Über die Variabilität des braunen Bärenspinners (Arctia caja L.)

und die Beziehungen desselben zu den ihm nächstverwandten Arctiiden — gleichzeitig ein Beitrag zur Deszendenztheorie.

Von

Kurt Smolian, Riga, Livland.

Mit Tafel XVIII—XXIII und 64 Figuren im Text.

Vorwort.

Im W.-S. 1910/11 erhielt ich durch das Entgegenkommen meines verehrten Lehrers, Prof. Dr. Plate, den Posten eines Assistenten am Phyletischen Museum, welches zu seiner baldigen Eröffnung vieler Arbeitskräfte bedurfte. Ich hatte vorwiegend mit der lepidopterologischen Abteilung zu tun, speziell mit der Ausnutzung der vortrefflichen, variantenreichen Pilzschen Paläarktensammlung. Daher erhielt ich auch das Thema vorliegender Arbeit zur Dissertation, allerdings in etwas weiterer Form.

Es gelang mir bald, Einblick in meine Arbeit zu gewinnen, zugleich aber auch zu erkennen, daß das mir vorliegende Material aus verschiedenen Gründen zur Ausarbeitung eines solchen Themas nicht genügte. Wieder war es mein geschätzter Lehrer, der mir durch Zuwendung eines Stipendiums der P. v. Ritterstiftung es ermöglichte, weiteres Material teils zu beschaffen, teils es persönlich aufzusuchen und durchzuarbeiten.

Von den Sammlungen, die ich durch sein Entgegenkommen besuchen konnte, nenne ich als erste die des Berliner Entomologischen Instituts. Hier war es vor allem Prof. Dr. Brauer und Prof. Dr. Karsch, die mir mit Rat und Tat zur Seite standen. Auch ihnen will ich meinen aufrichtigen Dank aussprechen. Ferner stellten mir, auf Empfehlung des Prof. Dr. M. Standfuss, Herr Fabrikant F. Philipps (Köln a. Rh.) und Herr Architekt M. Daub (Karlsruhe in Baden) ihre wertvollen Sammlungen zur Verfügung, trotzdem ich den Herren nicht immer gelegen kam. Für ihre überaus liebenswürdige Aufopferung seien sie meines aufrichtigen Dankes versichert. Vor allem aber verdanke ich die größte Anregung, den besten Rat und die zuvorkommendste Hilfe dem Altmeister der experimentellen Lepidopterologie Prof. M. Standfuss (Zürich), den persönlich auf-

zusuchen ich die Ehre hatte. Das Notwendigste an vorliegender Arbeit — die Erfahrung — danke ich ihm. Zudem war er der einzige, bei dem ich ein wohlgeordnetes Experimentenmaterial fand. Ihm und seinem lieben Herrn Sohn, Dr. R. Standfuss bin ich den herzlichsten, aufrichtigsten Dank schuldig. Vergessen will ich aber auch nicht Dr. M. Nassauer (Frankfurt a. M.), dessen Sammlung mir nur kurz zu sehen vergönnt war. Ferner sei auch gedacht derer, die mir sonst mit Rat und Tat geholfen, wie u. a. Dr. Harry Federley, Prof. J. Meisenheimer sowie cand. chem. Alfred Irschick, der mir sein Talent zur Verfügung stellte und mir die farbigen Abbildungen zu dieser Arbeit schuf. Allen diesen Herren sei nochmals mein herzlichster Dank zu teil. Auch dem Verlage und der lithographischen Anstalt möchte ich meinen herzlichsten Dank aussprechen, die es sich beide nicht haben sauer werden lassen, der Arbeit ein würdiges, vollendetes Aussehen zu geben.

Die Arbeit wurde aufgenommen und vollendet in Jena im Jahre 1911/12.

Einleitung.

Variabilität, Vererbung und Verwandtschaft — das sind wohl zurzeit die aktuellsten Probleme der modernen Biologie. Soweit wir aber auch die Entwicklung dieses Wissenszweiges zurückverfolgen können, finden wir in größerem oder geringerem Maße diese Fragen als Ursache lebhafter Untersuchung. Zunächst nur in Form einer künstlichen, willkürlichen Systematisierung, etwa wie bei Diogenes von Appolonia, der als erster die Vertebrata und Evertebrata unterschied (L. N. 39, p. 24). Mit Aristoteles, in seiner „Tiergeschichte", werden dann auch schon entwicklungsgeschichtliche Fragen aufgeworfen und damit auch solche über Variabilität, Vererbung und Verwandtschaft. Aber erst mit Linné beginnt die Erkenntnis sich Bahn zu brechen, daß eine künstliche Systematik durch ein natürliches System ersetzt werden muß. Ich verzichte hier weiter darauf einzugehen, wie dieses Ziel nun endlich erreicht wurde und wie obige Probleme allmählich zu begründeten, sicheren Lehrsätzen wurden. Mit Charles Darwin aber begann die Ara der experimentellen Untersuchungen dieser Probleme, wobei nicht mehr die Frage: ob diese drei Erscheinungen auftreten oder nicht, sondern das Warum und Wie in den Vordergrund traten. Bald stellte es sich heraus, daß zur

praktischen Forschung sich nur wenige Tierklassen eignen, und zwar nur solche mit großer und schnell sich entwickelnder Nachkommenschaft. Daher nun kommt es, daß vorwiegend an Lepidopteren oder anderen Arthropoden experimentelle Versuche zur Klärung obiger Fragen angestellt wurden (L. N. 100, p. 2).

Prof. Standfuss sagt darüber (L. N. 100, p. 2): „Die Lepidopteren eignen sich aus mehreren Gründen ganz besonders für dergleichen Studien: einmal kann das Material direkt der freien Natur entnommen und zudem von vielen Spezies in großer Menge erhalten werden. Dabei spielt sich die Entwicklung der Tiere häufig sehr schnell ab, bei vielen Arten, selbst in unseren Breiten, zweimal im Laufe eines Jahres, und endlich geben die verschiedenen Phasen der wechselvollen Metamorphose, zufolge ihres überwiegend höchst charakteristischen Gepräges, die Handhabe und Möglichkeit zu vielseitiger Beobachtung in biologischer, physiognomischer und physiologischer Hinsicht."

Auf die wesentlichen derartigen Versuche und die daraus resultierenden Schlüsse will ich, weil vorliegende Arbeit sich auf sie stützt, näher eingehen.

Hatten bis etwa 1894 die Lepidopterologen auch viele experimentelle Versuche angestellt, so hatten sie zur Klärung allgemein wissenschaftlicher Probleme wenig beigetragen. Es kam diesen — meist Liebhabern — mehr darauf an, ihre Sammlungen durch Raritäten zu bereichern, als die Gründe des Auftretens derselben und ihre Eigenschaften zu erforschen. Wohl erst durch den Altmeister der experimentellen Lepidopterologie, Professor M. Standfuss, wurde dieser Zweig der Naturwissenschaft, mit Einführung des systematischen Experiments, zu der Bedeutung erhoben, die sie heute unter den Biologen und Systematikern hat.

Standfuss sagt in seinem 1894 erschienenen Handbuch (L. N. 106) im Vorwort: „Das vorliegende Buch . . . . zeigt . . . . in seinen spekulativen Teilen, wie auf der Basis der Beobachtung dieser Tiergruppe in der freien Natur sowohl, als durch experimentelles Eingreifen in deren Entwicklung, Probleme, welche der gesamten wissenschaftlichen Zoologie vorliegen, ihrer Lösung entgegengeführt werden können." Und tatsächlich nach hier gegebenen Fingerzeigen hat die experimentelle Lepidopterologie unermeßlich viel zur Lösung von Variabilitäts-, Vererbungs- und Verwandtschaftsfragen beigetragen.

Professor P. Bachmetjew hat sich, wie bekannt, der großen Mühe unterzogen, die Resultate dieser Experimentalforschung

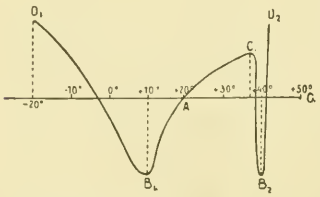
auf dem Gebiete der Lepidopterologie — die bis zum Jahre 1907 vorlagen — zu sammeln und aus ihnen möglichst sichere Schlüsse zu ziehen (L. N. 1, Teil II). Trotzdem obiger Gelehrte nur in knapper Form jeden Forscher berücksichtigte, ist ein mehr als stattlicher Band aus deren Zusammenstellung entstanden.

Leider sind es fast ausschließlich die Veränderungen der Farben und der Zeichnung der Flügel, die einer eingehenden Untersuchung seitens der bisherigen Forscher unterlagen, und auch in vorliegender Arbeit ist dieses vorwiegend der Fall. Über das Verhalten anderer Eigenschaften und Körperteile liegt nur eine sehr geringe Literatur vor, und komme ich auf diese erst in den betreffenden Kapiteln zu sprechen. Sehen wir uns nun die wesentlichsten Resultate der experimentellen Lepidopterologie an:

Da sind es vor allem folgende Gelehrte, die sich ein großes Verdienst um dieses Gebiet erworben haben: M. Standfuss, A. Weismann, F. Urech, E. Fischer, M. C. Piepers, Chr. Schröder, M. v. Linden und H. Federley.

Wie bekannt, sind die an Lepidopteren vorgenommenen Versuche einerseits eine Erprobung der Wirkung äußerer Einflüsse, wie vor allem Temperatur-, Licht-, Feuchtigkeits- und anderer Reize, andererseits eine Untersuchung innerer Einflüsse, wie Reize durch künstliche Kreuzungsexperimente. Da sich vorliegende Arbeit ausschließlich mit ersteren befaßt, will ich auch nur die dorthin gehörigen Theorien anführen.

Als Stützpunkt diene mir die Temperaturkurve E. Fischers (L. N. 22, Teil III). Fischer arbeitete vorzüglich mit Vanessen, die er Temperaturen in der Höhe von — 20° C bis + 45° C aussetzte. Er erhielt, indem er die Varianten sinngemäß gruppierte, etwa folgende Kurve:



A = normale Tiere.
B_1 und B_2 = heller als normal.
C = dunkler als normal, doch heller als D_1 und D_2.
D_1 und D_2 = viel dunkler als normal.

