

# Über die Form, Struktur, Entwicklung und Farben der Schuppen der Grossschmetterlinge

Autor(en): **Dreyer, Adolf**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahrbuch der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft**

Band (Jahr): **46 (1905)**

PDF erstellt am: **24.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-834920>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## X.

# Über die Form, Struktur, Entwicklung und Farben der Schuppen der Grossschmetterlinge.

Von **Dr. Adolf Dreyer.**

Die ausserordentliche Mannigfaltigkeit der Natur übt auf jeden denkenden Menschen einen mächtigen Reiz aus, und weckt die Begierde, einen Einblick in ihr vielseitiges, geheimnisvolles Arbeiten zu erlangen. Durch fortgesetztes Studium und zweckentsprechendes Beobachten der verschiedensten Naturkörper gelingt es, die Gesetze der Natur zu erkennen und ihre Erscheinungen verstehen zu lernen.

Die vorliegende Arbeit verdankt ihre Entstehung der Vorliebe des Verfassers für die interessante, farbenprächtige Gruppe der Schmetterlinge. Ein schon längst gehegter Wunsch, die näheren Ursachen der Schmetterlingsfarben und ihrer Träger kennen zu lernen, geht hiermit in Erfüllung.

Mit Recht bewundert man die Farbenpracht und den Glanz eines einzelnen Schmetterlings oder gar einer ganzen Sammlung solcher Geschöpfe. Die Mannigfaltigkeit und der Glanz der Farben, welche man sowohl an den Flügeln, als auch am Leibe der Schmetterlinge beobachten kann, bilden wohl die Hauptursache, weshalb gerade diese Organismen so häufig das Interesse und den Sammeleifer von Jung und Alt an-

spornen. Schon die einheimische Schmetterlingsfauna weist eine staunenswerte Variation der Farben und ihrer Abstufungen auf; die Farbenpracht und namentlich aber der Glanz der leuchtenden Farben steigert sich noch wesentlich, wenn man die überaus zahlreichen Vertreter der Tropen in Betracht zieht. Jedermann weiss aber aus eigener Erfahrung sehr gut, dass diese Farbenherrlichkeit unter Umständen sehr vergänglicher Natur ist. Vergleicht man beispielsweise einen eben aus der Puppenhülle austretenden Schmetterling mit einem solchen, der schon längere Zeit von seinen farbenprächtigen Flügeln ausgiebigen Gebrauch gemacht hat, so wird man in der Regel einen auffallenden Unterschied in der Farbe wahrnehmen können. Das eben aus dem Puppen-Stadium ausgetretene Individuum zeigt die Farben und die Farbenmuster seiner Flügel in unversehrter Pracht, während das Kleid des anderen Individuums, welches längere Zeit von Blüte zu Blüte geflattert, mehr oder weniger verblasst und defekt geworden ist. Die leiseste Berührung eines Schmetterlingsflügels kann eine Zerstörung des Farbenmusters zur Folge haben. Fasst man z. B. mit den Fingern einen derartigen Flügel an, so gewahrt man, dass an der Berührungsstelle die Farbe und die Zeichnung verschwunden und in verwischter Form auf die Finger übergegangen sind. Bei näherer Untersuchung der Finger kann man die Träger der verschwundenen Farbenpracht als winzig kleine Stäubchen erkennen, deren Form und Gestalt mit unbewaffnetem Auge bei weitem nicht festgestellt werden kann. Aus dem Angeführten geht also mit grösster Deutlichkeit hervor, dass die Träger des vergänglichen Farbenzaubers

ausserordentlich kleine Stäubchen oder Körperchen sind, welche äusserst leicht der Flügelfläche enthoben werden können. Die allgemeine Form dieser winzigen Stäubchen hat ihnen den Namen Schuppen eingetragen. Gegenstand vorliegender Arbeit soll es nun sein, näheren Aufschluss über die Form, Struktur, Entwicklung und Farbe der Schmetterlingsschuppen zu geben. Bei eingehender Betrachtung dieser Gebilde wird man mit Staunen wahrnehmen, wie die Macht der Natur imstande ist, oft mit geringen, überaus einfachen Mitteln die wunderbarsten Effekte hervorzubringen.

Die ausserordentlich geringe Grösse der Schmetterlingsschuppen erfordert deren mikroskopische Untersuchung. Dieser Umstand macht es auch erklärlich, weshalb die genauere Kenntnis und das Studium dieser Schuppen erst mit dem Beginn des 17. Jahrhunderts seinen bescheidenen Anfang genommen hat. In diese Zeit fällt bekanntlich die Erfindung des Mikroskopes.

Um das Jahr 1600 werden die Schmetterlingsschuppen von dem Gelehrten Fabricius erwähnt; ihm folgte im Jahre 1650 der als medizinischer Forscher allbekannte Malpighi, der die Lepidopteren-Schuppen ebenfalls erwähnt. Der Holländer Naturforscher Antony van Leeuwenhoek bildet in einer, im Jahre 1680 erschienenen entomologischen Abhandlung bereits die „Federchen und Schuppen“ des Körpers und Flügels von *Culex pipiens*, später von *Phalaena* und *Bombyx populi* ab. In seinem Werke: „Recreatio mentis“, das im Jahre 1684 in Rom erschienen ist, bringt der Jesuit Buonnani schon zahlreiche Formen dieser Schuppen zur bildlichen Darstellung. Der Gelehrte Réaumur publizierte im Jahre 1734 eine Arbeit, welche die

Öffnungen der Flügel, in denen die Schuppen der Schmetterlinge festgehalten werden, zum Gegenstand hatte. Die histologisch-anatomische Charakterisierung der Schuppen war erst der neueren Zeit vorbehalten und ging Hand in Hand mit der modernen Entwicklung der mikroskopischen Instrumente und der mikroskopischen Technik überhaupt. Den beiden französischen Forschern Lyonet (1832) und Deschamps (1835) ist das Verdienst zuzuschreiben, die Natur und Textur dieser Schuppen zuerst näher untersucht zu haben. Von speziell morphologischem Interesse sind die diesbezüglichen wissenschaftlichen Arbeiten von Semper, Kettelhoit und Schneider, welche Arbeiten bis zum Ende der Siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts veröffentlicht worden sind. Die Arbeit Sempers befasst sich vornehmlich mit der Bildung der Schuppe während der Metamorphose. Kettelhoit und Schneider untersuchen zahlreiche Familien einheimischer und exotischer Lepidopteren, von dem Gesichtspunkte ausgehend, ob sich für die verschiedenen Gruppen des Systems auch charakteristische Merkmale nach der verschiedenen Gestalt der Schuppen auffinden lassen. Seither sind wohl noch eine ganze Reihe von Arbeiten über Schmetterlingsschuppen entstanden; aber die grosse Mehrzahl beschäftigt sich hauptsächlich mit den Farben der Schuppen und mit den Farbenmustern, welche die Zusammenstellungen der einzelnen Schuppen auf den Flügeln verursachen. Wertvolle Arbeiten genannten Inhaltes sind bekannt von Urech, Baer, von Linden, Biedermann.

Zum eigentlichen Gegenstand der Arbeit übergehend, sei zunächst von der Anordnung, dem allgemeinen Bau und der Entwicklung der Schuppen die

Rede. Im Anschluss daran sollen die Farbenerscheinungen derselben behandelt werden.

Es dürfte allgemein bekannt sein, dass namentlich die farbigen Flügel die hauptsächlichsten Träger der Schuppen sind. In einzelnen Fällen sind aber auch Kopf, Brust, Hinterleib, Fühler und Beine beschuppt. Bekanntlich existieren auch Schmetterlinge, deren Flügel grösstenteils glashell und durchsichtig sind, oder wenigstens kleinere und grössere glashelle Partien aufweisen. Als diesbezügliche Beispiele seien hier die Sesiiden oder Glasflügler und *Macroglossa bombylifomis* O. oder der Hummelschwärmer aufgeführt. Bei diesen Schmetterlingen fehlen die Schuppen grösstenteils und die spärlich vorhandenen entziehen sich der oberflächlichen Beobachtung deshalb, weil sie selbst durchsichtig und glashell sind. Auch der glashelle Saum der Vorderflügel des Apollo, *Parnassius Apollo* L., der scheinbar schuppenfrei ist, weist, allerdings nur spärlich, farblose, durchsichtige Schuppen auf. Es sind somit keineswegs alle glashellen, durchsichtigen Stellen, die an Schmetterlingsflügeln auftreten, frei von Schuppen.

Über die Anordnung der Schuppen erhält man richtigen Aufschluss, wenn man Flügelstücke von Schmetterlingen bei schwächerer mikroskopischer Vergrösserung untersucht. Überraschend ist das Bild, welches man dabei gewahrt. Die zahlreichen Schuppen zeigen eine regelmässige Anordnung, vergleichbar mit der Anordnung der Ziegel eines Daches. Eine analoge Gruppierung nimmt man wahr, wenn als Gegenstand der Untersuchung der beschuppte Leib eines Schmetterlings gewählt wird. In auffallender Konstanz lässt

sich diese dachziegelige Anordnung der Schuppen durch die ganze Abteilung der Grossschmetterlinge verfolgen. Eine Variation tritt nur in der Dichtigkeit der Beschuppung auf, nicht aber in der Anordnung.

Betrachtet man nun die einzelne Schuppe vorerst bei mässiger Vergrösserung, so lassen sich im allgemeinen an derselben folgende Teile unterscheiden: Ein mehr oder weniger grosser, flächenartig ausgebreiteter Rumpf bildet den Hauptbestandteil der Schuppe. Am vorderen Rande desselben zeigt sich eine, bei den verschiedenen Schmetterlings-Schuppen wechselnde Anzahl von verschieden geformten und verschieden grossen Fortsätzen. Die Basis der Schuppe trägt stets einen mehr oder weniger gut entwickelten Stiel, welcher zur Befestigung der Schuppe am Flügel dient. Häufig verlaufen die seitlichen Schuppenränder direkt in den Stiel. In zahlreichen anderen Fällen weist die Basis der Schuppe eine tiefere oder flachere Einbuchtung, Sinus genannt, auf; aus der tiefsten Stelle dieser Einbuchtung entspringt dann der kleinere oder grössere Schuppenstiel. Das Verhalten der Fortsätze und das Vorkommen oder Fehlen einer Einbuchtung spielt bei der Unterscheidung der Schuppen eine bedeutende Rolle.

Um nun über den histologisch-anatomischen Bau der Schuppen näheren Aufschluss zu erhalten, müssen dieselben einer möglichst starken Vergrösserung unterzogen werden. Die einzelne Schuppe besteht der Hauptsache nach aus zwei deutlichen Schichten. Die obere Schicht stellt eine dicke Chitinplatte dar und trägt die oft sehr zierlichen Skulpturen. Die darunter liegende Schicht ist bedeutend dünner, erscheint durchaus homogen und verleiht der Schuppenunterseite meistens

ein glattes oder höchst leicht welliges Aussehen. Diese untere Lamelle ist niemals pigmentiert, sondern erscheint immer glashell. Die Skulptur-Formen sind von ausserordentlicher Mannigfaltigkeit. Die meisten Schuppen lassen, von der Fläche gesehen, deutliche Längsstreifung erkennen. Häufig sind diese Längsstreifen unter sich wieder durch Querstreifen verbunden; dadurch erscheint die Schuppenoberfläche mehr oder weniger deutlich gefeldert. Die Streifung wird durch hervorragende Chitin-Leisten oder Rillen hervorgerufen. Auf guten Schuppen-Querschnitten erscheinen diese Rillen als zierliche, bald stumpfabgerundete, bald zugespitzte Zähnchen, welche die Chitinplatte überragen. Betrachtet man diese Leisten bei sehr starker Vergrößerung, so lösen sich dieselben häufig in dichtgestellte, zu regelmässigen Reihen angeordnete Körperchen auf, welche kleine Kügelchen, Birnchen, Kegeln und dergleichen darstellen. Es sind auch Fälle bekannt, bei denen wirkliche, ziemlich hohe Leisten auftreten. Die feineren Skulpturen, in Form zierlicher Knöpfchen und Zäpfchen, werden dann von der Firstkante dieser Leisten getragen. Zuweilen erscheint die Schuppenoberfläche auch unregelmässig zerklüftet und mehr oder weniger gekörnt. Diese zierlichen Skulpturen sind in pigmentierten Schuppen die Hauptträger der Pigmentfarbstoffe. Die eigentliche Chitinplatte ist häufig pigmentfrei oder nur ganz matt getönt. Gute Schuppenquerschnitte lassen erkennen, dass die Chitinplatte der Länge nach von parallel verlaufenden Kanälchen durchzogen wird, welche dreikantig sind. Die Basis dieser dreikantigen Kanälchen läuft zur Schuppenunterseite parallel.



Im Anschluss an die Behandlung des feineren histologischen Baues der Schmetterlingsschuppen erscheint die weitere Frage des Ursprunges und der Entwicklung derselben geboten. Um den näheren Verlauf der Schuppenbildung kennen lernen zu können, ist man genötigt, auf das Puppenstadium der Schmetterlinge zurückzugreifen. Die diesbezüglichen Untersuchungen erstreckten sich auf eine grosse Anzahl von Puppen verschiedenen Alters von *Vanessa urticae* L., *Vanessa cardui* L., *Sphinx convolvuli* L., *Macroglossa stellatarum* L. und *Arctia caja* L.

