Beitrag zum Verständnis des Ertragens der Winterkälte durch die Insekten.

Man hat der Art des Aufthauens nach vorhergegangenem Durchfrieren eines Thieres einen Einfluss auf die mögliche Wiederbelebung zuschreiben wollen, das ist indessen, wie Bachmetjew nachweist, nicht der Fall.

download www.zobodat.at

Übrigens liegt der „kritische Punkt“ nicht gleich niedrig bei verschiedenen Arten Insekten, sogar bei verschiedenen Exemplaren einer und derselben Art und variirt in gewissen Grenzen. Zwei Umstände sind es, die nach unseres Forschers Experimenten die Höhe des „kritischen Punktes“ bedingen: die Nahrung und das zweite Einfrieren. Je länger ein Insekt hungern muss, desto niedriger ist die normale Temperatur seiner Säfte; parallel damit sinkt auch der kritische Punkt. Die Feststellung dieses Umstandes erklärt es, dass die Insekten, die ja während der Winterruhe sich im Zustande dauernden Hungerns befinden, in Folge des dadurch bedingten Herabsinkens des „kritischen Punktes“ ihrer Säfte der Kälte so ausgezeichnet Widerstand leisten können, wie es meistens geschieht. Wir gelangen mit Bachmetjews Forschungen ins Gebiet der physikalischen Chemie, insofern der Gefrierpunkt einer Lösung von ihrer chemischen Beschaffenheit abhängt. Freilich ist über die chemische Beschaffenheit der Insektensäfte wenig genug bekannt, dass sie aber selbst bei zwei Exemplaren derselben Art nicht ganz gleich sind, leuchtet ein, und damit wird auch das Differieren des „kritischen Punktes“ verständlich. Durch das Hungern wird selbstverständlich die chemische Zusammensetzung des Körpersaftes verändert.

Übrigens fand Bachmetjew auch, dass unter sonst gleichen Umständen bei männlichen Exemplaren derselben Art der normale Erstarrungspunkt der Säfte höher liegt als bei weiblichen Individuen.

Der zweite Umstand, welcher den „kritischen Punkt“ herunterzusetzen vermag, ist das abermalige Einfrieren, hierdurch wird auch die normale Temperatur des Säftegefrierens herabgesetzt. „Bei weiteren Wiederholungen des Einfrierens zeigt aber das Insekt keine Überkühlung der Säfte mehr, sondern diese gefrieren in normaler Weise gleich beim Anfange der Abkühlung des Insektes.“

Für verschiedene Exemplare einer und derselben Art stellte Bachmetjew auch noch folgende interessante Beziehung fest: Je grösser das Verhältnis des Säftegewichtes des Insektes zum Gesamtgewichte seines Körpers ist, desto höher liegt der normale Punkt der Säfteerstarrung des Insektes.

Auch die der Abkühlung ausgesetzten Pflanzen zeigen einen „Temperatur-Sprung“, analog dem bei den Insekten

download www.zobodat.at

beobachteten. Wie bei diesen verursacht wiederholtes Gefrierenlassen ein immer weiteres Herabgehen des kritischen Punktes, die Überkühlung ihrer Säfte wird immer niedriger.

Um die Erscheinungen künstlich hervorzurufen, welche man beim Abkühlen der Insekten und Pflanzen beobachtet, unterwarf Prof. Bachmetjew zellenloses Protoplasma und Birnensaft einer entsprechenden Behandlung, es liessen sich hier aber im Gange der Temperatur der abgekühlten Flüssigkeiten keine heftigen Sprünge beobachten, folglich kann die Ursache der bei den Insekten beobachteten Abkühlung nicht allein mit den Eigenschaften der Säfte erklärt werden. Es müssen also noch andere Umstände mitwirken, und diese haben, wie B. ermittelt hat, ihr Analogon in der Überkühlung des Wassers in Kapillarröhren. Sowohl diese, als auch geschlossene poröse Thon-Cylinder und einige andere Vorrichtungen lieferten mit Flüssigkeiten analoge Ergebnisse.