Diese Kurve kann, wie ich später ausführe, nur dann volle Gültigkeit haben, wenn wir die Varianten im ganzen betrachten, d. h. den allgemeinen Eindruck, den sie durch ihre Zeichnung und Färbung zugleich hinterlassen. Sie verliert ihren Wert, sobald wir ein einzelnes Merkmal allein ins Auge fassen. Wirkliche Gegner hat Fischer besonders dort gefunden, wo er diese, aus der Kurve ersichtliche gesetzliche Variabilität

zu erklären versuchte. Ich entnehme nun Bachmetjews Werke (L. N. 1, II, p. 825) eine Tabelle, in der die Ansichten der wichtigsten Forscher über die Wirkung der Temperatur auf das werdende Falterkleid (speziell Vanessen) dargestellt ist. Hauptsächlich differieren die Ansichten bei der Frage, ob Temperaturen direkt oder indirekt wirken und zwar bei welchem Reize direkt und bei welchem indirekt.

Wir ersehen, daß eine ziemliche Übereinstimmung aller Forscher nur für die C-Formen, als eine direkte Wirkungsresultante und für D_1- und D_2-Formen, als eine indirekte, stattfindet Ich lasse die Tabelle nun folgen, wobei das Zeichen (+) die entsprechende Bejahung des betreffenden Forschers bedeutet.

Abberative Formen resp. Temperaturintervalle	Die Temperaturwirkung	Weismann	Standfuss	Fischer	Piepers	v. Linden	Federley
D_2	direkte Wirkung	+	+	+	+	+	+
B_2			++			++	++
C			++			+++	+
B_1			+			++	
D_1						+	+
D_2	indirekte Wirkung		+	+		+	+
B_2				+		+	+
C				+			+
B_1				+		+	+
D_1			+	+		+	+

Die weiteren Erklärungen der verschiedenen Forscher weichen oft wesentlich voneinander ab, und wir können da verschiedene Theorien unterscheiden.

A. Weismanns Reiztheorie (L. N. 1, II und L. N. 116 und 117). Die Temperatur ist im allgemeinen keine direkte Ursache der Formenbildung, sondern nur der Reiz. Ein Teil der Färbung kann auch als direkte Folge der Temperaturwirkung betrachtet werden. Der Atavismus tritt dabei nicht auf. Weismann sagt u. a. (L. N. 116): „Die meisten Einflüsse wirken nicht direkt, sondern rufen bloß eine Anpassung durch Selektion hervor.“ Auf Grund seiner Determinantenlehre sagt er ferner (L. N. 117): „Theoretisch werden wir diese merkwürdigen Aberrationen so zu verstehen haben, daß durch Kälte (und Wärme) die Determinanten der Flügelschuppen in der Flügelanlage der jungen Puppe verschieden beeinflußt werden, daß einige Arten

derselben gestärkt, andere erheblich geschwächt, gewissermaßen gelähmt werden und, daß auf diese Weise das eine Farbenfeld sich weiter ausbreitet auf dem Flügel als normalerweise, das andere weniger, während ein drittes ganz unterdrückt wird. Daß bei dieser Verschiebung des Gleichgewichtes zwischen den Determinanten vorwiegend ein phyletisch älteres Zeichnungsmuster herauskommt, läßt darauf schließen, daß im Keimplasma der modernen Vanessaarten noch mehr oder weniger Vorfahrendeterminanten neben den modernen erhalten sind."

„Durch direkte Einwirkung höherer Wärmegrade" — werden „die Qualität der ernährenden Säfte im Keimplasma und damit zugleich auch die Determinanten einer oder mehrerer Arten von Flügelschuppen gleichsinnig in allen Iden verändert . . ." Und weiter „ . . . die gewöhnlichen Schwankungen der Determinanten verstärken sich durch die verstärkten Schwankungen der intragerminalen Ernährungsströmungen . . ."

(L. N. 116, p. 99) sagt er: Die Flügelfärbung variiert nicht nach dem Lamarkschen Prinzip, ebenso die Farben —, die niemals aktiv, sondern stets passiv wirken.

Ferner die F. Urechsche Oxydationstheorie (L. N. 112 und 113). Sie lautet: Bei Übergang von niederer zu höherer Temperatur sucht die Puppe den Wärmeverlust durch Oxydations- und die dabei erfolgenden chemischen Kondensationsvorgänge zu ersetzen. Pigment wird z. T. zu Wasser verbrannt und es entstehen kohlenstoffreiche chemische, meist dunkler gefärbte Körper. Daher tritt bei Kälte dunkleres Pigment auf. Bei Wärme wird die Oxydation verstärkt, und es entstehen daher aus nordischen, helleren Tieren bei erhöhter Temperatur, wie oben — dunklere Subspezies. Die durch die Temperaturexperimente hervorgerufenen Farbenänderungen sind — Kompensationserscheinungen.

Es folge nun die M. Standfusssche Theorie der individuellen Anomalien (L. N. I, II, p. 823). Frost und Hitze, sagt Standfuss, unterbrechen die Entwicklung, sie versetzen das Insekt in einen Zustand der Lethargie, sie wirken indirekt auf die Färbung. Mäßige Temperaturen (Kälte und Wärme) haben spezifisch entgegengesetzte Reizwirkung: sie können Rückschlagsformen erzeugen. Die Aberrationen sind individuelle Färbungsanomalien ohne atavistische Bedeutung.

Um diese summarischen Schlußfolgerungen hier verständlich zu machen, lasse ich Standfuss selbst das Wort ergreifen, er sagt u. a.:

Kälte und Wärme (L.N. 108, H. 1, p. 3). „Arten von nördlicher Herkunft, also Arten, die selbst samt der Überzahl ihrer Verwandten in nördlichen Erdgebieten wohnen und wohl auch daher stammen, ergaben bei Kälte regressive Formen, bei Wärme aber — progressive“ und die Südformen umgekehrt. „In den bisher experimentell untersuchten Fällen bedeutet dieses regressiv und progressiv folgendes“:

1. Es „werden durch die Versuche gewonnen Saisonformen, d. h. Formen gewisser Arten, deren Auftreten konstant an bestimmte Jahreszeiten geknüpft ist.

2. Konnten experimentell erzeugt werden Lokalformen, also Formen, welche sich als ständige Rassen in bestimmten Gegenden finden.

3. Umwandlungen bezüglich des sexuellen Färbungsdimorphismus . . . (zwar dürfte in dem vorliegenden Fall, wie dies überhaupt die Regel zu sein scheint, das männliche Individuum den erdgeschichtlich jüngeren, das weibliche hingegen den älteren Typus darstellen). Es wurde demnach in unserem Experiment der ältere weibliche Färbungstypus in den jüngeren männlichen übergeführt und das Männchen noch weiter progressiv entwickelt . . . .“

4. (L.N. 108, H. 2, p. 9.) Treten bei den Experimenten phylogenetische Formen im engeren Sinne auf . . . und zwar:

a) Formen, wie sie die Vorgeschichte der betreffenden Arten angehört haben dürften, also progressive Formen in eigentlichem Sinne. Sie kennzeichnen sich dadurch, daß sie eine Annäherung an andere, verwandte, einem vorauszusetzenden Grundtypus noch näherstehende Arten, darstellen . . . .

b) (p. 10) Formen, wie sie sich vielleicht in Zukunft, in weiterem Entwicklungsgange der Art einstellen werden. Es wären dieses sonach ausgesprochene progressive Formen. Sie kennzeichnen sich durch Entfernung vom Typus verwandter Arten und vom Gattungstypus in der Richtung nach einem weiter abgezweigten Sondertypus hin . . . .

5. In seltenen Ausnahmefällen endlich entstehen bei diesen Wärme- und Kälteexperimenten Aberrationen, d. h. Formen, welche . . . gelegentlich in der freien Natur, wenn auch als große Seltenheiten . . . auftreten . . . Diese Aberrationen stellten sich stets gerade dann ein, wenn bei den Wärme- und Kälteexperimenten die Einwirkung besonders extrem gestaltet wurde, d. h. bei Frost und Hitze (H. 11, p. 63.) „Danach ist es in hohem Grade wahr-

scheinlich, daß eine ganze Anzahl der sich in der freien Natur befindenden Aberrationen, dieser, in ihrer letzten Ursache bisher so außerordentlich unverständlichen und dunklen Erscheinungen, durch abnorme Temperaturverhältnisse entstehen, welche auf das Puppenstadium einwirken . . . ."

Hitze (+ 44° C) und Frost (— 12° C) (H. 11, p. 64). „So hohe Temperaturen wirken keineswegs durchweg beschleunigend, ... sondern vielfach die Entwicklung direkt unterbrechend und häufig auch noch über das Maß der Expositionszeit hinaus verlangsamend." (H. 2, p. 10.) „Es ist daher zunächst auf die Frage: „„Wie wirken diese Frost- und Hitzeexperimente?"" zu antworten: sie unterbrechen die Entwicklung, sie versetzen das Insekt in einen Zustand der Lethargie, während bei den als Kälte- und Wärmexperimenten bezeichneten Versuchen eine solche Unterbrechung nicht eintritt. Aber auch noch ein zweiter wichtiger Unterschied besteht zwischen diesen beiden Doppelexperimenten: Bei Kälte- und Wärmeversuchen erfolgte Umgestaltung des gesamten Materials und zwar bei verschiedenem Vorgehen in verschiedenem Sinne und Maße, indes bei gleichartiger Behandlung in gleicher, bestimmter Richtung und ohne besonders große Schwankungen von Individuum zu Individuum."

„Niemals trat eine, durch das Kälteexperiment hervorgerufene spezifische Entwicklungsrichtung bei Wärmeeinwirkung in der gleichen Spezies auf. Niemals auch erfolgte das Umgekehrte. Es handelt sich offenbar um eine direkte Einwirkung."

(H. 12, p. 68.) Frost und Hitze: „. . . . wirken nicht direkt, sondern indirekt; indem wahrscheinlich auf der Basis des von ihnen hervorgerufenen lethargischen Zustandes sich Vorgänge abspielen können, die eine Veränderung des Falters in eigentümlicher Richtung bedingen, und zwar ist für die Gestaltung dieser Entwicklungsrichtung annähernd gleichgültig, ob das lethargische Stadium durch Frost, durch Hitze, vielleicht auch noch durch andere störende Einflüsse provoziert wurde."

„Die Abberrationen dürften danach 1. individuelle Färbungsanomalien in (. . . .) neuen Richtungen darstellen . . . . und 2. bewegen sich nicht in den Bahnen der normalen erdgeschichtlichen Entwicklung der Art."

Weitere Details Standfussscher Arbeiten gebe ich, wo nötig, in folgendem an passender Stelle. Hier aber wenden wir uns der E. Fischerschen Hemmungstheorie zu (L. N. 32.).