Es ist eine längst bekannte Tatsache, dass die ersten Anfänge der Schmetterlingsflügel schon im Raupenstadium anzutreffen sind. In der Raupe geschieht die erste Anlage der Flügel durch Ausstülpung der Epidermis in Form eines doppelten Blattes. Die Epidermiszellen scheiden eine Substanz aus, welche sich aussen um die Flügel legt, chitiniert und zur eigentlichen Flügelscheide wird. Erst nach dem Abstreifen der Raupenhaut wird der Stoff ausgeschieden, welcher an der Puppe eine dunkelgefärbte Lage bildet und dazu dient, die Flügelscheiden, Fühlerscheiden, Kopf, Beine mit dem Rumpfe fest zu verbinden. Die nämliche Schicht dient auch als Schutzmittel gegen äussere schädliche Einflüsse. Dieser Stoff, welcher anfänglich farblos und weich ist, wird nach und nach braun und hart und zeigt in vollendetem Zustande gegen Reagentien ein wesentlich verschiedenes Verhalten von dem des Chitin. Somit steht fest, dass die Flügelscheiden aus zwei Schichten, einer äusseren, nicht chitinierten, und einer inneren, chitinierten, bestehen. An diese innere Schicht schliesst sich eine

Zellenlage eng an. Diese Zellschicht entspricht der früheren Epidermis der Raupe und besteht aus platten Zellen. Zwischen den beiden Blättern, welche in diesem Stadium den Flügel des Schmetterlings repräsentieren, befindet sich ein Hohlraum, welcher Fettkörper und Tracheen enthält. Das folgende Stadium in der Ausbildung des Flügels gibt sich durch die Herstellung einer Membran zu erkennen, welche das Lumen des Flügels gegen die Epidermis verschliesst und alle Tracheen, Nerven, Fett- und Bildungszellen einschliesst. Für die weitere Entwicklung des Flügels wird diese Membran von wesentlicher Bedeutung, da sie in den nächstfolgenden Perioden der Epidermis als Stütze dient. Ein weiteres Stadium der Entwicklung des Flügels markiert sich dadurch, dass sich die Epidermis von der inneren Flügelscheide abzieht und sich eng an die Grundmembran des Flügels anlegt. Bei dieser Gelegenheit wachsen die einzelnen Zellen in die Länge und entwickeln sich allmählig zu einem Cylinder-Epithel. Gleichzeitig bildet sich die erste Anlage der Rippen, welche den Schmetterlingsflügel durchziehen. Diese stellen bekanntlich ein nach den verschiedenen Familien und Gattungen stark wechselndes Netzwerk dar. Sobald sich nun die Grundmembran vollständig ausgebildet hat, zieht sich die Epidermis wieder von derselben zurück und es entsteht zwischen der Grundmembran und der Epidermis ein verhältnismässig grosser Hohlraum. Ein nachfolgender Entwicklungszustand lässt nun schon die Bildung der Schuppen deutlich erkennen. In dem vorhin erwähnten Hohlraum zwischen der Grundmembran und der Epidermis befinden sich in kurzen Entfernungen von einander grosse, rundliche Zellen,

denen ein grosser Zellkern innewohnt. Diese runden Zellen laufen alle, ohne Ausnahme, in lange Fortsätze aus, welche zwischen den Zellen des vorerwähnten Cylinder-Epithels hindurchtreten. In den anfänglichen Stadien stellen diese Fortsätze lange Stiele dar, die sich dann plötzlich in mehr oder weniger kugelige Blasen erweitern. Eine solche Blase ist die erste Anlage einer zukünftigen Schuppe. In ihrer weiteren Entwicklung vergrössert sich die kugelige Blase stark, wobei sich der lange Stiel immer mehr verkürzt. Allmählig wächst sie an ihrem freien Ende in einige Zipfel aus, welche sich noch weiter verlängern, während sich der Rumpf und der Stiel der Blase mehr zurückbilden. Das Resultat dieser Veränderungen ist eine primitive Schuppe. Auffallend ist noch der Umstand, dass nicht alle Schuppen des ganzen Flügels auf einmal entstehen, sondern sie bilden sich nacheinander aus, so dass man an einem und demselben Flügel oft die verschiedensten Stadien der Schuppenbildung beobachten kann. Genau denselben Entwicklungsgang zeigen die Haare der Schmetterlinge; sie sind somit mit den Schuppen vollkommen identisch, und der einzige Unterschied zwischen ihnen liegt in der äusseren Form. Zwischen Schuppen und Haaren finden sich die zahlreichsten Übergänge. Die Schuppen sind also, wie schon erwähnt, dadurch entstanden, dass grosse Zellen einen Fortsatz ausschicken, welcher durch die Epidermis hindurchwächst, aussen sich erweitert und nach verschiedenen Umbildungen die Form der Schuppe annimmt. Der dünne Stiel, welcher die Schuppe mit ihrer Bildungszelle verbindet, scheidet noch auf eine kurze Strecke zwischen den Zellen der Epidermis

eine Verdickungsschicht aus, wodurch die Verbindung der Schuppen mit ihrer stützenden Membran noch fester wird. An den Schuppen selbst beobachtet man zunächst nur eine einfache, dünne Membran, bald zeigen sich Längsstreifen auf derselben. Diese kommen dadurch zustande, dass nur an gewissen Stellen eine mehrere Verdickung der ausgeschiedenen Membran stattfindet. Schliesslich beschränkt sich die weitere Ablagerung auf Querstreifen, welche sich zwischen den einzelnen Längsstreifen bilden. Sobald nun die Schuppe fertig gebildet ist, verschwinden die Bildungszellen derselben. Ihr körniger Inhalt wird resorbiert, die Zellmembran wird zerstört und es bleibt nur die chitinisierte Cuticula als Schuppe zurück. Mit ihrer Wurzel sitzt die Schuppe fest in einer Öffnung der Epidermis.

Im Anschluss an die Frage der Entwicklung der Schmetterlingsschuppen erscheint es natürlich, der weiteren Frage näher zu treten, ob sich für die verschiedenen Gruppen des Systems der Macrolepidopteren auch charakteristische Merkmale in Bezug auf die Form und Gestalt der Schuppen aufstellen lassen. Vergleicht man die Schuppen von Schmetterlingen aus verschiedenen Familien, so z. B. von *Papilio Machaon* L., von *Parnassius Apollo* L., von *Acherontia atropos* L., von *Sphinx pinastri* L., von *Arctia caja* L., von *Lasiocampa quercifolia* L., von *Cossus cossus* L., von *Saturnia pyri* Schiff., von *Phalera bucephala* L., *Catocala sponsa* L. etc., so kann man wohl zum Teil auffallende Unterschiede in Bezug auf Form und Grösse, Beschaffenheit der Fortsätze und der Schuppenbasis konstatieren. Man ist sogar sehr gern zur Annahme geneigt, von der Mannigfaltigkeit der einzelnen Schmetterlingsgruppen auch auf

eine entsprechende Mannigfaltigkeit in der Schuppenform und -Grösse zu schliessen. Die eingehende Untersuchung einer grossen Anzahl von Grossschmetterlingen zahlreicher Familien, Gattungen und Arten drängt aber dazu, die vorhin erwähnte Frage über den Wert der Schuppenform und -Grösse für die Systematik der Familien zu verneinen. Greift man beispielsweise aus der Familie der Papilioniden die beiden Gattungen *Papilio* und *Parnassius* heraus, so überzeugt die Beschaffenheit ihrer Schuppen ohne weiteres von der Zwecklosigkeit, dieselben als charakteristisches Familienmerkmal der Papilioniden heranzuziehen. Zu einem ähnlichen Resultate gelangt man, wenn der Versuch mit den Gattungen der Familie der Sphingiden unternommen wird. Zu den interessantesten und auffallendsten Schuppen gehören unstreitig diejenigen des Totenkopfes, *Acherontia atropos* L. Vergleicht man dieselben mit denjenigen seiner nächsten Verwandten, z. B. mit denjenigen des Ligusterschwärmers, *Sphinx ligustri* L., oder des Tannenschwärmers, *Sphinx pinastri* L., so beobachtet man trotz naher Verwandtschaft einen auffallenden Unterschied in der Form und Grösse der Schuppen. In gleicher Weise könnten noch eine Reihe anderer Familien und Gattungen herangezogen werden; in den meisten Fällen wäre die nämliche Tatsache zu konstatieren. Unwesentlich für die Unterscheidung der Schuppen sind die Grösse, die Zahl und Länge der Fortsätze, sowie die Intervalle derselben, da diese Verhältnisse bei den ähnlichsten Schmetterlingen verschieden, bei den verschiedensten Arten wieder gleich sein können. Ebenso wenig ist das Verhältnis der Länge zur Breite der Schuppen massgebend. Aus dem Er-

wähnten geht also mit grösster Deutlichkeit hervor, dass sich die Gestalt und Grösse der Schuppen nicht als charakteristische Merkmale bei der Systematik der verschiedenen Familien, Gattungen und Arten mit Erfolg verwerten lassen.

Von grösserer Bedeutung ist dagegen der allgemeine Typus der Schuppen, Form und Verlauf der Seitenränder und endlich die Beschaffenheit der Schuppenbasis. Was den Verlauf der Seitenränder betrifft, kommt es dabei wesentlich darauf an, ob sie gerade oder gebogen sind, konvergierend, divergierend oder parallel verlaufen. Charakteristisch für die Schuppen ist namentlich die Beschaffenheit der Schuppenbasis. In den einen Fällen verlaufen die Seitenränder allmähig in den Schuppenstiel, während in anderen Fällen die Schuppenbasis eine mehr oder weniger tiefe Einbuchtung, Sinus genannt, aufweist. In dieser Hinsicht lassen sich allerdings die Schuppen systematisch zur Unterscheidung der beiden Hauptgruppen der Macrolepidopteren, der Tagfalter, Rhopalocera, von den Dämmerungs- und Nachtfaltern, Heterocera, verwerten. Das Endresultat einer diesbezüglichen, eingehenden Untersuchung und Vergleichung lautet: Die Tagfalter oder Rhopalocera besitzen an der Basis ihrer Schuppen stets eine deutliche Einbuchtung oder einen Sinus. Die Seitenränder derselben sind nur wenig gewölbt; das obere und untere Schuppenende zeigt ziemlich die gleiche Breite. Die Dämmerungs- und Nachtfalter oder Heterocera zeigen an der Basis ihrer Schuppen keinen Sinus; die Seitenränder konvergieren nach der Basis zu, so dass die Schuppen an ihrer Basis weniger breit erscheinen, als an ihrem oberen Ende. Eine auffallende

Ausnahme von dieser Gesetzmässigkeit machen die Noctuinen; bei diesen verlaufen die Seitenränder der Schuppen parallel, so dass die Schuppenenden die gleiche Breite erhalten.

Nachdem nun die Schuppen verschiedener Grossschmetterlinge einer eingehenden Betrachtung unterzogen worden sind, soll hier anschliessend auch die Frage erörtert werden, wie sich die Schuppen in Bezug auf äussere Form und Grösse an den verschiedenen Stellen der Flügel und des Körpers eines und desselben Individuums verhalten. Zu diesem Zwecke wurden eine Reihe von verschiedenartigen Grossschmetterlingen einer eingehenden Untersuchung unterworfen, und zwar derart, dass von den verschiedensten Stellen der Flügel und des Körpers sorgfältig Schuppen entnommen wurden. Schon das Absuchen weniger Präparate liess vermuten, dass die verschiedenen Flügel- und Körperstellen sich in Bezug auf Form und Grösse der Schuppen verschieden verhalten. Aus allen diesen zahlreichen Beobachtungen lassen sich nachfolgende, allgemeine Gesetzmässigkeiten für die Schuppenbildung am einzelnen Individuum zusammenstellen:

Bei den Rhopalocera sind die Schuppen am Leibe am stärksten entwickelt; sie zeigen auch Fortsätze von stattlicher Grösse. Der Sinus dieser Schuppen ist sehr klein, fehlt sogar häufig ganz. Eine Grössenabnahme lässt sich schon deutlich an den Schuppen der Wurzelfelder erkennen; noch bedeutender wird sie an denjenigen der Mittelfelder. Die Randfelder weisen im allgemeinen die kleinsten Schuppen auf. Mit steigender Grösse der Fortsätze geht eine gleichzeitige, stetige Abnahme der Einbuchtungen Hand in Hand und um-

gekehrt mit abnehmender Grösse der Fortsätze eine stetige Vergrösserung der Einbuchtungen. Diese Gesetzmässigkeit lässt sich auch auf das Verhältnis der Heteroceren-Schuppen zu den Rhopaloceren-Schuppen anwenden.

Die freien Randschuppen sind in der Regel lang und dünn; sie zeigen einige sehr spitze Fortsätze, während die Einbuchtungen stets fehlen. Sie schliessen sich entweder unmittelbar an die typischen Schuppen der Randfelder an oder werden durch einige Lagen immer schmaler werdender Übergangs-Schuppen aus diesen vermittelt. Das Haftfeld der Hinterflügel zeigt eigentümliche asymmetrische Schuppen. Bei den Rhopaloceren sind dieselben schief benagelt, bei den Heteroceren schief gerandet. Die asymmetrischen Schuppen, welche fortsatzlos sind, gehen allmählig in symmetrische Schuppen über und erreichen im Mittelfelde wieder die normale Form. Die Schuppen der Flügelunterseite zeigen eine kräftigere Entwicklung als diejenigen der Oberseite. Die asymmetrischen Schuppen des Haftfeldes der Hinterflügel oberer Seite setzen sich auf der unteren Seite der Vorderflügel, soweit diese das Haftfeld decken, fort und gehen dann in den darüberliegenden Feldern wieder in symmetrische Schuppen über. Die Haftfelder der Vorderflügel zeichnen sich meistens dadurch aus, dass sie mit grossen Schuppen bedeckt sind, welche wohlentwickelte Fortsätze aufweisen. — Bei den Rhopaloceren sind die Thoraxschuppen teils klein, schwarz pigmentiert, teils zeigen sie sehr scharfe und spitzige Fortsätze; die Einbuchtungen fehlen oft. Die Thoraxschuppen der Heteroceren zeichnen sich durch ihre Grösse aus; sie besitzen bedeutend entwickelte Fort-



sätze. Die grössten aller beobachteten Schuppen waren Thoraxschuppen von Heteroceren.

Aus den vorerwähnten Tatsachen geht nun deutlich hervor, dass am Körper eines und desselben Schmetterlings, gleichgültig, ob er zu den Rhopaloceren oder zu den Heteroceren gehört, verschieden grosse und verschieden geformte Schuppen auftreten und zwar ist nicht nur ein gesetzmässiger Unterschied in Bezug auf Flügelober- und Flügelunterseite, sondern auch in Bezug auf Vorder- und Hinterflügel wahrzunehmen. Im allgemeinen findet man an übereinstimmenden Flügelstellen verschiedener Schmetterlinge auch übereinstimmende Schuppen und zwar besteht auch in dieser Hinsicht zwischen Rhopaloceren und Heteroceren ein deutlicher Unterschied.

Ausnahmen von diesen Gesetzmässigkeiten machen die anormalen Schuppen glasheller Flügelstellen, ferner die Tüpfel-, Fächer- und Federbuschschuppen. Von den genannten Schuppenformen verdienen die Tüpfelschuppen deshalb noch besondere Erwähnung, weil sie neben normalen Schuppen auf den Flügeln von einzelnen einheimischen Arten der Gattung *Lycæna* auftreten. — Diese ausserordentlich kleinen Schüppchen sind wasserklar, durchsichtig, besitzen Keulenform und zeigen wenige, zarte Längsstreifen, auf denen dunkle, punktartige Zeichnungen zu beobachten sind. — Die in ihrer Form eigentümlichen Fächer- und Federbuschschuppen treten vornehmlich bei einzelnen Grossschmetterlingen der amerikanischen Tropenfauna auf. Fächer- schuppen zeigt z. B. der auf Cuba einheimische Segler *Papilio Villiersi*; Federbuschschuppen zeigen mehrere zentralamerikanische *Colænis*-Arten, ferner die in der

Umgebung von Parà (Brasilien) vorkommende Art *Taygetis Virgilia*. Auch bei den männlichen Individuen einiger einheimischen Pieriden findet man neben gewöhnlichen Schuppen auch Federbuschschuppen.