Professor Bachmetjew zeigt an dem Beispiel vom Citronenfalter (Rhodocera rhamni), wie dieser mit Hülfe der vorstehend erörterten Eigenschaft ums Dasein zu kämpfen vermag. „Seine Mutter legte im Frühling die Eier, aus welchem im Mai kleine Raupen herauskamen, welche sofort die jungen Blätter des Faulbaums und des Kreuzdorns, Rhamnus frangula und cathartica, zu fressen begannen. Ende Juni verwandelten sich die Raupen in Puppen, aus welchen im August sich schöne gelbe Schmetterlinge entwickelten. Als es heiss wurde, stieg auch die Körpertemperatur des Schmetterlings; bei eintretender Kälte wurde der Körper des Schmetterlings auch kalt — er fühlte daher keine schädlichen Einflüsse der Veränderung der klimatischen Verhältnisse, da er die Möglichkeit hatte, sich an dieselben anzupassen. Endlich kam der Herbst mit seinen trüben Nächten und kalten Tagen; es fehlte die warme Sonne, welche ihn erwärmte und ihm die Kraft zum munteren Herumflatten von Blume zu Blume verlieh. Auch die Menge der Nahrung hat sich vermindert. Die meisten Blumen sind abgeblüht. Unser Schmetterling verlor in Folge Nahrungsmangels an Gewicht, sein Protoplasma verdichtete sich, und zugleich sank der kritische Erstarrungspunkt der überkühlten Säfte des Schmetterlings niedriger, als es im Sommer war. Zuletzt kam der November und Dezember mit ihren Schneestürmen, und der Schmetterling

download www.zobodat.at

verbarg sich in eine Spalte der Rinde eines Baumes. Die Lufttemperatur ist bedeutend gesunken, der Schmetterling aber wurde beschützt vor der tödtenden Wirkung der Kälte, theils durch die Baumrinde und theils durch den Umstand, dass seine Säfte sich abkühlten, bedeutend unter dem normalen Gefrierpunkt sich überkühlten und trotzdem nicht gefroren. Der Schmetterling ist längst eingeschlafen, aber nicht gestorben.

„Eines Tages, im Anfang Januar, wurde die Kälte besonders stark und die Säfte des Schmetterlings erstarrten auf einmal. Ebenfalls erstarrten die Säfte der Baumrinde, welche den Schmetterling umgab und seine Temperatur stieg plötzlich auf — 1,5°. Dies dauerte aber nicht lange als alle seine Säfte erstarrten, begann die Eismasse sich wieder abzukühlen und der Schmetterling wäre gestorben, wenn er sich bis zu jener Temperatur abgekühlt hätte, bis zu welcher seine Säfte vor dem Gefrieren sich überkühlt hatten; den andern Tag aber wurde es wärmer, und die Temperatur seines Eiskörpers konnte nicht so niedrig fallen. Im Februar kamen warme Tage, und einmal thaute der Schmetterling auf. Als es an der Sonne 14° wurde, begann der Schmetterling lustig zu flattern, gegen Abend wurde es aber wieder kalt, und er schlief in der Spalte eines andern Baumes wieder ein. Fröste stellten sich abermals ein und wie absichtlich stärker als im Januar. Die Säfte des Schmetterlings gefroren diesmal jedoch nicht, da er nun zum zweiten Male der Abkühlung unterworfen war. Ende März verliess er seinen Zufluchtsort, um nicht wieder zurückzukehren. Im April fand unser Schmetterling einen Lebensgefährten, legte Eier und starb einige Tage nachher, aber nicht durch Kälte, sondern an Altersschwäche, welche sich seiner bemächtigte, nachdem er seine Pflicht, Nachkommen zu hinterlassen, erfüllt hatte.“

Wenn, wie wir gesehen haben, von der Lage des kritischen Punktes der Körpersäfte eines Insektes dessen Fähigkeit extreme Kältegrade zu ertragen, abhängt, so muss die Lage des ersteren für polare Insekten eine sehr niedrige sein. Diese Eigenthümlichkeit mag durch natürliche Zuchtwahl erworben sein. Sicher aber eröffnet sich durch die Entdeckung Bachmetjews ein interessanter Ausblick in die Thiergeographie; wir haben hier einen neuen

download www.zobodat.at

Faktor, der bei der Erörterung der geographischen Verbreitung zu berücksichtigen ist. Bachmetjews Untersuchungen bedeuten einen Schritt vorwärts im Verständniss der auf physikalisch-chemischen Gesetzen beruhenden Lebensvorgänge.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Helios - Abhandlungen und Mitteilungen aus dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: 17

Autor(en)/Author(s): Roedel Hugo

Artikel/Article: Schutzeinrichtungen der Insekten gegen Kälte. 69-78