Alle Formen (mit Ausnahme der C-Formen) werden nicht durch die spezifische Wirkung der Temperaturen, sondern nur durch die Entwicklungshemmung erzeugt. Spezifische Wirkung der Temperatur findet nur bei C-Formen statt. Alle Formen sind atavistische Formen (mit Ausnahme der C-Formen). Fischer faßt als indirekte Wirkung der Temperatur nur den Rückschlag zur Stammform auf. Daher kann er eine direkte Wirkung nicht zulassen. Er steht somit in Widerspruch mit Federley und M. v. Linden.

Es folge nun: M. C. Piepers Korrelationstheorie (L. N. 1, II, p. 823.) Wärme und Kälte verhindern die Entwicklung den normalen Standpunkt in der Farbenevolution zu erreichen. Sie treten als Reize auf, die die Evolution weiter treiben. Die Farbenevolution kann durch klimatische Einflüsse beschleunigt oder verzögert werden.

Chr. Schröders Wärmebindungstheorie. (L. N. 1. II, p. 823.) „B_1-, B_2-, D_1- und D_2-Formen stellen Reaktionen des Organismus dar, um die durch unternormale Temperaturen hervorgerufene Entwicklungsverlangsamung zu paralysieren. C-Formen sind einer höheren Temperatur eigen. Die Temperaturformen sind durch rückschlägige Zeichnungsanlagen charakterisiert, ohne daß sie deswegen stets die primäre Zeichnung überhaupt wiedergeben müssen."

(L. N. 88.) Das Überhandnehmen des schwarzen Pigments stellt eine Reaktion des Organismus dar, um die Hemmung zu paralysieren.

(L. N. 85.) Das Pigment dient nur zur Wärmebindung (daher die Reaktionen in Temperaturexperimenten) und der Bildung von Schutzfarben. Schröder trennt die Licht- und Wärmewirkungen nicht, denn er sagt (L. N. 85). Absorbierte Lichtstrahlen erhöhen die Temperatur, und starke Wärmestrahlenaufnahme kann zu hellem Glühen führen.

H. Federleys Drucktheorie. (L. N. 16 u. 17, L. N. 1, II, p. 824.) „Mäßig erhöhte Temperaturen wirken direkt (Vergrößerung des Volumens der Körpersäfte und ihres Druckes) und indirekt (Anregung des Stoffwechsels). Mäßig erniedrigte Temperaturen rufen ähnliche Formen hervor, wobei als Ursache der gesteigerte Druck der Säfte zu betrachten ist. Hitze bewirkt einen lethargischen Zustand und die Stoffwechselstörung und tötet schließlich das Plasma. Der Frost bewirkt die Stoffwechselstörung und übt einen direkten Einfluß auf das Plasma der

Schuppenzellen aus. Die in extremen Temperaturen erhaltenen Aberrationen sind pathologische und keine atavistische Formen und sind einander ähnlich. Regressive und progressive Formen können nur im Sinne von STANDFUSS entstehen.

BACHMETJEWS Plasmatheorie. (L. N. 1, II, p. 851.) „Ein Faktor, welcher auf die Bewegung des Protoplasmas seinen Einfluß auszuüben imstande ist, wird auch aberrative Formen erzeugen können. . . . . Die Temperatur" ist „einer dieser Faktoren. Wir kommen zum Schluß, daß die Ursache des Entstehens von aberrativen Formen nicht im Stoffwechsel zu suchen ist."

„Der Organismus befindet sich bei optimaler Temperatur Z. . . . . Es entstehen normale Formen. Dabei muß der Begriff des Optimums als relativ aufgefaßt werden, denn das Optimum variiert nicht von Spezies zu Spezies, sondern ist auch verschieden für verschiedene Individuen einer und derselben Spezies, was durch die Akkomodation des Protoplasmas und ihrer verschiedener chemischer Zusammensetzung in verschiedenen Individuen zu erklären ist. Beim Steigen der Temperatur bewegt sich das Protoplasma rascher und es entstehen zuerst C-Formen, dann B_2-Formen, wobei das Protoplasma in gewissen Zellen bereits die vorübergehende Wärmestarre zu erleiden beginnt."

Hiermit meine ich (K. S.) ließe sich erklären, warum verschiedene Zeichnungs- und Farbenelemente andere Variationsrichtungen einschlagen als die übrigen, und warum die FISCHERsche Kurve (vgl. p. 414) nur bedingte Richtigkeit hat. BACHMETJEW sagt nun weiter (L. N. 1, II, p. 852.):

„Beim weiteren Steigen der Temperatur erhalten alle Zellen des Organismus die vorübergehende Wärmestarre, und es entstehen dabei D_2-Formen. Höchstwahrscheinlich tritt dabei die Flüssigkeit aus den Zellen heraus, da dieselben infolge der Ausdehnung des Protoplasmas sie nicht mehr beibehalten werden können."

Man vergleiche hierzu Fig. 7 auf der Taf. XIX, wo dieses Pigmentaustreten bei hohen Temperaturen wohl die Ursache der abnormen Färbung der ganzen Flügelwurzelpartie war (vgl. näheres weiter unten).

„Die Farbstoffe werden in diesem Temperaturrayon von der Temperatur direkt beeinflußt. Diese Formen sind pathologische Erscheinungen, welche bei weiterem Erwärmen die permanente Wärmestarre erhalten und schließlich infolge der

Gerinnung der Eiweißstoffe sterben. Beim Abkühlen bewegt sich das Protoplasma langsamer; wobei zuerst die B_1-Formen entstehen werden. An der unteren Temperaturgrenze für das Entstehen dieser Formen erleiden alle Zellen des Organismus die vorübergehende Kältestarre, wobei bei weiterem Abkühlen die Säfte aus den Zellen heraustreten werden . . ., da die Säfte bei ca. 0° ihr Dichtemaximum haben werden und folglich, bei noch tieferer Temperatur sich wieder ausdehnen werden . . . Wo die Säfte zu gefrieren beginnen . . und auch etwas früher, entstehen die D_1-Formen, welche demgemäß auch als pathologische Erscheinungen zu betrachten sind. Sie unterscheiden sich im biologischen Sinne von den D_2-Formen dadurch, daß während D_2-Formen bei noch höheren Temperaturen, infolge des Gerinnens des Protoplasmas, sterben, die D_1-Formen bei noch tieferen Temperaturen zuerst in anabiotischen Zustand geraten und schließlich die permanente Kältestarre erleiden, infolge derer sie aber nicht sterben, sondern, wenn man sie nicht wieder erwärmen würde, in diesem Zustande beliebig lange Zeit verbleiben können. Nicht das Gefrieren tötet die Pflanzenzellen, sagt Sachs[1]), sondern die Art und Weise wie sie aufgetaut werden."

Über den Einfluß der Feuchtigkeit haben eben diese hier angeführten Forscher und noch andere (Frings L. N. 27 bis 33, Pictet L. N. 75, 76, Kathariner usw.) mehrere Theorien aufgestellt, die Bachmetjew etwa wie folgt zusammenfaßt: „Die direkte Wirkung kann darin bestehen, daß . . . die Nässe die Puppenhülle durchdringt und . . . die Insektensäfte verdünnt. Die indirekte Wirkung ist: es kann die Feuchtigkeit . . . den Zutritt des Sauerstoffs zum Puppenorganismus verhindern und dadurch die Ausbildung der normalen Pigmente hemmen. Zweitens kann die Feuchtigkeit die Starre des Protoplasmas verursachen . . . ."

Auf den Einfluß des Lichtes, der Elektrizität, der Nahrung und chemischer Stoffe verzichte ich hier in der Einleitung einzugehen und berühre die verschiedenen Theorien einzelner Forscher in den betreffenden Kapiteln, wenn es sich als nötig erweist.

---

1) Sachs, Julius v. Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphysiologie, Bd. I. Leipzig 1892.

Kapitel I.

Material und Methode.

Zunächst ein paar Worte über das mir vorliegende Material: Im Phyletischen Museum stand mir die reiche Pilzsche Paläarktensammlung zur Verfügung, die ca. 2000 Stück Lepidopteren, allein aus der Arktiidengruppe enthielt, sowie die an Paläarkten weit ärmere Sammlung Koch. 254 Stück Arctia caja L.-Tiere bildeten den Ausgangspunkt meiner Studien, doch mußte ich mich bald überzeugen, daß, wollte ich nicht zu falschen Schlüssen kommen, dieses Material zu gering an Zahl war. Wenngleich die Pilzschen Arktiiden und speziell A. caja sehr vielgestaltig waren, d. h. reich an Varianten und Aberrationen, so fehlten ihnen doch alle Angaben über Zucht und Fang, Ort und Zeit der Herkunft, ein speziell für meine Arbeit recht empfindlicher Mangel. Durch freundlichste Vermittlung meines verehrten Lehrers, des Herrn Prof. Ludw. Plate und durch das überaus liebenswürdige Entgegenkommen des Herrn Prof. Max Standfuss, gelang es mir, eine Reihe weiterer Sammlungen dieser Arbeit nutzbar zu machen.

So studierte ich die Sammlung des Berliner Zoologischen Instituts, die ca. 500 Arktiiden, darunter 85 Arctia caja enthielt; ferner die des Herrn Fabrikanten Franz Philipps mit 305 A. caja, die besonders reich an Aberranten und Mutanten war; sodann die große, an typischen Stücken reiche Kollektion des Herrn Architekten Martin Daub mit 355 A. caja und last not least die kleine aber durch Temperaturtiere besonders hervorragende Sammlung des Herrn Prof. Standfuss am Züricher Entomologischen Institut. Leider nur ganz oberflächlich konnte ich mir die schöne Arktiidensammlung des Herrn Dr. Max Nassauer ansehen, meine Zeit erlaubte mir nicht mehr, auch hier gründlich vorzugehen. Rechne ich nun noch 181 A. caja-Tiere hinzu, die ich selbst erzog, so beläuft sich das gesamte, dieser Arbeit zugrunde liegende Material auf:

	1260	Arctia	caja L.,
ca.	90	„	flavia. Fuessl,
ca.	200	„	villica L.,
ca.	40	„	villica var. Konevkai Frr.,
ca.	100	„	fasciata. Esp. und
ca.	2500	„	diverser anderer Spezies.

Insgesamt also nahezu 4000 Arktiiden wurden durchgesehen und davon ca. 1500 aufs eingehenste untersucht.

Die mikroskopischen Befunde konnte ich aus begreiflichen Gründen nur den Tieren meiner eigenen Zucht entnehmen und einigen wenigen, mir von oben genannten Herren liebenswürdigster Weise zu dem Zweck überlassenen.