In der nämlichen Art und Weise, wie die Form der Schmetterlingsschuppen sowohl bei den verschiedenen Schmetterlingsarten, als auch bei einem und demselben Individuum variiert, treten auch in Bezug auf die Grössenverhältnisse bedeutende Unterschiede auf. Zur Beurteilung der Ausdehnung der Schuppen geht man am einfachsten von den sogenannten Normalschuppen aus. Als Normalschuppen sind bei den Macrolepidopteren diejenigen des Wurzel- und Mittelfeldes der Vorderflügel zu betrachten, da sie als Ausgangspunkt aller übrigen Schuppenbildungen zu bezeichnen sind. In diesen Schuppen spricht sich der charakteristische Schuppen-Typus am deutlichsten aus. Ihre durchschnittliche Grösse, Regelmässigkeit und Ausbildung ist eine mittlere zwischen allen sonst sich geltendmachenden Extremen. Nachfolgende Tabellen geben Aufschluss über die Grössenverhältnisse der Rhopaloceren- und Heterocerenschuppen von normalem Typus.

---

## Rhopalocera: Normalschuppen.

Art	Gesamtlänge	Länge ohne Fortsätze und Stiel	Grösste Breite	Auf 1 mm der Breite nach
Papilio Machaon L. . . . .	0,17	0,14	0,08	12,5
Papilio Podalirius L. . . . .	0,19	0,16	0,1	10
Papilio Hector . . . . .	0,16	0,14	0,075	13,3
Parnassius Apollo L. . . . .	0,18	0,165	0,18	5,5
Pieris cardamines L. . . . .	0,08	0,065	0,05	20
Pieris cratægi L. . . . .	0,08	0,07	0,05	20
Colias Hyale L. . . . .	0,1	0,08	0,05	20
Colias Myrmidone Esp. . . . .	0,11	0,1	0,07	14,3
Lycæna Damon Schiff. . . . .	0,14	0,11	0,055	18,2
Polyommatus virgaureæ L. . . . .	0,09	0,07	0,05	20
Thecla Caranus . . . . .	0,21	0,19	0,075	13,3
Limenitis populi L. . . . .	0,1	0,08	0,04	25
Vanessa cardui L. . . . .	0,15	0,12	0,07	14,3
Vanessa Jo L. . . . .	0,14	0,12	0,05	20
Vanessa urticæ L. . . . .	0,14	0,12	0,07	14,3
Melitæa Dictynna Esp. . . . .	0,15	0,14	0,045	22,2
Argynnis Aglaja L. . . . .	0,13	0,1	0,07	14,3
Erebia Euryale Esp. . . . .	0,18	0,155	0,08	12,5
Cynthia Molluccarum . . . . .	0,155	0,11	0,05	20
Caligo Livius . . . . .	0,26	0,21	0,08	12,5
Napocles Jucunda . . . . .	0,22	0,19	0,085	11,8
Delias Eucharis . . . . .	0,115	0,115	0,06	16,7
Hypolimnas Bolina . . . . .	0,18	0,16	0,07	14,3
Neoptolemus spec. . . . .	0,22	0,2	0,07	14,3
Morpho Didius . . . . .	0,18	0,16	0,08	12,5
Morpho anaxiba . . . . .	0,2	0,18	0,09	11,1

## Heterocera: Normalschuppen.

Art	Gesamtlänge	Länge ohne Fortsätze und Stiel	Grösste Breite	Auf 1 mm der Breite nach
<i>Acherontia atropos</i> L. . . . .	0,33	0,23	0,095	10,5
<i>Sphinx ligustri</i> L. . . . .	0,33	0,29	0,09	11,1
<i>Sphinx pinastri</i> L. . . . .	0,24	0,2	0,08	12,5
<i>Sphinx porcillus</i> L. . . . .	0,15	0,11	0,03	33,3
<i>Smerinthus populi</i> L. . . . .	0,26	0,23	0,07	14,3
<i>Smerinthus tiliæ</i> L. . . . .	0,19	0,17	0,09	11,1
<i>Macroglossa stellatarum</i> L.	0,1	0,08	0,055	18,2
<i>Zygæna carniolica</i> Sc. . . . .	0,11	0,095	0,05	20
<i>Calligenia miniata</i> Forst. . . . .	0,13	0,09	0,05	20
<i>Gnophria rubricollis</i> L. . . . .	0,11	0,09	0,05	20
<i>Euchelia jacobææ</i> L. . . . .	0,12	0,105	0,04	25
<i>Callimorpha dominula</i> L. . . . .	0,21	0,18	0,07	14,3
<i>Arctia caja</i> L. . . . .	0,17	0,145	0,05	20
<i>Cossus cossus</i> L. . . . .	0,45	0,39	0,15	6,7
<i>Zeuzera pyrina</i> L. . . . .	0,17	0,14	0,115	8,7
<i>Bombyx trifolii</i> Esp. . . . .	0,35	0,18	0,06	16,7
<i>Lasiocampa pruni</i> L. . . . .	0,25	0,13	0,1	10
<i>Harpyia erminea</i> L. . . . .	0,22	0,11	0,05	20
<i>Notodonta trepida</i> Esp. . . . .	0,2	0,15	0,065	15,4
<i>Phalera bucephala</i> L. . . . .	0,34	0,31	0,24	4,2
<i>Gonophora derasa</i> L. . . . .	0,2	0,17	0,055	18,2
<i>Bryophila algæ</i> F. . . . .	0,2	0,17	0,06	16,7
<i>Agrotis plecta</i> L. . . . .	0,17	0,15	0,04	25
<i>Mamestra brassicæ</i> L. . . . .	0,21	0,18	0,05	20
<i>Euplexia lucipara</i> L. . . . .	0,17	0,14	0,08	12,5
<i>Plusia chrysitis</i> L. . . . .	0,11	0,1	0,04	25
<i>Catocala sponsa</i> L. . . . .	0,35	0,26	0,09	11,1
<i>Geometra papilionaria</i> L. . . . .	0,19	0,15	0,07	14,3
<i>Eugonia erosaria</i> Bkh. . . . .	0,14	0,13	0,06	16,7
<i>Urapteryx sambucaria</i> L. . . . .	0,16	0,13	0,085	11,7
<i>Rumia luteolata</i> L. . . . .	0,13	0,11	0,05	20
<i>Biston hirtarius</i> Cl. . . . .	0,19	0,17	0,07	14,3
<i>Halia brunneata</i> Thnb. . . . .	0,13	0,11	0,07	14,3
<i>Eupithecia oblongata</i> Thnb.	0,16	0,14	0,06	16,7

Den Beweis für das Vorhandensein bedeutender Grössenunterschiede bei den verschiedenen Schuppen eines und desselben Individuums liefert mit grösster Deutlichkeit nachfolgende Zusammenstellung.

### Acherontia atropos L.

Körperstelle	Gesamtlänge	Länge ohne Fortsätze und Stiel	Grösste Breite	Auf 1 mm der Breite nach
<b>Flügel-Oberseite.</b>				
<i>Vorderflügel.</i>				
Area basalis . . . . .	0,84	0,47	0,12	8,3
Area media . . . . .	0,26	0,13	0,11	9,1
Area limbalis . . . . .	0,19	0,09	0,09	11,1
Randschuppen . . . . .	0,94	0,51	0,08	12,5
<i>Hinterflügel.</i>				
Area basalis . . . . .	0,46	0,36	0,05	20
Area media . . . . .	0,25	0,12	0,07	14,3
Area limbalis . . . . .	0,17	0,11	0,06	16,7
Randschuppen . . . . .	0,88	0,48	0,07	14,3
<b>Flügel-Unterseite.</b>				
<i>Vorderflügel.</i>				
Area basalis . . . . .	0,45	0,29	0,095	10,5
Area media . . . . .	0,39	0,18	0,1	10
Area limbalis . . . . .	0,22	0,1	0,08	12,5
<i>Hinterflügel.</i>				
Area basalis . . . . .	0,42	0,25	0,11	9,1
Area media . . . . .	0,49	0,27	0,09	11,1
Area limbalis . . . . .	0,24	0,16	0,08	12,5

Im Anschlusse an die Beschreibung des feineren Baues und der Formen der Schmetterlingsschuppen erscheint es angezeigt, sich den Farben derselben zuzuwenden, zumal die Farben und die Schuppenstruktur vielfach in enger Beziehung zu einander stehen. In zahlreichen Fällen wird die Farbenerscheinung der Schuppen durch ihren histologischen Bau erklärt.

Mit Recht werden namentlich die leuchtenden Farben und Schillerfarben mancher exotischen Schmetterlinge bewundert, und unwillkürlich drängt sich die Frage auf, wie wohl diese grossartigen Farbeneffekte entstehen. Schon geraume Zeit misst die Wissenschaft diesen prachtvollen Farbenwirkungen wichtige biologische Bedeutung bei.

Die Farben, welche namentlich an den Flügeln der Schmetterlinge beobachtet werden können, verdanken ihr Entstehen verschiedenen Ursachen. Der Hauptsache nach können die Farben der Lepidopteren in drei Gruppen geschieden werden. In die erste Gruppe werden die ächten Farben gestellt. Solche Farben verdanken ihre Entstehung einem wirklichen Pigment, welches in den Schuppen abgelagert ist. Unter die zweite Gruppe fallen die rein optischen Farben, welche ihre Entstehung Interferenz-Vorgängen verdanken. Aber auch bei dieser Farbenerzeugung können wirkliche Pigmente eine gewisse Rolle spielen, indem sie den zum Zustandekommen der Interferenz-Erscheinungen notwendigen reflektierenden Hintergrund bilden. Bei der dritten Gruppe entstehen die Farben durch das Zusammenwirken von Pigmentfarbstoffen und optischen Farben zugleich.

Über die Entstehung der Pigmentfarben existieren

sehr auseinandergelungene Theorien, von denen wohl die Mayer'sche am meisten einleuchtet. Zum besseren Verständnis sei hier noch einmal kurz auf die histologischen Verhältnisse der Schuppen im frühen Puppenstadium verwiesen. Die Schuppenzellen enthalten um diese Zeit einen sphärisch gestalteten Nucleus und einen sehr stark lichtbrechenden Nucleolus, welcher von kleinen, gebogenen, aus Chromatin bestehenden Fadenstücken umhüllt wird. Die Schuppen selbst bestehen aus kleinen, flachen Chitinfortsätzen, die mit Plasma gefüllt sind und glashell erscheinen. Das Plasma schrumpft später zusammen und wird durch Luft ersetzt. Durch diesen Vorgang erhalten die Schuppen ein rein weisses Aussehen. Die Cuticula, welche von den Schuppenzellen abgesondert wird, ist anfänglich sehr dünn, nimmt aber mit der weiteren Entwicklung des Flügels an Dicke zu. Die Skulptur der Schuppen besteht in dieser Periode aus einer Anzahl parallel verlaufender Längsstreifen, welche sich namentlich auf der Schuppenoberseite vorfinden. Die bei auffallendem Lichte weiss erscheinenden Schuppen färben sich nun leicht ockergelb, indem Blut in dieselben eindringt, welches sich rasch in eine ockergelbe Flüssigkeit verwandelt. Die Ursache dieser Erscheinung, welche bei allen Schuppen zu beobachten ist, sucht Mayer darin, dass innerhalb der Schuppen eine Erneuerung des Blutes ausgeschlossen ist. Die Schuppen behalten ihre ockergelbe Farbe ungefähr einen Tag und nach und nach treten die endgültigen Farben auf, die sich immer zuerst an denjenigen Schuppen zeigen, welche zwischen den Adern gelegen sind. Die Intensität der Färbung der Schuppen nimmt ganz allmählig zu; so hat bei-

spielsweise eine schwarzbraune Schuppe alle Nüancen vom Ockergelb an durchlaufen. Nach Mayer ist es also das Blut, welches den Anstoss zur Schuppenpigmentbildung gibt.

Als Pigmentfarben sind sämtliche Farbentöne, mit Ausnahme von Blau und Violett zu bezeichnen. Die blauen, violetten, der grösste Teil der grünen und ebenso der weissen und schwarzen Farben sind optische Farben. Die Pigmente treten in zweierlei Form auf; sie sind entweder diffus oder körnig. Erscheinen die Pigmente diffus, dann ist das Chitin als solches gefärbt; im anderen Falle sind Pigmentkörner in das Chitin eingelagert. Die Färbung der Schuppen durch diffuse Pigmente ist im allgemeinen viel häufiger als diejenige durch körnige Pigmente. Bei letzteren handelt es sich fast ausnahmslos um intensive Färbungen der Einzelschuppen, wie man sie besonders bei den Pieriden wahrnehmen kann. Die Flügel dieser Schmetterlinge zeigen eine weniger dichte Beschuppung, als dies bei anderen Familien der Fall ist. Damit aber die Gesamtfarbenwirkung dennoch kräftig zum Ausdruck kommt, müssen eben die Einzelschuppen viel satter gefärbt sein.

Durch diffuse Pigmente gefärbte Schuppen zeigen meistens nur eine sehr schwache Färbung. Die intensiven Färbungen, wie sie makroskopisch auf den meisten Falterflügeln zu beobachten sind, kommen durch ausserordentlich dichte Über- und Nebeneinanderlagerung der Schuppen zu stande. Diffusen Pigmenten verdanken ihre Farben die lehmgelben, mattgelben, graubraunen, mattbraunen, rotbraunen, schwarzbraunen, grauen, orangefarbenen, orangeroten, karminroten, glänzendroten, rotgoldglänzenden Schuppen, wie sie



häufig auch auf den Flügeln unserer einheimischen Makro-Lepidopteren zu beobachten sind. Bei allen diesen Schuppen setzen sich die Querstreifen aus kleinen, zierlichen Knöpfchen, Birnchen, Kügelchen etc. zusammen, in denen das Pigment besonders reichlich angehäuft ist. Bei *Vanessa urticæ* sind diese Knöpfchen beispielsweise ausserordentlich dicht in Reihen gestellt, wodurch die einzelnen Schuppen sehr satt gefärbt erscheinen und somit auf den Flügeln dieses Falters die bekannten lebhaften Farbentöne verursachen. Ähnliche Verhältnisse lassen sich bei zahlreichen Vertretern der einheimischen, wie exotischen Fauna konstatieren.

Körnige Pigmente finden sich ausschliesslich bei den Pieriden. Die Pigmentkörner liegen in der Regel dicht gedrängt in der ganzen Chitinplatte, woraus die intensive Färbung der Einzelschuppe resultiert. Die Schuppen-Skulpturen treten hier häufig zurück oder scheinen vollständig zu fehlen. Auf dem Vorhandensein körniger Pigmente beruht beispielweise das Citrongelb von *Rhodocera rhamni* L. und das Rotgelb von *Pieris cardamines* L.

Die zweite Farbengruppe bilden die optischen Farben. Es ist meistens schwer zu entscheiden, auf welchen physikalischen Vorgängen die optischen Farben der Schmetterlingsschuppen beruhen. Gestützt auf den feineren Bau derselben ist man zur Annahme geneigt, dass in erster Linie die Schuppen-Skulpturen der farbigen Reflexion des weissen Lichtes dienen. Es wären also hier die gleichen Verhältnisse gegeben, wie man sie bei den Farbenerscheinungen schief geschnittener und fein polierter Perlmutterplättchen beobachten kann. Vermutlich lässt sich die Schillererscheinung von Apa-

tura Iris L. auf diese Art und Weise erklären. Diese Farben verändern sich bekanntlich mit der Richtung der einfallenden Lichtstrahlen; sie können sogar ganz verschwinden und dann einer ganz anderen Farbe und zwar einer Pigmentfarbe Platz machen. Bei einer Reihe von anderen optischen Farben, wie z. B. beim Blau der Lycænid, Papilionid, Morphid und Ornithopteren, ferner beim Violett und Grün dieser Falter sind die Skulpturen ohne Bedeutung; denn wenn auch die Einfall-Richtung der Lichtstrahlen verändert wird, findet trotzdem kein Farbenwechsel statt. Ferner sind Fälle bekannt, bei denen prächtige, optische Farben auftreten, bei fehlenden oder nur sehr spärlich entwickelten Skulpturen, während umgekehrt bei Schuppen mit typischen Skulpturen Interferenz-Erscheinungen fehlen. Für die Erklärung dieser Erscheinungen müssen wohl die „Farben dünner Plättchen“ und die „Farben trüber Medien“ herangezogen werden. Solche Farben von Schmetterlingsschuppen lassen sich wohl auf dieselbe optische Grundlage zurückführen, wie die optischen Farben der Seifenblasen und Vogelfedern, die Farbe des gebläuten Stahles und die Farben verwitterter Gläser. Diese Farben zeigen sich überhaupt an dünnen, durchsichtigen Schichten jeder Art. Fallen Lichtstrahlen auf eine dünne Schicht, so wird ein Teil derselben an der Oberfläche zurückgeworfen, ein grosser Teil dringt aber in die Schicht ein und wird an der unteren Fläche reflektiert. Die an der unteren Fläche reflektierten Lichtstrahlen folgen den an der Oberfläche zurückgeworfenen nach und vereinigen sich mit ihnen im Auge. Jene aber haben, indem sie die Dicke der Schicht hin und zurück durchliefen, eine Verzögerung

erlitten und zwar eine um so grössere, je dicker die Schicht ist. Nun ist aber allgemein bekannt, dass das Licht in einer Wellenbewegung besteht. Es werden sich also zwei zusammentreffende Lichtstrahlen entweder gegenseitig aufheben oder verstärken, je nachdem ihr Gang-Unterschied eine ungerade oder gerade Anzahl von halben Wellenlängen ausmacht. Man weiss aber ferner, dass die Wellenlängen der im weissen Licht enthaltenen Farben verschieden sind. Ist nun die Dicke der Schicht z. B. derart, dass der Gang-Unterschied anderthalb Wellenlängen des grünen Lichtes beträgt, so werden die längeren roten Wellen nur um eine, die kürzeren violetten Wellen aber um zwei Wellenlängen verzögert. Die grünen Strahlen löschen sich daher gegenseitig aus, die roten und violetten aber nicht und die dünne Schicht zeigt eine aus Rot und Violett gemischte Purpurfarbe. Je nach der Dicke der Schicht werden immer andere Farben aus dem zurückgeworfenen Licht getilgt und dadurch die mannigfaltigsten Farbenmischungen hervorgebracht. Ist die durchsichtige Schicht nicht überall gleich dick, so erscheint sie vielfarbig. Bei weissen und silberfarbenen Schuppen kommen auch Luftschichten in Betracht. Durch „trübe Medien“ entstehen beispielsweise das Blau der Haut-Venen, die Farbe blauer Augen.

Es lassen sich leicht zweierlei Arten von optischen Farben unterscheiden. Zu der einen Art gehören solche, welche durch die besonderen Verhältnisse einer Schuppe entstehen, und zur anderen Art solche, zu deren Erzeugung zwei Schuppen notwendig sind. Bei einer Blaufärbung bestehen die Grundbedingungen darin, dass eine dünne durchsichtige Schicht über einer dunklen

undurchsichtigen Farbstoff-Unterlage liegt. In den einen Fällen sind beide Schichten in einer und derselben Schuppe vereinigt, in anderen Fällen entspricht jeder der beiden Schichten eine besondere Schuppe. An der Hand verschiedener Beispiele sollen die hauptsächlichsten optischen Farben erörtert werden.

Das glänzende Blau unserer einheimischen Lycæ-niden ist eine Farbe, welche auf optischem Wege zustande kommt und zwar durch Schuppen, welche aus zwei verschiedenen Schichten bestehen. Diese farbenprächtigen Schmetterlinge besitzen längsgestreifte Schuppen, welche die normale dachziegelige Anordnung aufweisen. Die oberste Chitinschicht ist farblos und durchsichtig und ruht auf einer, durch ein körniges Pigment gefärbten Chitinplatte. Die Farbe tritt am intensivsten an der Schuppenspitze auf und nimmt nach der Schuppenbasis hin allmähig ab, so dass diese nur noch ein mattes Grau zeigt. Je nach der Richtung, in welcher die Lichtstrahlen auf die Schuppen fallen, erscheint entweder nur der vordere Teil oder nur die Basis oder nur die mittlere Partie der Schuppe in hellblauem Glanze; die übrigen Partien sind glanzlos und dunkelgrauschwarz gefärbt. Dieses auffallende Verhalten der Schuppen rührt daher, dass dieselben sowohl in ihrer Längs- als auch in ihrer Querrichtung nach unten gebogen sind. Am stärksten tritt die Biegung in der vordern Schuppenhälfte auf. Aus dieser Tatsache erklären sich auch die verschiedenen Farbenabstufungen, welche man auf den Flügeln des flatternden Falters beobachten kann. Je nach der Flügelstellung fallen die Lichtstrahlen unter verschiedenen Winkeln auf. Dieses glänzende Blau lässt sich übrigens nur so lange wahr-

nehmen, so lange die Schuppen von Luft umgeben sind; bettet man sie z. B. in Kanada-Balsam ein, so verschwindet das Blau und es zeigt sich nur noch die graue bis dunkelgrauschwarze Pigmentfarbe. Die Interferenz-Erscheinung hört auf, sobald die Schuppen aus Luft in ein flüssiges Medium gebracht werden.

Betrachtet man das Schillerblau von *Apatura Iris* L. genauer, so gewahrt man bald, dass die optischen Verhältnisse bei diesem Falter ganz andere sind. In Luft erscheinen die Schuppen sehr schön blauviolett, wenn die Lichtstrahlen von der Stielseite her einfallen. Die Farbenerscheinung erreicht ihren Höhepunkt, wenn der Einfallswinkel  $45^{\circ}$  beträgt. Wird die Einfallrichtung der Lichtstrahlen verändert, so macht das Blau der wirklichen Schuppenfarbe, welche einen matten, braunen Ton besitzt, Platz. Untersucht man die Schuppe auf ihren feineren Bau, so beobachtet man, dass sie auf ihrer Oberfläche zahlreiche Längsreihen kegelförmiger Höckerchen trägt, welche ein diffuses Pigment enthalten. Die Chitinplatte, welche sich unter den Skulpturen befindet, ist vollkommen farblos und durchsichtig. In diesem Falle steht man vor der eigentümlichen Tatsache, dass die dunkelgefärbte Pigmentschicht über der durchsichtigen Chitinplatte liegt. Es ist somit anzunehmen, dass die Dispersion des Lichtes ihren Sitz in den oberflächlichen Skulpturen hat, in denen dann das bekannte Schillern zu stande kommt.

Das überaus glänzende Blau der Morphiden beruht auf der Zusammenwirkung von zweierlei Schuppen, welche über einander liegen. Als Grundlage dienen sattbraun gefärbte Schuppen, welche eine feine Längs- und Querstreifung aufweisen. Darüber sind durchscheinende,

blassrötliche Schuppen gelagert, die sich durch auffallend grobe Längs- und Querstreifen auszeichnen. Hier erzeugen die Pigmentschuppen mit ihrer Oberseite ein wunderschönes optisches Blau. Vermutlich zeigen die durchscheinenden Schuppen, welche über den Pigmentschuppen gelagert sind, an ihrer Oberseite eine dünne, durchsichtige Schicht. Diese Schuppen vermögen somit für sich allein auf dem dunklen Untergrund Farbenercheinungen zu erzeugen. Diese Farben sind aber bei weitem nicht so lebhaft, wie die Interferenzfarben der unteren Schuppenlage. Es liegt daher die Vermutung nahe, dass die oberen durchscheinenden Schuppen nur dazu dienen, die von den Pigmentschuppen ausgehenden Farben zu verstärken und auf diese Weise den ausserordentlich lebhaften Glanz dieser Schmetterlinge hervorzubringen.

Das glänzende Silberblau von *Papilio asterias* wird durch zwei übereinander geschichtete Schuppenarten bedingt. Die untere Schuppenlage wird durch dunkelbraune Schuppen gebildet; die Schuppen der oberen Lage sind farblos, durchsichtig und mit deutlichen Längsstreifen versehen. Das Entstehen des optischen Blau liegt ohne weiteres klar; es findet sich über einer dunklen Farbstoffunterlage eine dünne, durchsichtige Schicht.

Das prächtige Violett von *Kallima rumia* erscheint, unter spitzem Winkel betrachtet, hellgrau. An dem Zustandekommen dieser Farbenercheinung sind wieder zweierlei Schuppen beteiligt. Die Schuppen der unteren Lage sind durch ein diffuses Pigment dunkelbraun gefärbt; sie sind sehr dicht zusammengedrängt und überragen sich häufig mit ihren Seitenrändern. Über diesen Schuppen finden sich grosse, farblose, meist stark durchscheinende Schuppen, die unter sich häufig Lücken

offen lassen. In dieser Schuppenlage findet offenbar die Erzeugung des glänzenden Violetts statt, welches durch die optische Farbe der unteren Schuppenlage noch verstärkt wird. Beide Schuppenarten sind auffallend reich an feinen Skulpturen, so dass die Vermutung nahe liegt, dieselben seien bei der Erzeugung der Interferenz-Erscheinungen ebenfalls tätig.

Im Anschluss an die aufgeführten Fälle, bei denen der Farbeffekt auf dem Vorhandensein zweier verschiedener Schuppenlagen beruht, seien hier auch noch einige Fälle jener Farbenercheinungen erwähnt, deren Ursache in der Kombination von Pigmentfarben und optischen Farben zu suchen ist. Durch seine Intensität und Schönheit zeichnet sich das Seidenblau von *Papilio ulysses* aus. Man kann auf den Flügeln dieses Falters zwei Schuppenlagen erkennen. Die untere Lage wird aus zahlreichen, dichtgedrängten Schuppen gebildet, welche eine deutliche Längsstreifung erkennen lassen und durch Pigmentkörner schwarzbraun gefärbt erscheinen. Darüber liegen in lückenhaftem Zusammenhang grössere, orange bis rotorange gefärbte Schuppen, welche schon bei schwächerer Vergrößerung deutliche Skulpturen erkennen lassen. Das gelbrote Pigment ist in der Chitinplatte eingelagert. Das Interferenzblau dieses Schmetterlings erhält durch die gefärbte obere Schuppenlage den Stich ins Grüne.

Die Männchen der Pieridenart *Callosune Jalone* Butl. besitzen an der Spitze ihrer Vorderflügel eine schillernde, rötlich-violette Färbung. Dieser auffallende Farbeffekt kommt folgendermassen zu Stande: auf dunkelgrauem Schuppen-Untergrunde treten zweierlei Schuppenarten nebeneinander auf. Die grosse Mehr-

zahl gehört der einen Schuppenart an und ist rötlich-violett gefärbt. Zwischen diesen Schuppen treten in geringerer Zahl solche auf, die in einem prachtvollen tiefen Blau aufleuchten. Die rötlich-violetten Schuppen enthalten zahlreiche, unregelmässig geformte, karmin- bis rosenrot gefärbte Pigmentkörner. Gleichzeitig erzeugen sie auch auf optischem Wege Blau; aus der Kombination dieser beiden Farben resultiert das Rötlich-violett. Die tiefblau gefärbten Schuppen zeigen in ihrer Chitinplatte überaus zahlreiche schwarzgraue Pigmentkörner und darüber lagert sich eine farblose, durchsichtige Schicht. Die blaue Farbe dieser Schuppen verdankt ihre Entstehung zweifellos der Interferenz des Lichtes. Das schillernde Rötlich-violett der Vorderflügelspitzen dieser Falter ist somit eine Kombination rotvioletter und blauer Schuppen.

Wohl einer der schönsten Tagschmetterlinge ist der in Neu-Süd-Wales fliegende Ornithoptera Priamus, var. Richmondia Gray. Auffallend sind die glänzenden, smaragdgrünen Streifen und Flecken auf samtschwarzem Grunde. Die Ursachen des prächtigen Farbenglanzes dieses Falters sind folgende: Der ganze Vorderflügel ist dicht mit dunkelgefärbten Schuppen besetzt. An den smaragdgrün glänzenden Stellen sind diesen Grundschuppen eine Schicht hochrot- bis orangefarbener Schuppen überlagert; sie zeigen zahlreiche, zarte, sehr dicht gestellte Längsstreifen. Der rote Farbstoff rührt von einem diffusen Pigment her, welches in allen Schichten der Schuppe enthalten ist, mit Ausnahme der dünnen untersten Schichtlage. Man hat es hier mit einer ähnlichen Erscheinung zu tun, wie sie bei Callosune vorliegt; ein gelber bzw. orangefarbener



Pigmentfarbstoff tritt mit Interferenz-Blau in Verbindung und zwar entsteht dieses Blau in der pigmentierten, gelben Schuppe selbst; die samtschwarze Beschuppung bildet den dunklen reflektierenden Hintergrund. Das Resultat dieser Farbmischung ist das prachtvolle Smaragdgrün dieses Falters. Auf ähnlichen Verhältnissen beruhen die prachtvollen Farbeffekte von Ornithoptera Priamus var. Crœsus Wall. Bei beiden Priamus-Abarten verändern sich die Farben je nach der verschiedenen Einfallrichtung der Lichtstrahlen. Das prächtige Grün des Priamus var. Richmondia geht, unter spitzem Winkel betrachtet, in Kupferrot über; das glänzende Goldgelb von Priamus var. Crœsus erscheint unter spitzem Winkel graugrün. Ähnlich wie bei den Lycæniden beruht auch hier dieser Farbenwechsel auf einer Biegung der Schuppen. Dieselben sind bei beiden Varietäten sowohl in ihrer Längs- als auch in ihrer Querrichtung nach unten gebogen. Diese Krümmung ist vielfach so bedeutend, dass beim blossen Auflegen des Deckglases die meisten Schuppen zerbrechen.