Zunächst suchte ich mir einen Ausgangspunkt für folgende Studien. Ich wählte nach einiger Überlegung die Spezies A. caja L. dazu. Einesteils weil diese, ihrer Häufigkeit wegen am leichtesten zu beschaffen war, zum andern weil sie, wenigstens auf den ersten Blick, die größte Variationsbreite und Vielseitigkeit zu haben schien.

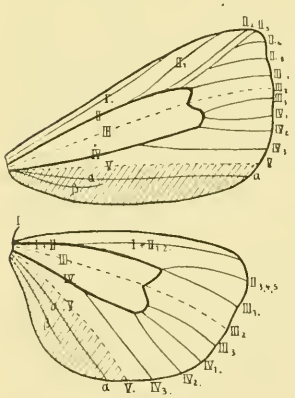
Aber auch zum Vergleich einzelner Teile des Individuums mit den entsprechenden Varianten oder gar einer anderen Art, mußte ich mir einen Maßstab schaffen, und zwar möglichst aus dem als Ausgangspunkt dienenden Tier der A. caja heraus. Dieses bot wegen der enormen Vielgestaltigkeit der Art sehr große Schwierigkeiten, und muß ich ohne weiteres zugeben, daß eine Einteilung wie die folgende, weil rein mechanisch, ihre Mängel hat. Ich durfte mich dabei auch nicht zu sehr in Kleinlichkeiten verlieren: denn wollte ich jeder kleinsten Abweichung im Habitus des Individuums gerecht werden, so wäre eine Zusammenfassung überhaupt nicht möglich; von allen 1260 A. caja. L., die mir vorlagen, gleicht kein Individuum dem anderen aufs Haar. Es mußten deshalb unwesentliche Teile des Tieres mehr oder weniger unberücksichtigt bleiben, um auf Grund der wesentlichen eine Klassifikation, zwecks erleichterten Vergleichs durchzuführen. Nun aber ergab sich die Schwierigkeit, Wesentliches vom Unwesentlichen zu unterscheiden. Doch hoffe ich auch diese Frage zweckentsprechend gelöst zu haben.

Einmal A. caja. L. als Muster gewählt, mußte ich diese Spezies erstens gegen alle anderen Arktiiden abgrenzen und zweitens innerhalb dieser Spezies einen festen Anhalt finden, auf welchen ich bei der Beurteilung der Variabilität zurückgreifen konnte. Als solche fast konstante Teile des Tieres nahm ich nach A. Spuler (L. N. 96) das Geäder an und nach C. Jordan (L. N. 45) den chitinösen Teil des Kopulationsapparates. Eine Variation des ersteren — innerhalb einer Spezies — konnte ich bei meinem Material nur bei gleichzeitiger pathologischer Deformation der Flügelform entdecken, und diente es mir daher als sozusagen fester Punkt, um nach ihm die unbestimmten Ver

änderungen der Flügelzeichnung zu bestimmen. Der Kopulationsapparat dagegen diente mir mit dem Geäder zusammen als Merkmal zur Trennung der Arten.

Nun mußte ich mich aber fragen, ob nicht die Zeichnung in irgendeiner Weise mit dem Geäder in Korrelation steht und fand auch bald, daß dem so ist, wenngleich auch in eingeschränktem Maße. Ich fand nämlich, gleich anderen Autoren, daß Zeichnungselemente sich vorwiegend an Adern auflösen oder bilden, oder auch an bestimmten Stellen zwischen denselben. Auf nähere Details komme ich erst weiter unten. Hier will ich nur sagen, daß ich darauf meine mechanische Klassifikation gründe.

Vorerst einige Worte über die hier von mir angewandte Nomenklatur: Im Verlaufe meiner Arbeit bediene ich mich außer meiner eigenen Bezeichnungsweise für einige Merkmale auch solcher, die bereits von früheren Autoren eingeführt wurden. So richte ich mich bei Nennung einzelner Adern des Geäders nach A. Spuler (L. N. 96) und möge beistehende Textfig. 1 zur Orientierung dienen.

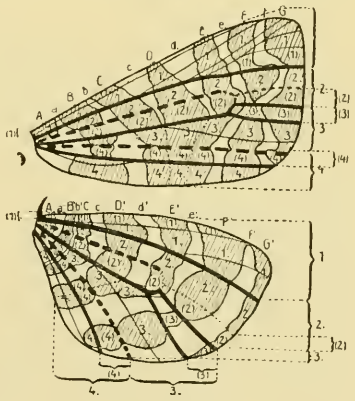


Textfig. 1.
Zeichenerklärung:
▨ = Faltenteil der Flügel.

Es ist diese Bezeichnung diejenige, die beim Vergleich verschiedener Geäder am raschesten und leichtesten die Zugehörigkeit eines Aderzweiges zu seinem Stamm finden läßt und am besten für jedes beliebige Geäder paßt, während die Th. Eimersche Nomenklatur (L. N. 10, Bd. I) komplizierter ist. Ebenso abstrahiere ich, zunächst von der Eimerschen Bezeichnungsweise der Binden, die seiner „Elf-Bindentheorie“ entspringt (auf die ich später zurückkomme) und bezeichne die Binden einfach der Reihe nach mit lateinischen Buchstaben. Mit Eimer bezeichne ich die auf den Hauptadern senkrecht stehenden Binden (L. N. 10, Bd. II) als Längsbinden und die parallel zu den Adern verlaufenden als Querbinden. Ferner die bei den Arktiiden helleren Binden als Grundfarbenbinden, da sie meiner Auffassung nach (wie ich später ausführe) die ursprünglicheren sind und — die dunkleren nenne ich Zeichnungsbinden (oder -bänder).

Ich bezeichne bei A. caja L. die Zeichnungsbänder (Z) von der Flügelwurzel bis zum Außensaum mit A, B, C . . . . usw., die der Grundfarbenbänder (G) mit dem kleinen Buchstaben, der zunächst wurzelwärts liegenden Zeichnungsbinde d. h.: a, b, c . . . . usw. Die Binden der Hinterflügel (H) unterscheide ich von denen der Vorderflügel (V) durch ein Apostroph (bei H) also: A', B' C' . . . . a', b', c' . . . . usw.

Um die Varianten in einiger Übersicht ordnen zu können, mußte ich auch jedes Zeichnungsband in seinen einzelnen Teilen benennen und tat dies davon ausgehend, daß die Bänder, wenn sie auf Adern stoßen, sich entweder verschmälern oder (seltener) verbreitern. An einzelnen Hauptadern geschieht dieses in besonderer Häufigkeit. Es sind das die, die ich in Textfig. 2 stärker hervortreten lasse: d. h. Ader II bis zur Diskoidalquerader, Ader III und deren Zweige III_1, III_2 und III_3, Ader IV mit ihrem Ast IV_2, ferner besonders, die zur Falte zurückgebildete Ader V und endlich Ader VI. An diesen Adern zerlege ich auf den Vorderflügeln wie auch auf den Hinterflügeln die Längszeichnungsbinden in einzelne Abschnitte, zwar etwas willkürlich, aber wie man später sehen wird, mit Vorbedacht. Die einzelnen so erhaltenen Teile bezeichne ich mit arabischen Ziffern, die ich der Bandzeichnung als Indices beifüge z. B. A_2, B'_4 usw. Bandteile die seltener schwinden, oder wenn sie es tun, oft nur in Verbindung mit darüber- oder darunterliegenden Teilen, erhalten die Ziffer dieser letzteren, die jedoch eingeklammert wird. Es zerfällt auf diese Weise jedes Band auf je einem Flügel in vier Haupteile, resp. mit 1—4 Nebenteilen: (1), (2), (3), (4). Auf diese Weise kann ich jeden Fleck mit zwei kurzen Zeichen präzisieren. Textfigur 2 mag dieses anschaulicher machen.



Textfig. 2.
Zeichenerklärung:
— = für die Unterbrechungen der Bänder wesentliche Adern.

Ich schreite nun zur Darlegung meiner obenerwähnten mechanischen Klassifikation: Um die Fülle und Mannigfaltigkeit des mir zur Disposition stehenden Materials zu überblicken und zu ordnen, ohne in Kleinlichkeit zu verfallen, teile ich dasselbe

in einzelne Gruppen nach verschiedenen Gesichtspunkten. Schon auf den ersten Blick sah ich, daß A. caja L. der Zeichnung nach sich nicht in eine kontinuierliche Reihe (wenn auch mit Nebenästen) gruppieren ließ, und mußte ich deshalb darauf verzichten, von einem Gesichtspunkte aus allein das reiche Material zu sondern. Ich wählte vielmehr noch einen zweiten, und späterhin noch einen dritten. Ich erhielt auf diese Weise zwar 588 Gruppen, die aber tabellarisch angeordnet (vgl. die Tafeln) die Übersichtlichkeit nicht störten, da ich eine Formel für jede Gruppe fand, die zugleich den Zusammenhang der Gruppen untereinander, wie das annähernd genaue Bild des einzelnen Tieres angab. Leider ließ sich mein System nicht für Vorder- und Hinterflügel, Ober- und Unterseite zugleich anwenden; es hätte dann eine Komplikation gemacht werden müssen, die der Übersichtlichkeit ermangelt hätte. Deshalb klassifizierte ich Vorder- und Hinterflügel einzeln, aber in analoger Weise und ließ von einer Klassifikation der Unterseite der Flügel ab, weshalb ich von dieser nur Allgemeines mitteilen werde.

Zum vollen Verständnis vorliegender Arbeit ist es nötig, daß man sich die folgende Einteilung und Bezeichnung derselben genau merke, denn ich muß, soll die Arbeit nicht einen riesigen, unnützen Umfang annehmen, mich der hier niedergeschriebenen Formeln bedienen.