Im Anschluss hieran seien auch noch jene wenigen Fälle erwähnt, bei denen die Schuppen Goldglanz erzeugen. Diese Erscheinung lässt sich am schönsten bei einigen Arten der Plusiiden beobachten, so beispielsweise bei *Plusia chrysitis* L. Dieser Falter zeigt am Aussenrande der Vorderflügel eine breite Binde, welche sich durch ihren Goldglanz auszeichnet. Dieser typische Glanz ist nur zu beobachten, wenn der Einfall der Lichtstrahlen unter spitzem Winkel erfolgt. Fallen die Lichtstrahlen senkrecht auf, so verschwindet der Glanz. Untersucht man die Schuppen der betreffen-

den Glanzstellen in Luft, so erscheinen sie im durchfallenden Lichte eigentümlich blaugrau. Im auffallenden Lichte lassen sich gelbe Längsstreifen erkennen. Vermutlich liegt die Ursache dieser Erscheinung in der eigentümlichen Form dieser Schuppen. Dieselben sind zunächst nach Art der Hohlziegel gekrümmt und zudem ist die gekrümmte Schuppenfläche noch wellblechartig gefaltet. Sie wird von zahlreichen Längsstreifen durchzogen, welche infolge der eigentümlichen doppelten Krümmung der Schuppenfläche nicht alle gleichzeitig scharf gesehen werden können, da sie gruppenweise in verschiedenen Ebenen liegen. Werden die Schuppen mit Alkohol behandelt, so erscheinen sie diffus gelb gefärbt und zwar ist die Schuppen-Substanz der eigentliche Träger der Farbe. Diese Farbe, im Verein mit der in der Schuppe eingeschlossenen Luft, welche unter Umständen eine totale Reflexion des Lichtes hervorbringen kann, erzeugt vermutlich den prächtigen Goldglanz.

Nachdem die Formen- und Farbenverhältnisse der Schmetterlingsschuppen im wesentlichsten dargetan worden sind, liegt es sehr nahe, die Frage zu erörtern, welches die Ursachen gewesen sein mögen, die zur Entwicklung von Schuppen auf den Flügeln der Lepidopteren geführt haben. Da die Schuppen dem Schmetterling keineswegs beim Fluge behülflich sein können, da sie aber auch keine Bedeutung als Stütze oder Befestigung der Flügel-Membran besitzen, scheint die Annahme vollauf berechtigt, dass sie lediglich als Farben-träger zu betrachten sind.

Eine besondere Bedeutung und Funktion kommt wohl den an und für sich farblosen Tüpfel- und Feder-

buschschuppen der Lycænidien und Pieriden zu. Es ist eine bekannte Tatsache, dass eine Anzahl Schmetterlinge zu duften vermögen. Namentlich sind es die männlichen Individuen, die einen mehr oder weniger starken Geruch verbreiten können. So riechen beispielsweise die Männchen der Kohlweisslinge nach Rettigen oder Raps, diejenigen der Totenköpfe nach Kartoffelkraut. Zur Bereitung des Duftstoffes dienen besondere Drüsen, welche häufig in den Flügeln liegen. Als Verbreiter des duftenden Sekretes dienen meistens Flügelschuppen, die eine zweckentsprechende Umgestaltung erfahren haben; sie werden als Duftschuppen bezeichnet. Bei den Lycænidien wechselt z. B. je eine Reihe von Duftschuppen mit einer solchen gewöhnlicher Schuppen ab. Sie haben die Gestalt eines kleinen Löffelchens, dessen mit Rinnen, Säulchen und Stegen versehene und dadurch stark vergrösserte Konkavfläche eine zweckmässige Verdunstungsschale darstellt. Die Duftschuppen der Pieriden endigen meist in einem Büschel feinsten Haare, welche dem duftenden Sekrete eine grosse Verdunstungs-Oberfläche bieten. Die Bedeutung dieser Schuppenmodifikationen ist unschwer zu erraten; sie stellen Organe dar, welche zu möglichst rationeller Verbreitung des Drüsen-Sekretes dienen. Das Sekret selbst wird in den einen Fällen ein Lockmittel, in anderen Fällen ein Schutzmittel gegenüber Feinden darstellen.

„Kleine Ursachen, grosse Wirkungen.“ Dieses bekannte Sprichwort findet seine volle Bestätigung, wenn man dasselbe auf die Schuppen der Schmetterlinge anwendet. Als winzig kleine, unscheinbare Stäubchen präsentieren sie sich dem unbewaffneten Auge. Trotz ihrer geringen Grösse und Unscheinbarkeit sind sie doch

im stande, die wunderbaren Farbeneffekte, welche man an den meisten Schmetterlingen bewundert, hervorzuzaubern.

Zum Schlusse sei es mir noch gestattet, allen denen, die mir in zuvorkommendster Weise bei der Ausführung dieser Arbeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Insbesondere bin ich Herrn Emil Bächler, Konservator am städtischen Museum, und Herrn Günther Morgenroth für die gütige Überlassung des aus ihren reichhaltigen Sammlungen ausrangierten Materials zu grossem Danke verpflichtet.

### Verzeichnis der benützten Literatur.

Adolf, G. E.

„Über Insektenflügel.“ Nova Acta Leopold. Carol. 1880.

Baer, M.

„Über Bau und Farben der Flügelschuppen bei Tagfaltern.“  
Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Band 65. 1899.

Bergé, M.

„Über die Metallfarben bei den Insekten.“ Annales de la  
Société entomologique de Belgique T. XXXI. 1887.

Biedermann, W.

„Die Schillerfarben bei Insekten und Vögeln.“ Jena, 1904.

Brücke, E.

„Physiologie der Farben.“ 2. Aufl. 1887.

„Über den Metallglanz.“ Sitzungsberichte der Akademie der  
Wissenschaften in Wien. Bd. LIII. 2. Abt.

„Über Federfarben.“ Sitzungsberichte der Akademie der  
Wissenschaften in Wien. Bd. XLIII. 2. Abt.

Goureau.

„Mémoire sur l'irisation des ailes des insectes.“ Ann. de la  
Soc. Entom. France. Sér. 2. T. I. 1843.

Griffiths, A. B.

„Recherches sur les couleurs de quelques insectes.“ Compt. rend. Acad. Paris, T. CXV. 1892.

Hatschek, B.

„Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Lepidopteren.“ Jena'sche Zeitschrift. Bd. 11. 1877.

Illig, G.

„Duftorgane der männlichen Schmetterlinge.“ Stuttgart 1902.

Kesselhoit.

„De squamis Lepidopterorum.“ Dissert. Bonnæ 1860.

Landois, H.

„Entstehung des Schmetterlingsflügels.“ Zeitschrift f. wissenschaftliche Zoologie.

Linden, M. v.

„Untersuchungen über die Entwicklung der Zeichnung des Schmetterlingsflügels in der Puppe.“ Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. 65. 1899.

„Neue Untersuchungen über die Entwicklung der Schuppen, Farben und Farbmuster auf den Flügeln der Schmetterlinge und Motten.“ Biolog. Zentralblatt. Bd. 18.

Leydig, F.

„Über den feineren Bau der Arthropoden.“ Archiv für Anatomie und Physiologie. 1856.

„Zur Anatomie der Insekten.“ Archiv für Anatomie und Physiologie. 1859.

Mayer.

„Staub der Schmetterlingsflügel.“ Allgem. medicin. Zentralzeitung 1860.

Mayer, A. P.

„On the color and colorpatterns of moths and butterflies.“ Cambridg. Mass. U. S. A. 1897.

Schneider, R.

„Die Schuppen an den verschiedenen Flügel- und Körperstellen der Lepidopteren.“ Inaugural-Dissertation. Halle. 1878.

Semper, C.

„Beobachtungen über die Bildung der Flügel, Schuppen und Haare bei Lepidopteren.“ Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. VIII. 1857.

Spuler, A.

„Die Schmetterlinge Europas.“ 3. Aufl. 1902.

Spuler, A.

„Zur Kenntnis der Schmetterlingsschuppen.“ Sitzungsbericht der physik.-med. Soc. Erlangen. 26. Heft. 1895.

„Beitrag zur Kenntnis des feineren Baues und der Phylogenie der Flügelbedeckung der Schmetterlinge.“ Zoologisches Jahrbuch Spengel. Bd. VIII.

„Zur Phylogenie der einheimischen *Apatura*-Arten.“ Stettiner entomologische Zeitung. 1890.

Staudinger, O.

„Exotische Schmetterlinge.“ I. Teil. 1888.

Tetens, H.

„Mikroskopische Unterschiede der Flügelschuppen in Korrelation mit Farbendifferenzen.“ Berliner entomologische Zeitung. Bd. XXXIX.

Urech, F.

„Beiträge zur Kenntnis der Farbe von Insektenschuppen.“ Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. LVII.

Walter, B.

„Die Oberflächen- oder Schillerfarben.“ Braunschweig. 1895.

### Erklärung der Tafeln.

Es wurden ca. 200 mikrophotographische Aufnahmen von Schuppen der verschiedenen Grossschmetterlinge hergestellt. Zur Herstellung der Photographien dienten ein mittelgrosses Hartnack'sches Mikroskop und eine gewöhnliche photographische Camera. Als Lichtquelle kam Spiritus-Glühlicht in Verbindung mit einem Kondensator zur Verwendung. Aus naheliegenden Gründen kann nur eine sehr beschränkte Anzahl der angefertigten Bilder hier angefügt werden.

#### Tafel I.

Fig. 1. *Argynnis Niphe*, L. *Rhopalocera*, Indien. Vorderflügel, Mittelzelle. Die fortsatzlosen Schuppen zeigen dachziegelige Anordnung.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 8. 10 Min.

Vergrößerung: 1:320 linear.

Fig. 2. *Lycæna Damon*, Schiff. *Rhopalocera*, einheimisch. Grünblauer Bläuling. Flügelrand des Hinterflügels, die langgestreckten freien Randschuppen zeigend.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 5. 10 Min.

Vergrößerung: 1:140 linear.

**Tafel II.**

Fig. 1. *Zeuzera pyrina*, L. Heterocera, einheimisch. Blausieb.  
Hinterflügel, Mittelfeld.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 5. 18 Min.

Vergrößerung: 1:140 linear.

Fig. 2. *Doritis Apollo*, L. Rhopalocera, einheimisch. Apollo.  
Vorderflügel: Grenze eines Augenfleckes.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 5. 20 Min.

Vergrößerung: 1:140 linear.

**Tafel III.**

Fig. 1. *Acherontia atropos*, L. Heterocera, einheimisch. Totenkopf. Vorderflügel, Mittelfeld.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 7. 15 Min.

Vergrößerung: 1:240 linear.

Fig. 2. *Acherontia atropos*, L. Vorderflügel, Wurzelfeld.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 7. 15 Min.

Vergrößerung: 1:240 linear.

**Tafel IV.**

Fig. 1. *Papilio Machaon*, L. Rhopalocera, einheim. Schwalbenschwanz. Schuppen des Hinterleibes.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 5. 10 Min.

Vergrößerung: 1:140 linear.

Fig. 2. *Papilio Machaon*, L. Hinterflügel, Haftfeld. Asymmetrische Schuppen.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 7. 10 Min.

Vergrößerung: 1:240 linear.

**Tafel V.**

Fig. 1. *Caligo Livius*, Stgr. Rhopalocera, Brasilien. Vorderflügel, Mittelzelle.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 5. 15 Min.

Vergrößerung: 1:140 linear.

Fig. 2. *Aglia tau*, L. Heterocera, einheimisch. Tau-Spinner. Vorderflügel, Wurzelfeld. Die Schuppen-Skulpturen lassen sich deutlich erkennen.

Hartnack: Ocular 3, Objektiv 8. 20 Min.

Vergrößerung: 1:430 linear.

**Tafel VI.**

Fig. 1. *Panthea cœnobita*, L. Heterocera, einheimisch. Hinterflügel, Wurzelfeld.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 5. 15 Min.

Vergrößerung: 1:140 linear.

Fig. 2. *Biston hirtarius*, Cl. Heterocera, einheimisch. Vorderflügel, Randfeld.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 5. 18 Min.

Vergrößerung: 1:140 linear.

**Tafel VII.**

Fig. 1. *Gastropacha quercifolia*, L. Heterocera, einheimisch. Kupferglucke. Vorderflügel, Mittelfeld.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 5. 15 Min.

Vergrößerung: 1:140 linear.

Fig. 2. *Cossus cossus*, L. Heterocera, einheimisch. Weidenbohrer. Hinterflügel, Saumfeld.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 5. 6 Min.

Vergrößerung: 1:140 linear.

**Tafel VIII.**

Fig. 1. *Doritis Apollo*, L. Rhopalocera, einheimisch. Apollo. Vorderflügel, Wurzelfeld.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 7. 10 Min.

Vergrößerung: 1:240 linear.

Fig. 2. *Doritis Apollo*, L. Hinterflügel, Hauffeld. Asymmetrische Schuppen.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 7. 12 Min.

Vergrößerung: 1:240 linear.

**Tafel IX.**

Fig. 1. *Acherontia atropos*, L. Heterocera, einheimisch. Totenkopf. Vorderflügel, Mittelfeld. Die Schuppen-Skulpturen sind erkennbar.

Hartnack: Ocular 3, Objektiv  $\frac{1}{12}$  homog. Immersion. 25 Min.

Vergrößerung: 1:650 linear.

Fig. 2. *Catocala sponsa*, L. Heterocera, einheimisch. Karminrotes Ordensband. Hinterflügel, Mittelfeld. Die Schuppen-Skulpturen lassen sich deutlich erkennen.

Hartnack: Ocular 3, Objektiv  $\frac{1}{12}$  homog. Immersion. 23 Min.

Vergrößerung: 1:650 linear.