Zunächst suchte ich mir ein Merkmal aus dem gesamten Material heraus, welches mir gestattete, letzteres in wenige, große, voneinander deutlich verschiedene Gruppen zu zerlegen und dabei so, daß Zeichnungsteile, die späterhin unberücksichtigt blieben, hierbei wenigstens in ihrer Variabilität angedeutet wurden. Dieses Merkmal fand ich im gegenseitigen Verhältnis der Grundfarben- und Zeichnungsbinden. Es ist klar, daß, wenn zwei nebeneinander liegende Zeichnungsbänder in gleicher Höhe, etwa an einer Ader, sich seitlich zu verbreiten beginnen, sie schließlich an der Stelle, wo sie zusammentreffen, das dazwischen liegende Grundfarbenband unterbrechen. Dieses geschieht recht häufig und zwar meist an ganz bestimmten Stellen. Tritt so eine Unterbrechung bei einem Grundfarbenbande (*Grf.*) nicht ein, so nenne ich dieses Grundfarbenband — ein durchlaufendes. Wir haben, ohne uns zunächst auf phylogenetische Erwägungen einzulassen, am A. caja-Flügel sieben Zeichnungsbänder (*A*—*G* bezeichnet) und sechs Grundfarbenbänder (*a*—*f*). Die Anzahl und die Lage der durchlaufenden Grundfarbenbänder diente mir als Merkmal

der ersten schematischen Sonderung und zwar, wie man aus den Textfigg. 3 und 4 ersieht, wie folgt:

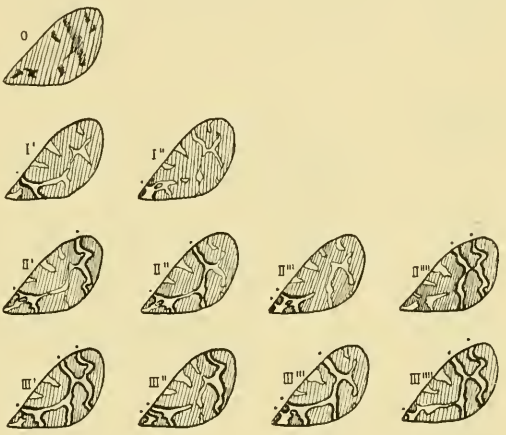
Zunächst bei den Vorderflügeln:

a) Gibt es kein vollkommen durchlaufendes Farbenband, so bezeichne ich einen solchen Vorderflügel mit 0.

b) Gibt es ein durchlaufendes Band, so wird der Flügel mit I bezeichnet.

c) Jedes dazukommende durchlaufende Grundfarbenband erhöht um I die Ziffer der Flügelbezeichnung. Sind also alle Grundfarbenbänder vorhanden, so heißt der Flügel VI.

Nun mußte ich auch die Lage des durchlaufenden Grundbandes bestimmen, denn nur dadurch konnte ich, die in der späteren Klassifikation unberücksichtigten Zeichnungsbänder *A*, *F* und *G* ein wenig fixieren. Theoretisch gäbe es nun z. B. bei einem Vorderflügel der Klasse I — sechs Möglichkeiten der Lage des Grundfarbenbandes. In der Praxis treten jedoch nur zwei Fälle auf: erstens das Band liegt zwischen Zeichnungsband *B* und *C*, d. h. es ist das Grundfarbenband *b*, oder es ist das zwischen *A* und *B* liegende Band *a*. Analog verhalten sich die Gruppen II—VI. Ausnahmen sind so selten (25 ‰), daß ich sie nicht berücksichtigte. Die Lage der Bänder unterscheide ich nun durch eine größere oder kleinere Anzahl Apostropha bei der Gruppenbezeichnung. Die Textfig. 3 möge die einzelnen



Textfig. 3. 1. Schematische Sonderung der Vorderflügel nach der Zahl der durchlaufenden Grundfarbenbänder [weiß-braungelb] der Zeichnung bei Arctia caja L.

Zeichenerklärung:

• = Angabe der durchlaufenden Grundfarbenbänder. NB. Der Anzahl dieser Punkte in einer Figur, entspricht die römische Bezeichnungszahl. Die Indices dieser Zahlen dienen zur Unterscheidung der differenten Lage der durchlaufenden Grundbänder.

= Umrandung der betreffenden Grundbänder

Möglichkeiten darstellen — es wäre zwecklos im Text eine detaillierte Erläuterung zu geben.

Ganz analog ordnete ich die Tiere auf Grund durchlaufender Grundfarbenbänder der Hinterflügel, wobei ich aber Gruppe 0 und I zusammenzog, da I zu selten auftritt. Textfig. 4 möge zur Orientierung dienen.

Der zweite Gesichtspunkt, nach welchem ich die Einteilung des gesamten Materials vornahm, ist wesentlich enger gefaßt, denn er bezieht sich auf nur einen kleinen Teil der Zeichnung, welchen man in den Vorderflügeln als *W*-Zeichnung bezeichnen kann. Für diese wählte ich die Bänder *C*, *D*, *E*; für die Hinterflügel das Band *F*.

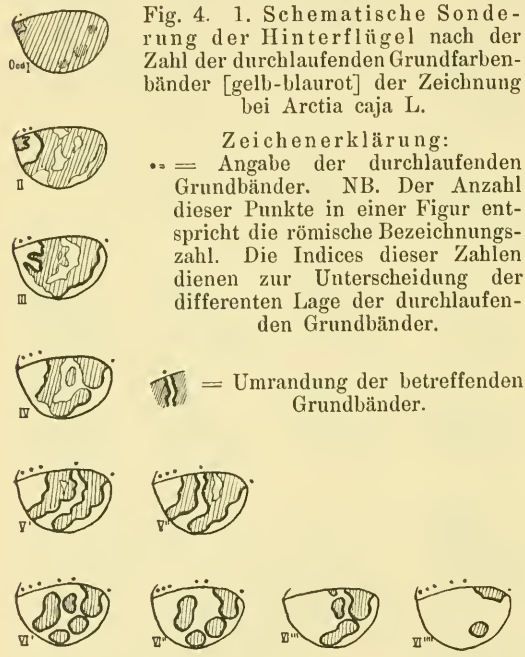


Fig. 4. 1. Schematische Sonderung der Hinterflügel nach der Zahl der durchlaufenden Grundfarbenbänder [gelb-blaurot] der Zeichnung bei Arctia caja L.

Zeichenerklärung:
•• = Angabe der durchlaufenden Grundbänder. NB. Der Anzahl dieser Punkte in einer Figur entspricht die römische Bezeichnungszahl. Die Indices dieser Zahlen dienen zur Unterscheidung der differenten Lage der durchlaufenden Grundbänder.

= Umrandung der betreffenden Grundbänder.

Die gegenseitige Lage: Verschmelzung und Trennung derselben und ihr Fehlen oder Vorhandensein dient mir als Richtschnur. Zunächst die Vorderflügel: Die Bandteile C_4, D_4 und E_4 sind fast immer seitlich miteinander verschmolzen, desgleichen die Bänder *D* und *E* bei D_3 und E_3. Ich nehme deshalb zunächst dieses als selbstverständlich an und deute die sehr seltenen Ausnahmen erst in der dritten Klassifikation an. Die Bänder *C*, *D*, *E* sind an Ader V entweder quer durchgeschnürt oder bei $D_{3,4}$ und $E_{3,4}$ zusammenhängend. Darauf, und ob das Band *C* bei C_3 mit D_3 quer verschmilzt oder nicht, Bedacht nehmend, erhalte ich drei Gruppen, welche ich mit α, β und γ bezeichne. Es ist somit für die Vorderflügel:

α = der Fall, wo C_3 und D_4 nicht verschmolzen und ebensowenig C_3, D_3, E_3 mit C_4, D_4, E_4;

β = der Fall, wo C_3 mit D_3 verschmilzt, aber die Trennung an der Ader V noch bestehen bleibt;

γ = der Fall, wo sowohl C_3 mit D_3 als auch C_3, D_3, E_3 mit C_4, D_4, E_4 oder mindestens mit E_4 (resp. D_4, E_4) verschmilzt.

Für die Hinterflügel achtete ich darauf, eine ähnliche kurze Form zu finden, und fand sie auch so, daß ich das Band F' auf seine Ausdehnung zum Vorderrand hin beobachtete. Dabei erhielt ich wieder drei Gruppen:

α' = der Fall, wo F'_1 und $F'_{(2)}$ fehlen.

β' = der Fall, wo nur $F'_{(2)}$ fehlt.

γ' = der Fall, wo das ganze Band F' von F'_1 bis F'_2 durchlaufend ist. Die Textfig. 5 möge auch hier zur weiteren Klärung dienen.

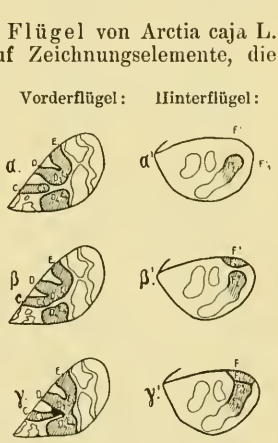
NB. Hier achte ich bloß auf die Zeichnungs- nicht auf die Grundfarbenbänder.

Ich wählte für diese Einteilung mit Absicht die erwähnten Zeichnungsteile und keine anderen, weil sie keine allzugroße prin-

Textfig. 5. 2. Schematische Sonderung der Flügel von Arctia caja L. nach drei Gesichtspunkten [α, β, γ] in bezug auf Zeichnungselemente, die allen von mir untersuchten Tieren im wesentlichen mehr oder minder gemeinsam sind. Es handelt sich darum, ob gewisse Bandelemente vorhanden sind oder fehlen; und im ersten Falle, ob sie dann mit anderen verschmelzen oder nicht. Wir beobachten daher, in bezug auf die

A. Vorderflügel: 1. Eine Verschmelzung oder Nichtverschmelzung von Teil C_3 [des Bandes C] mit dem Teil D_3 [des Bandes D]. 2. Eine Verschmelzung oder Nichtverschmelzung der Teile D_3 und E_3 mit den Teilen D_4 und E_4 [der Bänder D und E].

B. Hinterflügel: 3. Das Fehlen oder die Verschmelzung resp. Nichtverschmelzung des Teils F'_1 mit F'_2 (inkl. $F'_{(2)}$) [des Bandes F'].



Zeichenerklärung:

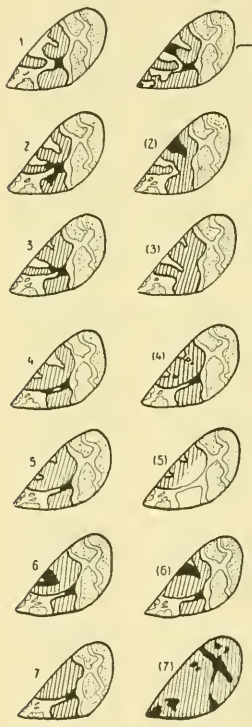
▨ = Die hier in Betracht kommenden Zeichnungselemente.

■ = Zeichnungselement, welches meist fehlt und hier (γ) indifferent ist.