**Tafel X.**

Fig. 1. *Morpho anaxibia*, Exp. Rhopalocera, Brasilien. Vorderflügel, Saumfeld. Sattbraun gefärbte Schuppen mit überaus feiner Längs- und Querstreifung, ohne Fortsätze.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 5. 12 Minuten.

Vergrößerung: 1:140 linear.

Fig. 2. *Lycæna minima*, Füss. Rhopalocera, einheimisch. Kleiner Kleebläuling. Hinterflügel, Mittelfeld. Tüpfelschuppen.

Hartnack: Ocular 2, Objektiv 8. 10 Min.

Vergrößerung: 1:320 linear.

---

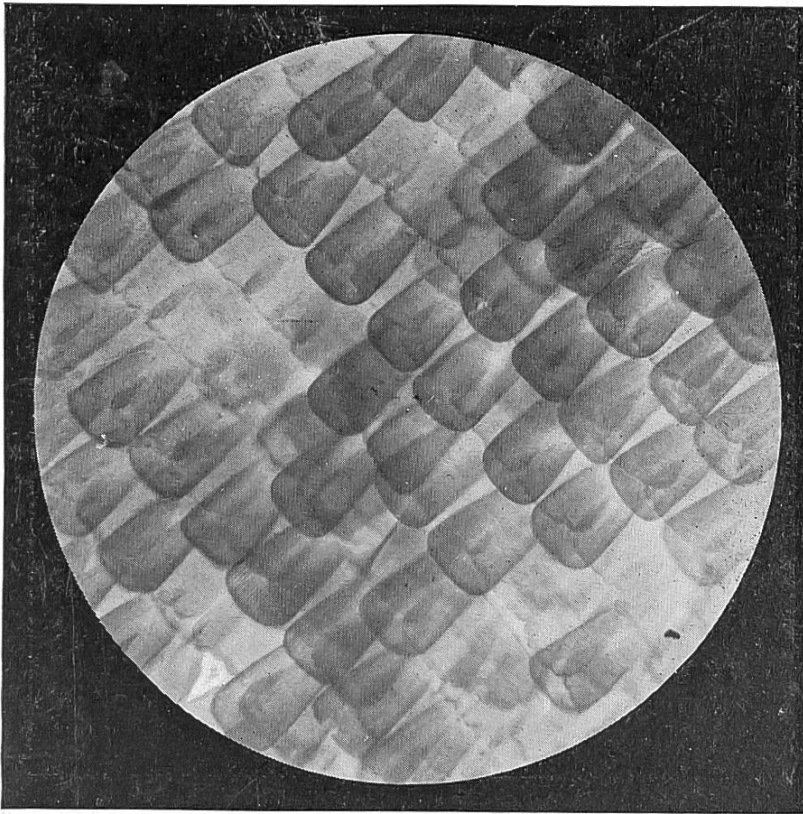


Fig. 1. Argynnis Niphe, L.

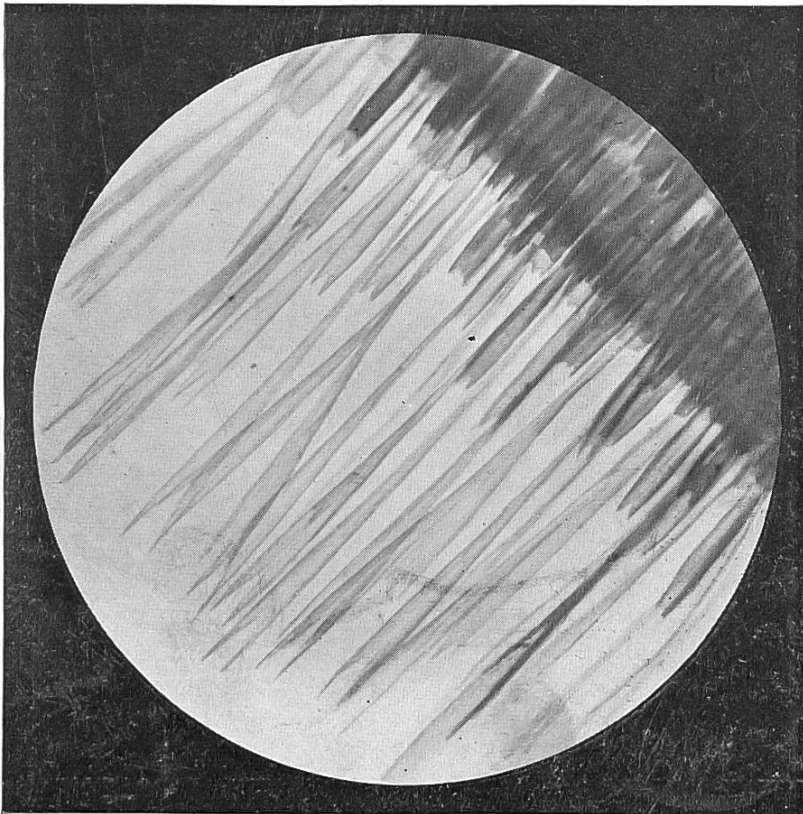


Fig. 2. Lycæna Damon, Schiff. Dreyer fec.

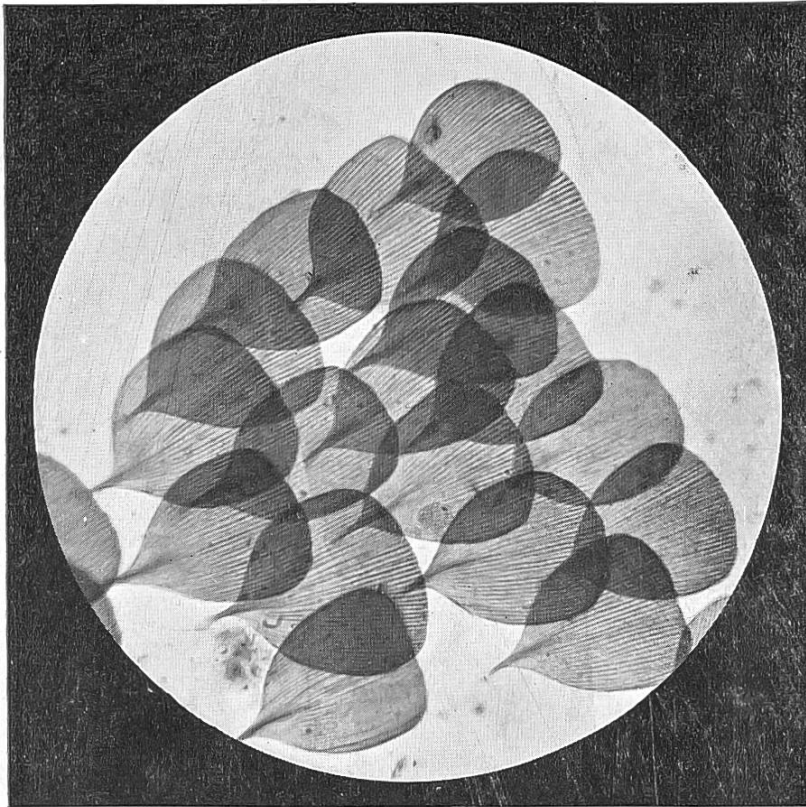


Fig. 1. *Zeuzera pyrina*, L.

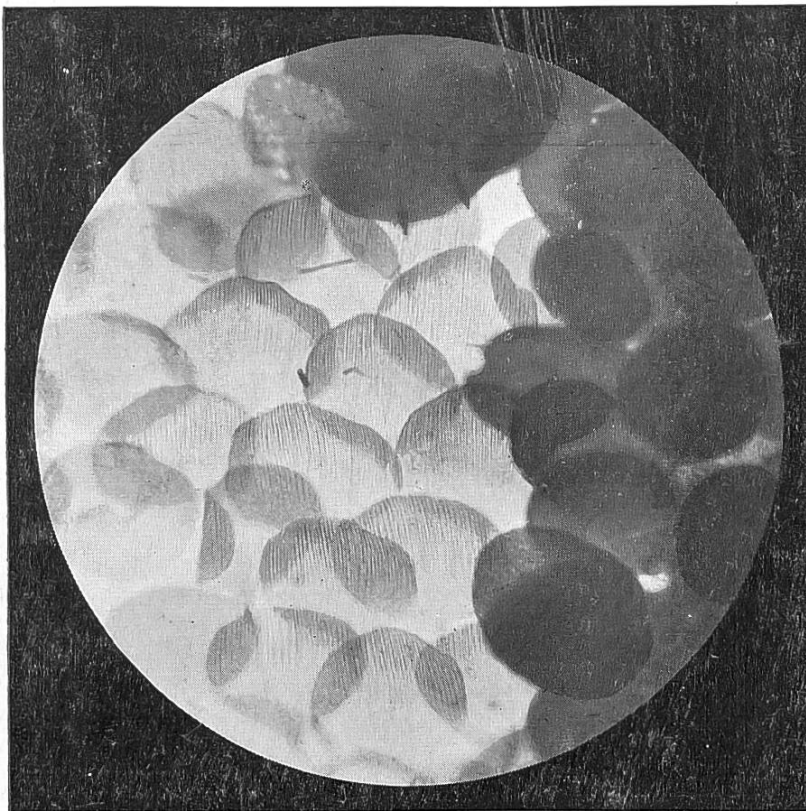


Fig. 2. *Doritis Apollo*, L. Dreyer fec.

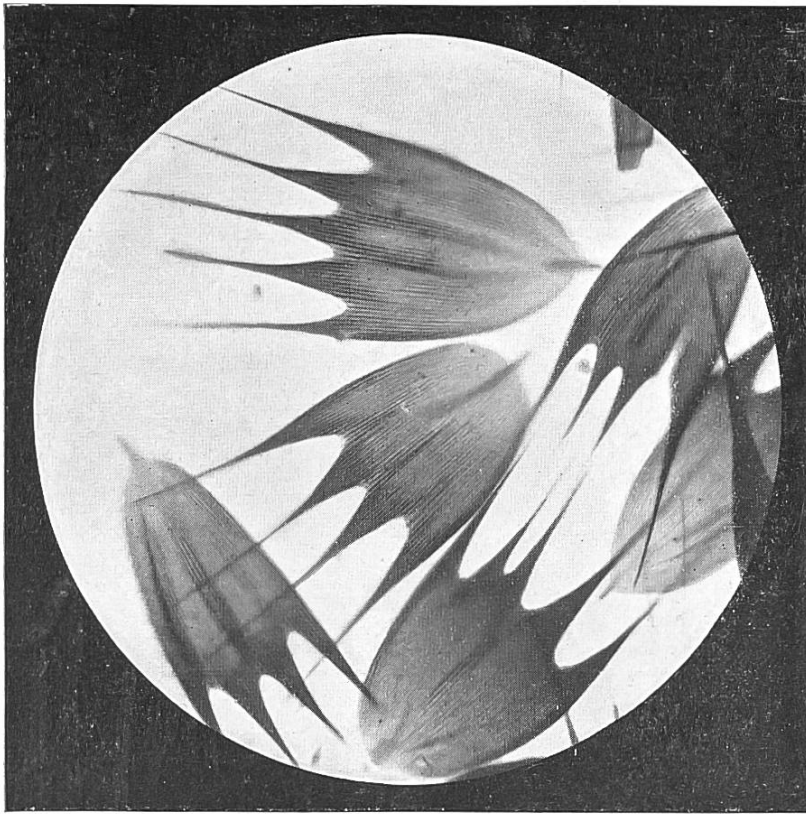


Fig. 1. *Acherontia atropos*, L.

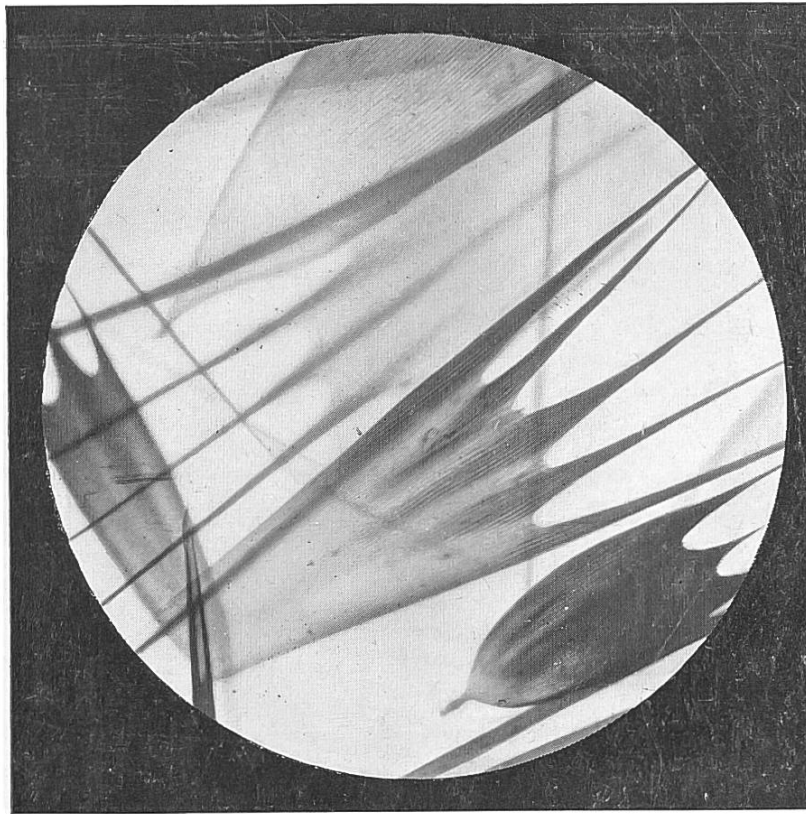


Fig. 2. *Acherontia atropos*, L. Dreyer fec.

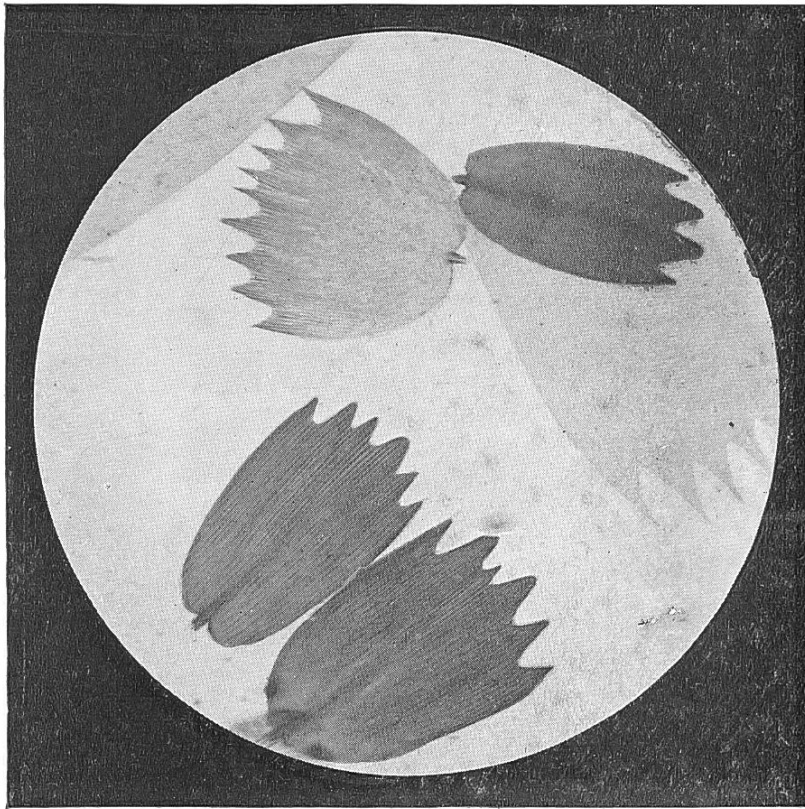


Fig. 1. Papilio Machaon, L.

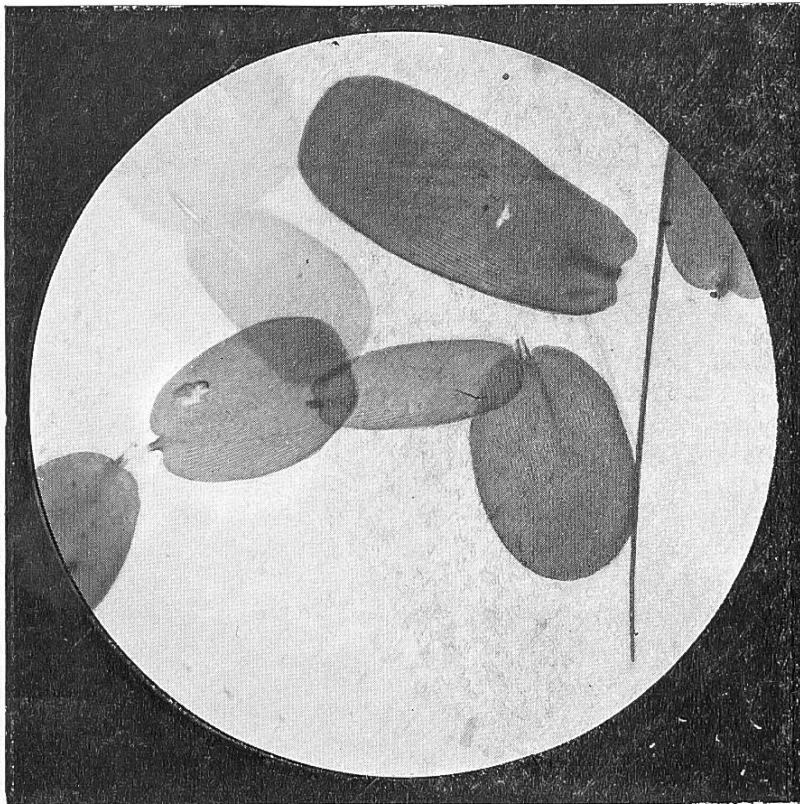


Fig. 2. Papilio Machaon, L. Dreyer fec.

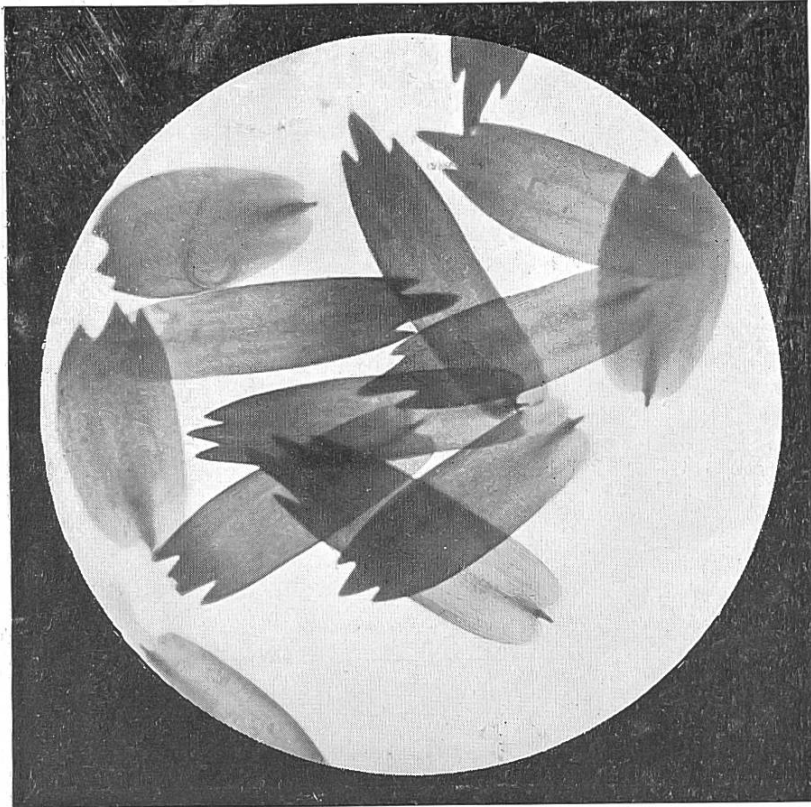


Fig. 1. Caligo Livius, Stgr.

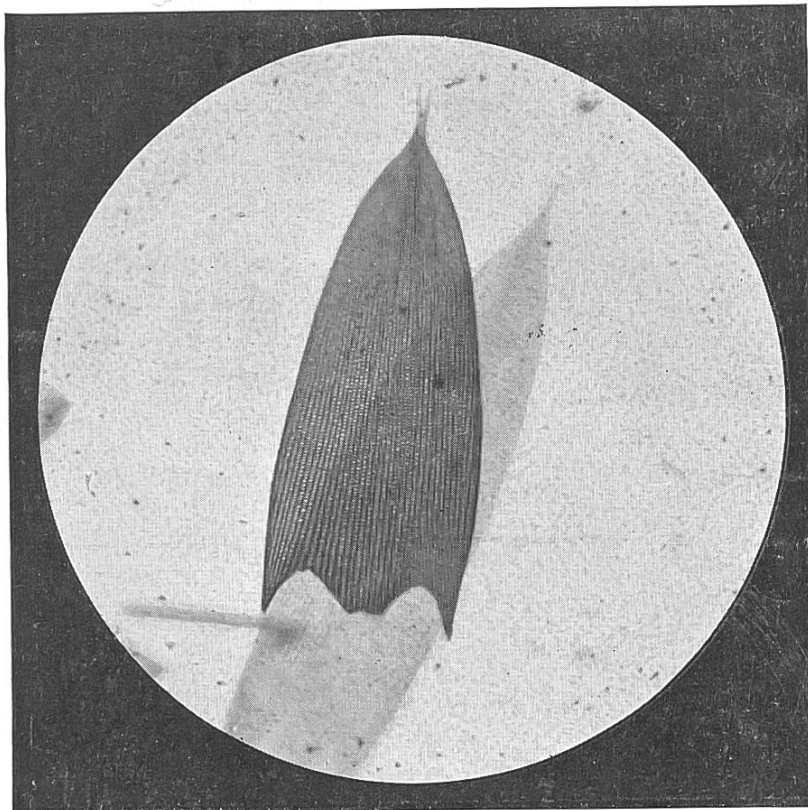


Fig. 2. Aglia tau, L. Dreyer fec.

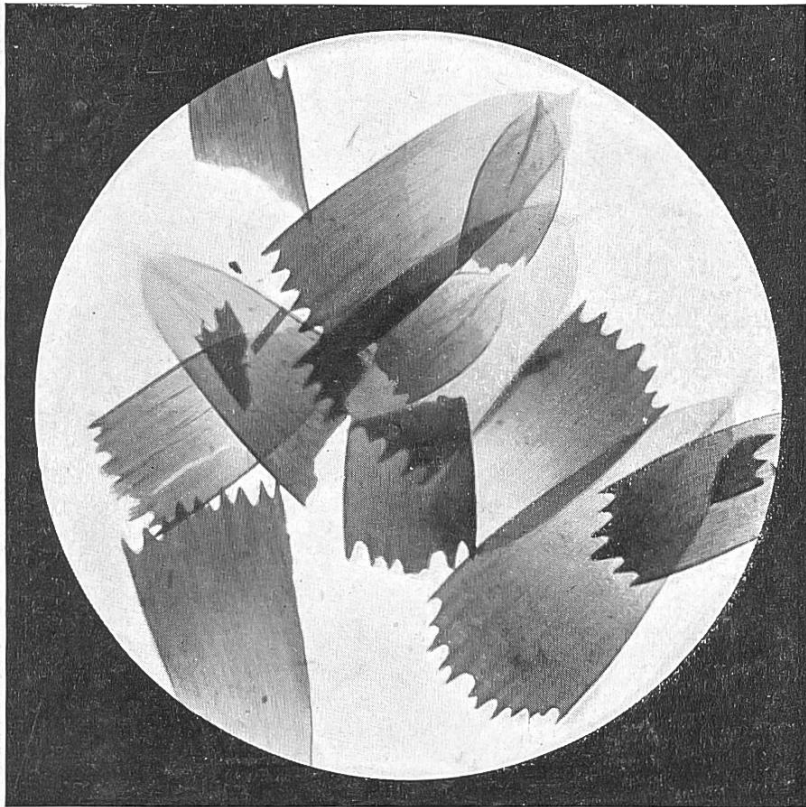


Fig. 1. *Panthea cœnobita*, Esp.

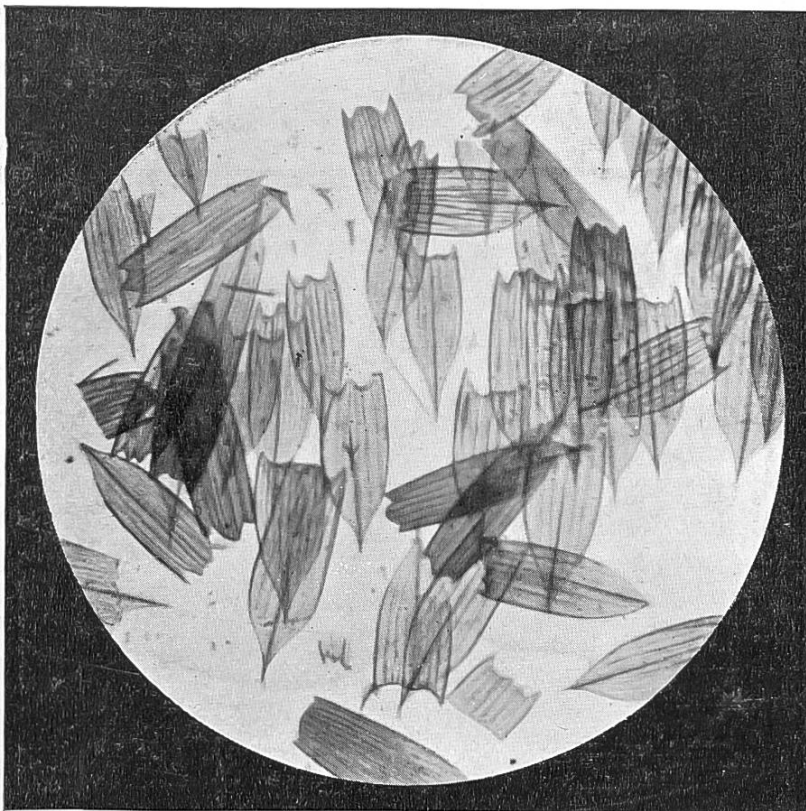


Fig. 2. *Biston hirtarius*, Cl. Dreyer fec.

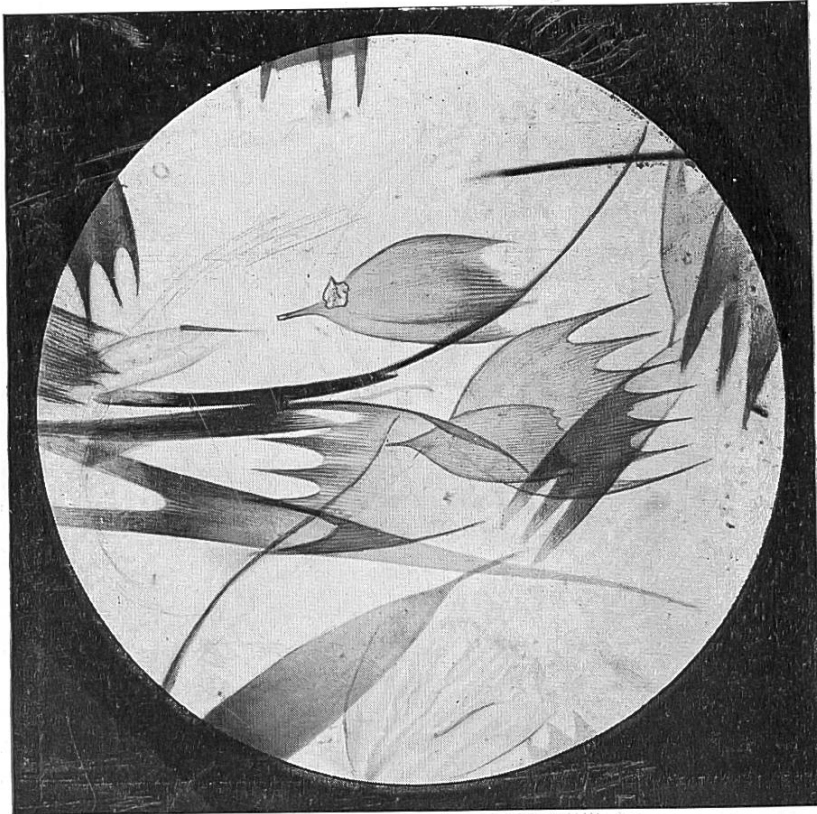


Fig. 1. *Gastropacha quercifolia*, L.