□ = Nicht in Betracht kommende Zeichnungselemente.

zipielle Variabilität aufweisen, während andere Zeichnungsteile entweder derart variieren, daß sich eine prinzipielle Fassung nicht ermöglichen läßt oder sie sind fast ganz konstant, so daß ich keine praktische Gruppierung hätte durchführen können. Durch Vereinigung der I. und II. Klassifikation erzielte ich für die Vorderflügel 42, für die Hinterflügel 30 Gruppen, die aber noch zu groß waren, zu verschiedene Aberranten enthielten, wodurch immer

noch die Übersichtlichkeit litt. Ich mußte deshalb noch eine dritte Art der Klassifikation vornehmen, die auf den Textfigg. 6 und 7 dargestellt ist. Die Figuren dieser Tafeln erklären diese detaillierte Einteilung besser als der Text es könnte, und will ich deshalb auf letzteren verzichten. Bemerken will ich nur, daß die in Klammern angeführten Figuren [mit Ausnahme von (6)] seltenere Varianten und die ohne Klammern [inkl. (6)] die Haupttypen der gesamten Variationsbreite sind. Mutanten, Abnormitäten u. dgl. sind hier nicht berücksichtigt. An welchen Stellen sonst noch



Textfig. 6. 3. Schematische Sonderung der Vorderflügel von Arctia caja L. in bezug auf Zeichnungselemente, die nur selten einer großen Zahl von Tieren gemeinsam sind. Es handelt sich im besonderen um die verschiedenen Formen, welche der Bänderkomplex „C_1-D_1-E“ annimmt. Die übrigen Zeichnungsteile sind unwesentlich für uns, da sie derart variieren, daß sich nach ihnen kein Schema dieser Art aufstellen läßt. In großen Zügen werden sie bereits durch das 1. Sonderungsschema (Textfig. 3) bestimmt.

Zeichenerklärung:

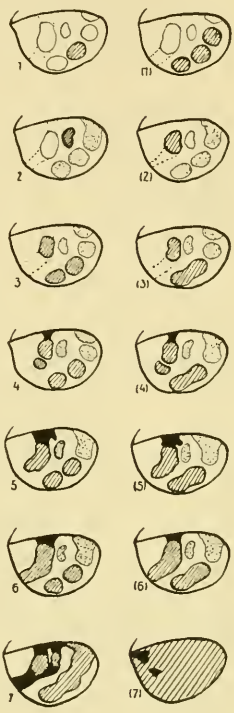
1—7 und [6] = Haupt-Variationsformen.
[1]—[7] (exkl. [6]) = Seltene Ausnahmen und Übergänge.
▨ = Die hier in Betracht kommenden Zeichnungselemente.
■ = Vorhandene oder fehlende indifferente ,,
▭ = Hier nicht beachtete, stark variierende ,,
▭ = Gänzlich fehlende Zeichnungselemente.

Verschmelzungen auftreten, zeigt die Textfig. 8. Näheres darüber soll erst später gesagt werden.

Von einer Einteilung der Falter nach der Zeichnung der Flügelunterseite sah ich ab. Im wesentlichen lassen sich die Variationen dieser Zeichnung auf die der Oberseite zurückführen. Auch darüber habe ich später noch zu sprechen.

Doch von anderen Gesichtspunkten aus mußte ich noch die Variabilität des ganzen Faltermaterials beachten, insbesondere die der Färbung. Zu diesem Zwecke faßte ich die hauptsächlichsten Färbungsvarianten in 8 Figuren (auf Taf. XVIII) zusammen, indem ich die Töne einzelner Zeichnungsteile diverser Tiere schematisch

in je ein normal gezeichnetes Tier eintrug und so acht von ganz hell- bis ganz dunkelgefärbte Tiere, allerdings konstruierte, erhielt. Für jede einzelne Farbe erhielt ich dadurch eine feste Nuancenskala, welche ich benannte und so alle Tiere miteinander vergleichen konnte.



Textfig. 7. 3. Schematische Sonderung der Hinterflügel von Arctia caja L. in bezug auf Zeichnungselemente, die nur selten einer großen Zahl von Tieren gemeinsam sind. Es handelt sich im besonderen um die verschiedenen Formen, welche der Bänderkomplex „D'_1-E'_1-F'“ annimmt. Die übrigen Zeichnungsteile sind unwesentlich für uns, da sie derart variieren, daß sich nach ihnen kein Schema dieser Art aufstellen läßt. In großen Zügen werden sie bereits durch das 1. und 2. Sonderungsschema (Textfig. 4 und 5) bestimmt.

Zeichenerklärung:

1—7 = Haupt-Variationsformen.

[1]—[7] = Seltenere Ausnahmen und Übergänge.

▨ = Die hier in Betracht kommenden Zeichnungselemente.
■ = Vorhandene oder fehlende indifferente ,,
▨ = Hier nicht beachtete, stark variierende ,,
▭ = Gänzlich fehlende Zeichnungselemente.

Vorderflügel

Hinterflügel

Textfig. 8. Summarische, schematische Darstellung aller verbindenden Brücken, die zwischen den Adern, oder auf denselben von einem Zeichnungsbande zum anderen führen. Diese Brücken unterbrechen den Fortlauf der Grundfarbenstreifen und sind daher im allgemeinen wesentlich für unsere erste Gruppierung der Varianten. Ihre spezielle Lage wird aber nur bei den Grundbändern *a*, *c* und *d* berücksichtigt. Während die Brücken auf der Oberseite der Vorderflügel oft vertreten sind, fehlen sie oder beginnen auf der Unterseite zu schwinden. Umgekehrt verhalten sie sich auf dem Hinterflügel.

Zeichenerklärung:

■ = Die häufigsten Querzeichnungen = Brücken.

Zunächst betrachten wir nun die Skala der Vorderflügelgrundfarben auf Taf. XIX: (Am Schlusse der Arbeit.)

Fig. 1 haben wir dafür die Bezeichnung *p*, d. h. pigmentarm. weiß, stark transparent, oft wie ausgeblichen;

Fig. 2 setzte ich *w* = weiß ohne gelb;

Fig. 3 *wg* = weißgelb d. h. weiß mit wenig gelb;

Fig. 4 *c* = crême d. h. gelb mit viel weiß;
Fig. 5, 6 und 7 — *g* = hellgelb ohne deckendes Weiß;
Fig. 8 + *g* = dunkelgelb bis braungelb.

Sodann die Vorderflügelzeichnungsfarben:

Fig. 1 *W* = weißlich überstäubtes, ganz helles Braun, wie etwa Milch mit wenig Kaffee;
Fig. 2 *M* = milchkaffeefarben;
Fig. 3 und 4 *H* = hellbraun, wie z. B. Schokolade;
Fig. 5 und 6 *B* = braun;
Fig. 7 und 8 *D* = dunkelbraun bis tiefschwarzbraun.

Es folgt die Hinterflügelgrundfarbe:

Fig. 1 — *h* = ganz hell weißgelb;
Fig. 2 *h* = hellgelb;
Fig. 3 + *h* = hellgelb mit etwas rotbrauner Verdunklung;
Fig. 4 — *z* = hellzinnoberrot;
Fig. 5 *z* = reines Zinnoberrot;
Fig. 6 + *z* = dunkelzinnoberrot mit wenig blaurot;
Fig. 7 — *d* = helles Rot mit Stich ins blaurot;
Fig. 8 + *d* = dunkelrot bis bläulichrot.

Endlich noch die Hinterflügelzeichnungsfarbe:

Fig. 1 *s* = schwarz bis grauschwarz;
Fig. 2 *bw* = schwarz mit wenig Blauschiller;
Fig. 3—6 *bs* = stärkerer Blauschiller;
Fig. 7 und 8 *b* = reiner Blauschiller.

Die Blauschiller sind oft von mehr oder weniger Gelb eingerandet und daher unterscheide ich:

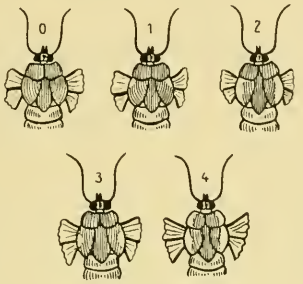
Fig. 1—3 *or* = ohne Rand;
Fig. — 4—6—*r* = wenig Rand;
Fig. 7 und 8 + *r* = breiter gelber Rand.

Außer diesen Farbenunterscheidungen zeigt die Taf. XVIII noch andere Merkmale wie folgt:

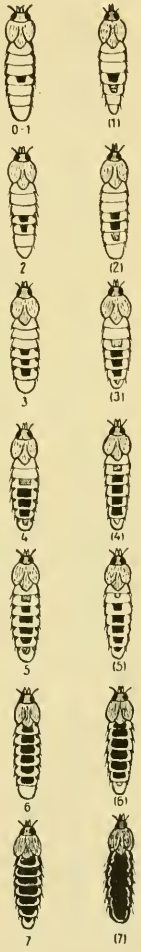
Fig. 1 und 2 Behaarung sehr dünn = —;
Fig. 3—6 Behaarung mittelmäßig = 1;
Fig. 7 und 8 Behaarung stark = +.

Desgleichen unterscheide ich die Form und Größe des weißen Schulterblattes, wie die Textfig. 9 erläutern möge auf fünffache Art. Textfig. 10 dagegen gibt wieder eine Einteilung der Zeichnung des Abdomens, wobei die eingeklammerten Zahlen Fälle darstellen, wo einzelne Flecke nur angedeutet sind. Die Textfiguren selbst dienen zur Erläuterung.

Bei der Größenangabe der Falter rechne ich die Entfernung von der Thoraxmitte, etwa von der Stelle, wo die Nadel eingeführt wird, bis zur äußersten, vorderen Vorderflügelspitze $= x$ in Millimetern. Dieses Maß macht mich fast unabhängig von der Spannweise d. h. der Lage der Flügel (vgl. Textfig. 11).



Textfig. 9. Schematische Sonderung der Schulterblätter von Arctia caja L., nach den weißen Zeichnungselementen. *o—4* = Häufigkeit des Vorkommens.



Textfig. 10. Schematische Sonderung der Abdomena von Arctia caja L. in bezug auf die dorsalen Längsstreifen und Seitenstreifen. Letztere können fehlen, erstere sich seitlich verdoppeln.

Zeichenerklärung:

= In der Form variierende Flecke.

= In der Form und der Lage variierende Flecke, d. h. von mehreren hier eingezeichneten Flecken ist auf einem Tier nur einer vorhanden.

= Nur angedeutete Flecke, die aber an Zahl variieren können.

NB. Stets treten Seitenflecken dort auf, wo dorsale Flecken vorhanden.

Nachdem ich nun mein Material genannt und die Methode, nach der ich gearbeitet, beschrieben habe, will ich nur noch angeben, daß ich jedes mir vorliegende Tier in allen oben genannten Punkten untersuchte und registrierte. Nun aber wende ich mich der eigentlichen Arbeit zu und zwar zunächst dem:

Kapitel II.

Über die Variabilität der A. caja L.

I. Abschnitt:

Variabilität in der Form und Größe.

a) Eigene Untersuchungen.

Indem ich mich jetzt dem Kapitel der Variabilität von A. caja L. zuwende, gehe ich von dem am meisten ins Auge fallenden Merkmal aus, um nach und nach mich auf Einzelheiten einzulassen.

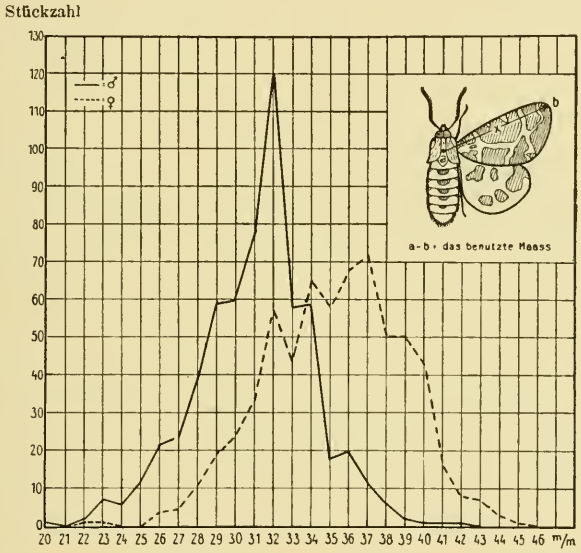
Form und Größe der Tiere ist unstreitig das allgemeinste Merkmal an diesen Tieren.

Was die Form anbetrifft, so verhält sich A. caja analog vielen anderen Falterarten, d. h. der Körper der Männchen ist schlank und am abdominalen Ende stumpf, der der Weibchen dagegen gedrungener und hinten zugespitzt. Auf die Anhänge des Kopfes und des Thorax komme ich im einzelnen noch zurück. Hier sei nur erwähnt, daß die Form der Flügel vom Geäder abhängt. Mir ist keine Variante der Flügelform zu Gesicht gekommen, wo nicht auch das Geäder variant war, allerdings meiner Auffassung nach meist durch äußere Störungen pathologisch deformiert. Der Falter mag in Größe, Farbe, Zeichnung usw. abweichen so viel er will, die Form der Flügel ist stets (wenn nicht lädiert) dieselbe. Veränderungen, wie Abstumpfen der Vorderflügelspitze, Verschmälerung der Flügel usw., rühren meiner Erfahrung nach fast stets von Schwierigkeiten her, die die Imago beim Verlassen der Puppenhülle zu überwinden hat, sind also Deformationen und nicht Varianten.

Anders jedoch verhält es sich mit der Größe. Abgesehen von dem auch in vielen, ja den meisten anderen Tierklassen auftretenden Geschlechtsdimorphismus, variiert auch jedes Geschlecht für sich in der Größe. Ich habe alle meine Untersuchungstiere gemessen, und zwar auf die Art wie Textfig. 11 angibt, und die Resultate in zwei Kurven — je eine für die Männchen und eine für die Weibchen — dargestellt, wie uns Textfig. 11 zeigt.

Wir sehen hier, daß die Breite der Schwankung 25 mm beträgt, wenn wir Männchen und Weibchen nicht getrennt betrachten. Bei dem Männchen schwankt x (= das Maß des Vorderflügels) von 20 mm bis 43 mm, also die Breite ist 23 mm, bei den Weibchen ist $x = 21-45$ mm, also 24 mm

beträgt die Variationsbreite, d. h. diese ist so gut wie gleich für Männchen und Weibchen. Während die Männchen jedoch meist ein x von ca. 32 mm aufweisen, ist für die Weibchen 38 mm die Durchschnittsgröße. Außerdem sehen wir an unseren Kurven, daß die Männchen etwas konstanter als die Weibchen sich verhalten, denn die männliche Kurve ist schmal und strebt steil zur Durchschnittsgröße von 32 mm an. Die weibliche Kurve aber ist breit ausgezogen und erreicht mit 32, 35 und 37 mm fast die gleiche Höhe. Es ist somit das Weibchen noch nicht so fixiert in seiner Größe wie das Männchen.



Textfig. 11. Tabelle der Vorderflügelgrößen mit der darüber eingetragenen entsprechenden ♂♂ und ♀♀-Anzahl von insgesamt 1250 Stück Arctia caja L. (607 ♂♂ und 643 ♀♀). a = Mitte des Thorax = Nadelkopf. b = Vorderflügel: vordere äußere Spitze.

Ferner ersehen wir aus der Kurve, daß die Größe der Männchen von $x = 20—22$ mm, sowie die von $x = 39—43$ mm Ausnahmen sind, wie auch die weiblichen Individuen von $x = 21—25$ mm und $x = 42$ mm, es ist somit eigentlich die Normalvariationsbreite der Männchen 17 mm, die der Weibchen 20 mm (eine Unterstützung meiner Ansicht, daß das Männchen fixierter als das Weibchen ist).

Wie bereits gesagt, kommt es in fast allen Tierklassen vor, daß das Männchen in der Größe mit dem Weibchen differiert und will ich mich hier nicht auf die z. T. bekannten Gründe

dieser Erscheinung einlassen. Interessant ist es aber, die Gründe zu beleuchten, die eine Variabilität in der Größe innerhalb eines Geschlechts hervorrufen.

Meinem Dafürhalten nach handelt es sich hierbei ausschließlich um Hemmungs- resp. Verkümmerungserscheinungen, wenn ein Tier kleiner ausfällt als normal. Dafür sprechen die Exemplare aus nordischen Ländern. Es fiel mir auf, daß fast alle Tiere der Spezies A. caja aus Nordamerika eine Größe von 30 mm für die Männchen und 35 mm für die Weibchen nicht überschreiten, dagegen die aus südlichen Ländern, wie z. B. Var. wiskotti, bei den Männchen im Durchschnitt 35 mm, bei den Weibchen 41 mm maßen. Es liegt nahe, diese Tatsache auf bessere Lebensbedingungen bei den Südformen zurückzuführen, zumal, wenn man wie ich die Erfahrung gemacht hat, daß jede intensivere Entwicklungshemmung, wie sie z. B. bei Zuchten langandauernder, stark erhöhter oder erniedrigter Temperatur oder bei Dunkel- und Hungerzuchten eintritt, eine Größenverminderung nach sich zieht. Eine solche Kleinheit kann man als eine Art von symmetrischer, gleichmäßiger Verkümmerung, die bei jeder Störung eintritt, auffassen. Solche Störungen sind z. B. nach A. Weismann (L. N. 1, II, p. 41; L. N. 118, p. 26) zu feuchte Luft im Brutofen, da dabei das Puppengehäuse aufweicht, wodurch das Schlüpfen erschwert wird, oder nach O. Schulz (L. N. 1, II, p. 48) absolute Trockenheit.

Wenden wir uns jetzt zu dem Abschnitt über die

b) Befunde anderer Forscher.

Prof. M. Standfuss wies, wie ich in Zürich sah, an A. fasciata nach, daß die Größe von der Entwicklungsdauer und der Temperatur abhängig ist (vgl. auch Standfuss, L. N. 106, p. 148). Er und andere Forscher, desgleichen auch ich selbst, fanden, daß eine normale Fraßzeit der Raupen normale große Imagines nach sich zog. Wurde die Temperatur wenig erhöht, so wurde die Lebenstätigkeit der Raupen erhöht, die Fraßzeit kürzte sich und die Imagines wurden größer. Ein Fall, den wir in der Natur etwa bei der Var. wiskotti beobachten. Eine weitere Erhöhung der Temperatur kürzte die Fraßzeit noch mehr, die Tiere verbrauchten wahrscheinlich viel Kraft, um gegen die übermäßige Hitze anzukämpfen (vgl. Theorien von Urech und Schröder, Einl. p. 416 und 419) und hatten nicht mehr die nötige Zeit, voll auszuwachsen. Die Imagines blieben daher klein. Das gleiche

Resultat erhielt STANDFUSS bei analogen Versuchen mit Call. dominula u. a. m. Bei manchen anderen Tieren zeigte sich allerdings das Umgekehrte. Es mußten dabei Rasseeigentümlichkeiten berücksichtigt werden (L. N. 106).

Ich selbst konnte bei Kältehemmungen nachweisen, daß die Fraßzeit länger wurde, aber wegen der durch Kälte hervorgerufenen Unterdrückung der Lebenstätigkeit und der wahrscheinlich nicht genügenden Umsetzung des Nahrungsstoffes die Tiere, wie bei Hungerzuchten verkümmerten.

Andere Forscher [man findet eine Zusammenstellung derselben und ihrer Befunde in BACHMETJEW (L. N. 1, II, p. 870)] glauben Variationen dieser Art durch verschiedene Nahrung erreicht zu haben. Die Resultate der einzelnen Lepidopterologen sind aber meist sich absolut widersprechende und das einzige Sichere ist: bei, für die Tiere fremder Nahrung werden die Imagines, falls sie überhaupt zur Entwicklung kommen, kleiner. Also liegt hier wieder eine Hemmungserscheinung vor. Wir können also aus diesem Kapitel folgende Schlüsse ziehen.

c) Zusammenfassung.

1. Die Formenvariabilität von A. caja ist fast 0. Flügelformveränderungen treten nur bei gleichzeitiger Geäderveränderung auf. Diese fast nur als pathologische Deformation.

2. Die Männchen der A. caja sind durchschnittlich kleiner als die Weibchen.

3. Die Männchen sind in bezug auf die Größe fixierter, d. h. ihre Variationsbreite ist geringer als die der Weibchen.

4. Je größer die Hemmung in der Entwicklung, desto kleiner ist die Imago.

5. Wachstumshemmungen werden hervorgerufen durch fast alle übermäßigen, außerordentlichen, in der Natur normaliter nicht vorkommenden Lebensbedingungen, als: zu hohe oder zu niedrige Temperatur, zu große oder zu geringe Feuchtigkeit, unzureichende oder unpassende Nahrung, unzureichendes Licht, kurz alle Einschränkungen notwendiger Lebensbedingungen.

6. Einflüsse, die die Lebenstätigkeit der Raupen und Puppen erhöhen, rufen bei A. caja eine Zunahme der Imago in ihrer Größe hervor.

II. Abschnitt.

Variabilität in Zeichnung und Farbe der Flügel.

a) Eigene Untersuchungen.

Ich habe bereits in Kapitel I: Material und Methode — gesagt, daß ich zum Schluß gekommen bin, das Geäder als konstant anzusehen. Nun möchte ich zunächst die Zeichnung der Flügel durchsprechen und zugleich dabei nachweisen, daß eine gewisse Abhängigkeit der Zeichnung vom Geäder vorliegt.