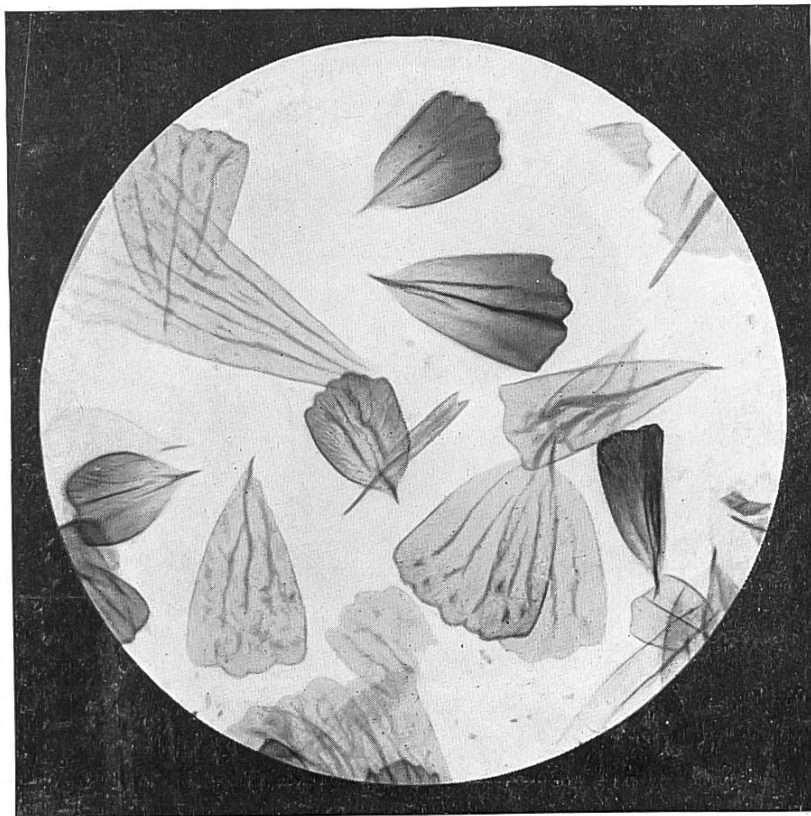


Fig. 2. *Cossus cossus*, L. Dreyer fec.



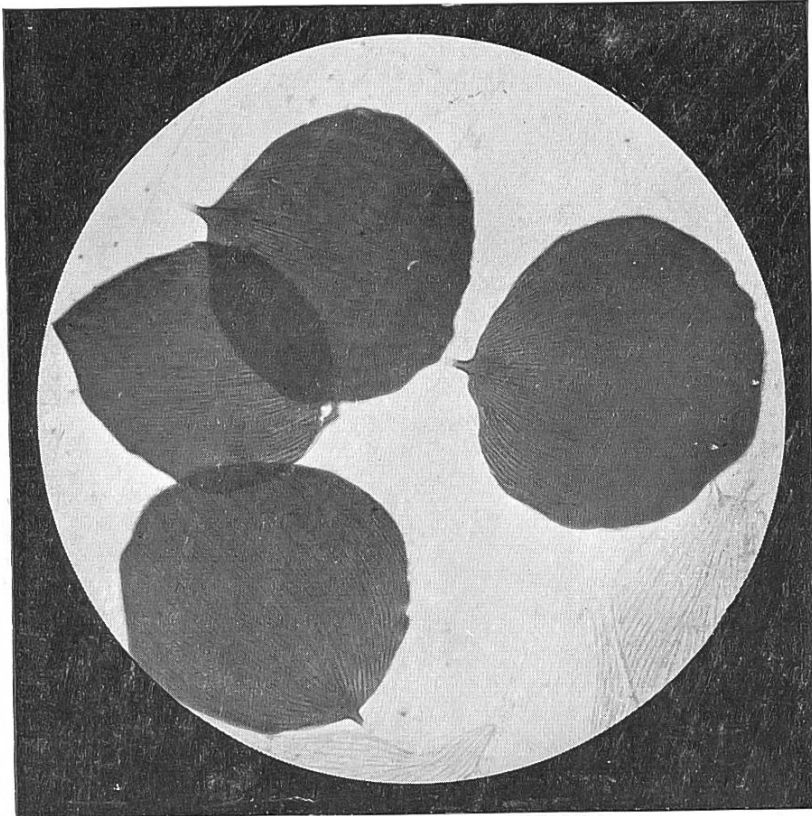


Fig. 1. Doritis Apollo, L.

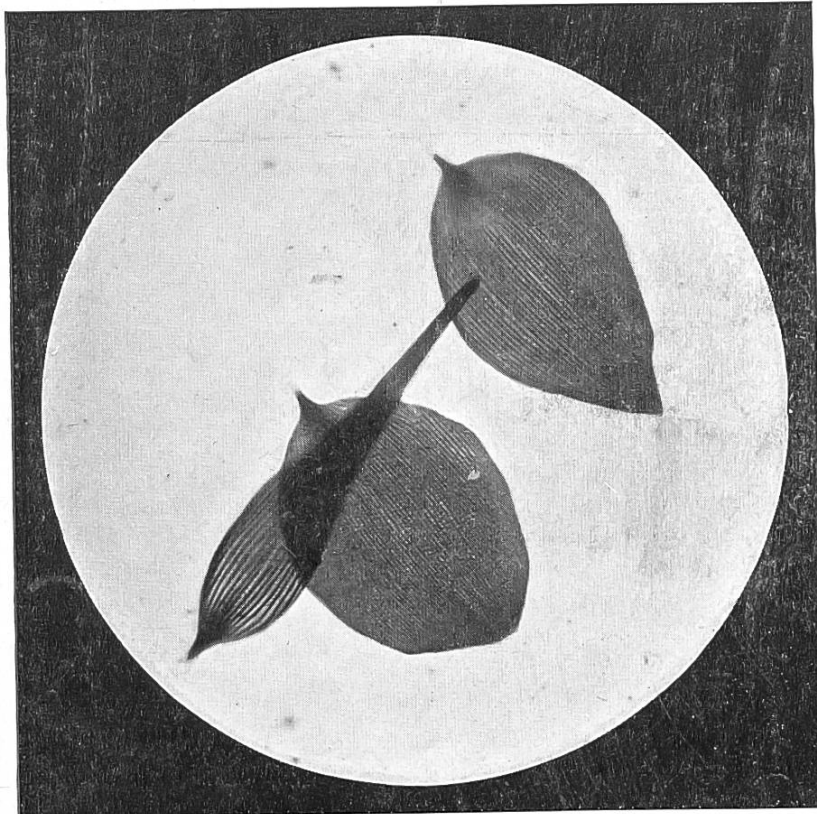


Fig. 2. Doritis Apollo, L.

Dreyer fec.

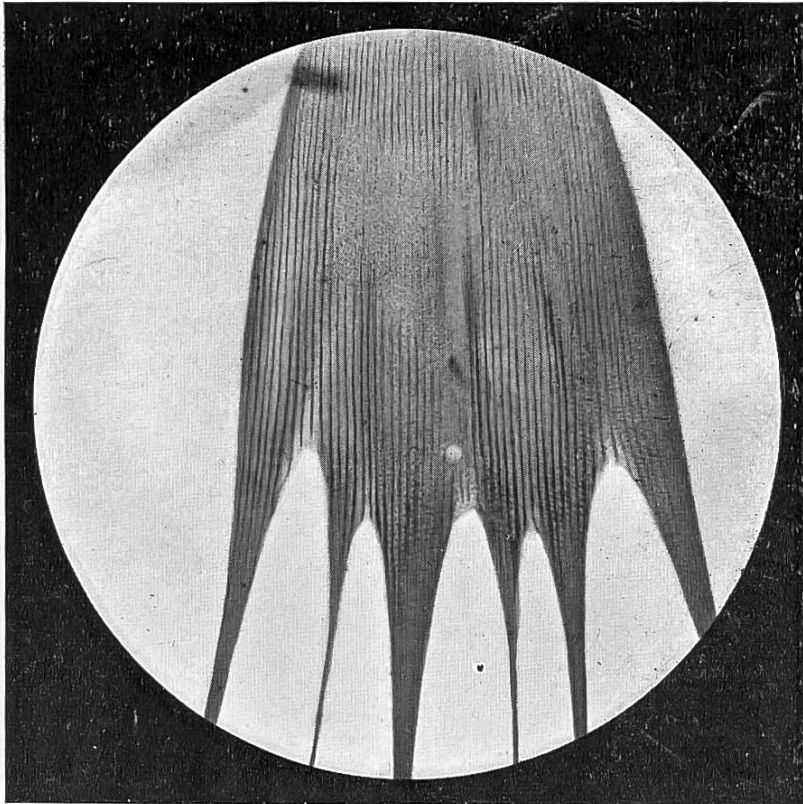


Fig. 1. *Acherontia atropos*, L.

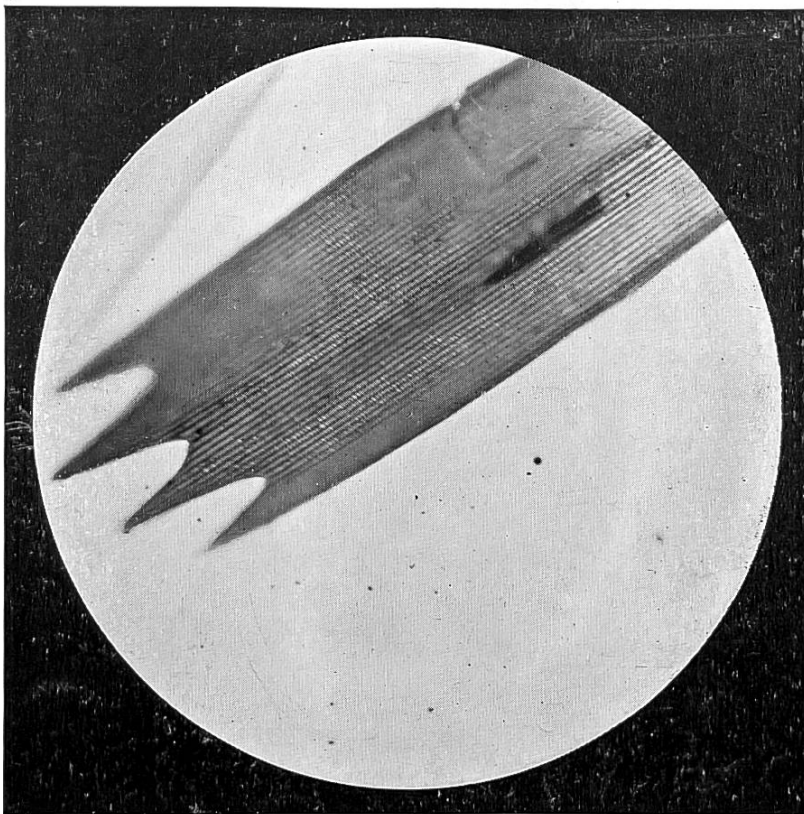


Fig. 2. *Catocala sponsa*, L. Dreyer fec.

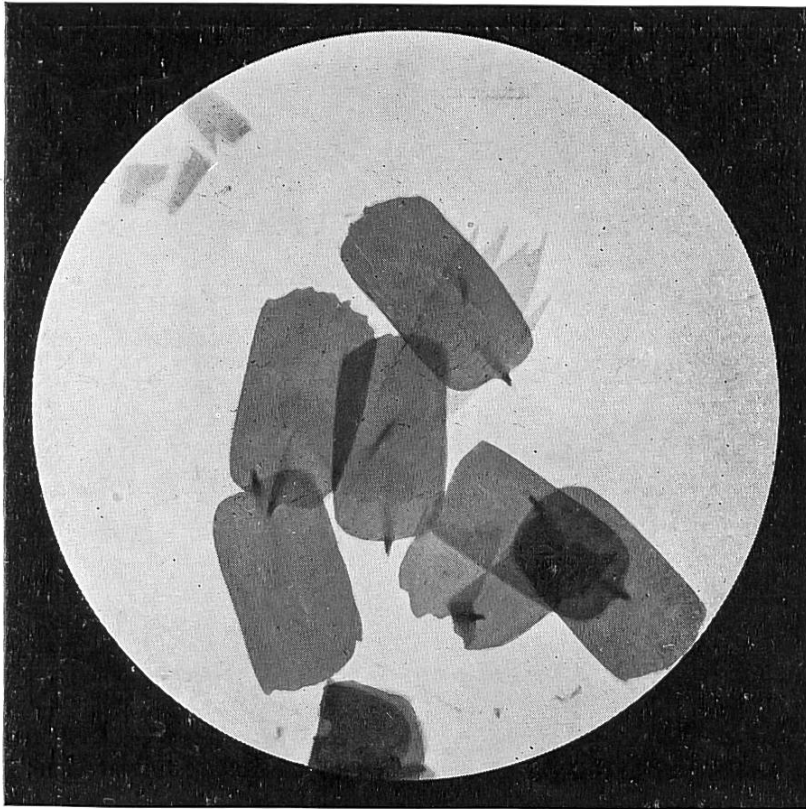


Fig. 1. *Morpho anaxibia*, Esp.

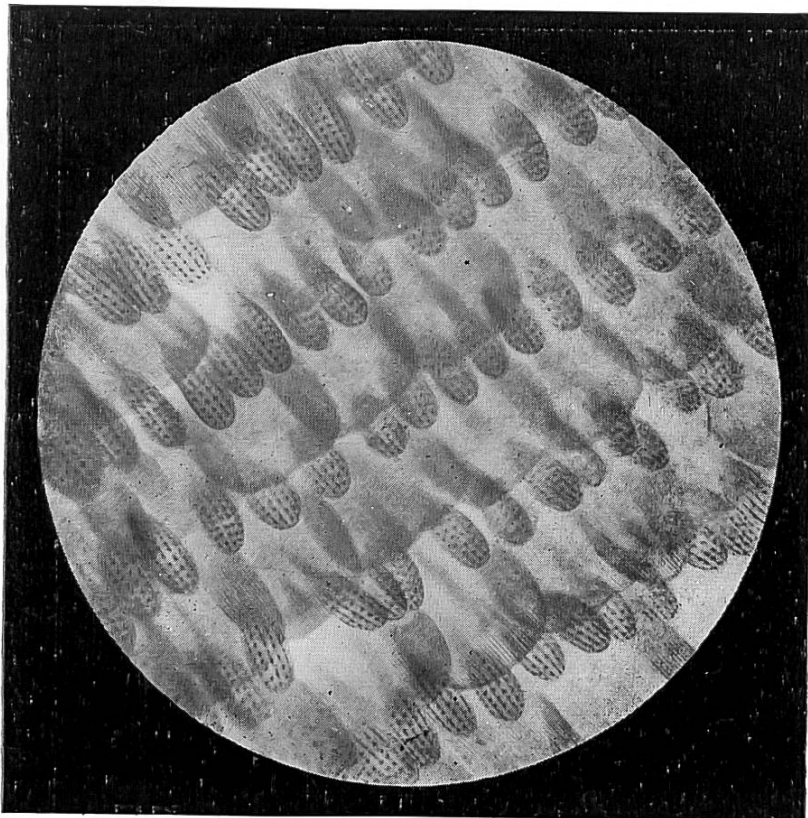


Fig. 2. *Lycæna minima*, Füß. Dreyer fec.