Bei schnellem Überblicken einer großen Zahl A. caja-Individuen erkennen wir bald, daß wir außerordentlich helle, mittlere und extrem dunkle Tiere vor uns haben. Wir sehen aber zugleich, und darauf mußte ich besonders achten, daß die dunklen Tiere ihre Dunkelheit manchmal einem bloß dunklen Farbenton bei zarter Zeichnung, manchmal einer hellen aber stark verbreiteten Zeichnung verdanken. Wir haben also streng zu scheiden zwischen: Farben- und Zeichnungswirkung.

Abgesehen von der Lage der einzelnen Bänder, variiert an dem Falterflügel fast alles. Die Lage jedoch ist in vollkommener Abhängigkeit vom Geäder und zwar etwa wie folgt: Band *A* liegt stets am Ursprung aller Adern am Wurzelende des Flügels, und ist nur höchst selten durch ein schmales Grundfarbenband vom Thorax getrennt. Die Trennung tritt fast nur dann auf, wenn die Schulterdecken des Thorax zugleich stark weißgelb gezeichnet sind z. B. beim Auftreten der Formel 4 für die Schulterdecke. Vgl. Textfig. 9. Band *E* läuft über die Querader, welche das Diskoidalfeld nach außen hin abschließt, Band *D* verläuft in der Mitte zwischen den Bändern *C* und *E*, Band *F* geht über den Schnittpunkt der Adern II_3 und II_5 und auf den Hinterflügeln an analoger Stelle, Band *G* endlich bildet, abgesehen von lichten Saumfranzen, die äußerste Begrenzung der Flügel. Alle Bänder sind an Ader IV_1 gekrümmt, d. h. die Bänder *A*—*F* streben oberhalb der Ader IV_1 zum Außenrand, unterhalb dieser Ader — wurzelwärts. Band *G* aber läuft dem Saume parallel und verbreitet sich nur stark nach innen bei Ader IV_1. Diese Merkmale der Bänderlage gelten für Vorder- und Hinterflügel in gleicher Weise und für sämtliche Varianten der A. caja. L. Mag die Zeichnung noch so kompliziert sein, auf Grund des Geäders läßt sich jedes Zeichnungsband bestimmen. Es können manchmal eine ganze Anzahl Bänder, sogar alle, fehlen, daß aber bei

A. caja mehr Bänder als 7 auftreten, ist mir nie zu Gesicht gekommen. Zwei Fälle, auf die ich später im Allgemeinen Teil zurückkomme, fielen mir auf, wo einmal Band *E* an der Diskoidalquerader parallel dieser durch einen feinen Grundfarbentonstreifen gespalten wurde, das andere Mal, wo eine solche Trennung in Band *A* bei A_1 und A_2 vorkam.

Die Zeichnungsbänder sind also in ihrer Lage bestimmt, nicht aber in ihrer Form und Breite.

Bei der häufigsten Form ist das Zeichnungsband zirka doppelt so breit wie das Grundfarbenband. Dieser Fall ist aber relativ selten. Es ist die Breite der Bänder vielmehr das Allervarianteste am gesamten Habitus des Falters. Eine Verbreiterung resp. Verschmälerung des Zeichnungsbandes kann stellenweise oder auf der ganzen Ausdehnung des Bandes stattfinden. Ersteres führt oft zur Querstreifung. Die Verbreiterung kann bald beiderseitig (von der Mittellage des Bandes aus gerechnet), bald einseitig sein. Letzterer Umstand hat mich anfangs zur Meinung gebracht, die Bänder variierten auch seitlich in ihrer Lage. Daß sie dieses aber nicht tun, glaube ich daraus schließen zu dürfen, daß bei etwa 90% aller Tiere die Bänder normal lagen, bei den übrigen 10% zwar mehr oder weniger seitlich verschoben schienen, aber sie waren in ihrer Form zugleich derartig bizarr, oder gar infolge Geäderverkrüppelung verzerrt, daß es überhaupt schwer fiel, den Verlauf eines Bandes annähernd genau zu verfolgen. Da solche Tiere (mit zwei Ausnahmen) stets asymmetrisch waren, d. h. die Flügel einer Seite widersprachen obiger Regel der Konstanz der Lage der Zeichnung nicht, so führe ich solche Abnormitäten auf irgendwelche pathologische Störungen zurück, die bei Aufstellung eines allgemeingültigen Satzes nicht zu berücksichtigen sind.

Wir kommen nun wieder auf die seitliche Verbreiterung der Zeichnungsbänder zu sprechen. Meist entsteht eine solche zwischen zwei Adern; nur Band *G* macht eine Ausnahme davon und strebt gerade, an den Adern sich zu verbreitern. Allerdings, an Stellen, wo mehrere Adern dicht nebeneinander liegen, wie etwa an der Diskoidalquerader, beim Ursprung der Adern III_2, III_3 und IV_1 verbreitert sich das Band anscheinend die Adern entlang. Bei näherer Untersuchung macht man jedoch die Beobachtung, daß überall an den Stellen, wo eine Ader ein Zeichnungsband schneidet, das Band selbst in verschmälerndem Sinne ein-

gekerbt ist. Nach allem diesen will es mir scheinen, daß, wenn die Adern die Pigment zuleitenden Kanäle enthalten, der osmotische Übergang des Pigmentes in die Schuppen dicht links oder rechts von den Adern, dort, wo die Flügelmembran an diese angrenzt, erfolgt, und es kommt, da es wahrscheinlich größere Schwierigkeiten zu überwinden hat, zuletzt erst in die Schuppen, die auf den Adern selbst liegen (vgl. Kap, II, Abschn. 2*a*). Da nun die Endigung der Adern zarter und feiner ist, ist diese Schwierigkeit an dieser Stelle geringer. Es kommt das Pigment daher ziemlich ebenso schnell auf die Adern, wie seitlich von ihnen hin. Deshalb macht das Band *G*, welches gerade an den Endigungen der Adern liegt, die Ausnahme, daß kaum eine Einkerbung des Zeichnungsbandes an den Adern zu konstatieren ist. Für diese Auffassung spricht auch noch der Umstand, daß manche prachtvoll pigmentierte Zeichnungsbänder auf den Adern vollkommen pigmentlos, resp. nur durch das, wie ich nachher beweise, ursprünglichere, weiße Pigment gefärbt sind. Es hat somit bei der Ausfärbung der Flügel das Pigment wohl Zeit gehabt, seitlich aus den Adern in die Schuppen zu fließen, es ist aber aus irgendwelchem Grunde nachher verhindert worden, auch auf den Adern sich niederzulegen. Auch der Umstand, daß Flecke entstehen zwischen zwei Adern, vollkommen getrennt von diesen, widerlegt diese Anschauung nicht. Das Flügelfeld hat wahrscheinlich einige besonders empfindliche Stellen, die auf Pigmentzufluß am leichtesten reagieren. Man vergleiche Urechs (L. N. 113.) und Fischers Theorie der verschiedenen chemischen Pigmentzusammensetzung und der damit verbundenen stärkeren chemischen Anziehung des Pigments in die Intercostalräume. Diese Theorie unterstützt obige Annahme. Nie ist es mir, bei Arctiiden wenigstens, zu Gesicht gekommen, daß bloß die Adern gefärbt waren, während zwischen denselben eine primitivere Färbung vorherrschte. Weißes Pigment als primäre Grundfarbe ist über den ganzen Flügel mit Beginn der Ausfärbung verbreitet, also auch auf den Adern (vgl. Kap. IV: „Ontogenetisches“). Sog. Brücken, die, wie oft gesagt wird, gerne die Adern entlang sich bilden, d. h. Flecke, die je zwei Längsbänder quer miteinander verbinden, sind meist zwei durch die betr. Ader mehr oder weniger getrennte, schmale Streifen, die dicht ober- oder unterhalb derselben verlaufen.

Ich nahm hierbei an, daß die Adern die pigmentzuleitenden Wege sind. Dieses ist schon des öfteren nachgewiesen worden, und kann ich mich nicht weiter mit dieser so gut wie gelösten

Frage abgeben. Ich verweise deshalb auf Urech (L. N. 113), Fischer (L. N. 22), M. v. Linden (L. N. 58 und 59) u. a. m.

Wie Eimer (L. N. 8), M. v. Linden (L. N. 55), Chr. Schröder (L. N. 85) und andere nachgewiesen haben, ist die Längsstreifung die ursprünglichste Zeichnungsart, die über schmale Anlagen aus der Zeichnungslosigkeit entsteht; nach und nach bildet sich durch seitliche Verbreiterung und gleichzeitige anderwärtige Verschmälerung eine Fleckzeichnung aus, bis zum Schluß wieder der höchste und zugleich einfachste Zustand, der der Einfarbigkeit, erreicht ist. Wir finden bei A. caja eine entschieden ausgesprochene Längszeichnung. Selten ist eine solche noch nicht vollkommen, d. h. es fehlen ganze Bänder oder einzelne Teile derselben (Z. B. Taf. XIX, Fig. 1 und 2). Häufig dagegen tritt schon eine seitliche Verschmelzung zweier Längszeichnungsbänder ein, die zur Querstreifung übergehen. Hier sind es besonders einzelne bestimmte Teile des Zeichnungsbandes, die zur Brückenbildung (s. oben) neigen. Überhaupt sind einzelne Bandteile variabler als andere. Wir wollen ein wenig darauf eingehen.

Wir unterscheiden sowohl äußerst stabile, wie äußerst labile Zeichnungsbandteile oder Flecke. Während z. B. bei allen von mir untersuchten Tieren Fleck $E_{2(2)}$ nie und die Flecke G_1, $F_{1(3)}$, E_1 fast nie schwinden, geschieht dieses sehr häufig mit den Flecken $B_{(2)}$, C_3 und G_4. Ferner habe ich niemals vom Bande A die Teile $A_{(2)}$ bis $A_{(4)}$ finden können, mit Ausnahme, wenn der Flügel einfarbig dunkel ist (Textfig. 5, 8, 9 und 12). Auf den Hinterflügeln ist der durchaus konstanteste Fleck F'_3, die seltensten B'_{1-4} und C'_{1-4}. Im übrigen verhalten sich die Hinterflügel wie die Vorderflügel. Wie im Vorkommen, so variieren die Flecke auch in ihrer Tendenz zu seitlicher Verbreiterung. Die häufigsten Brücken sind die zwischen D_3 und E_3, sowie C_4—D_4—E_4 und endlich F_2 und $G_{(1)}$. Relativ häufig sind Brücken zwischen folgenden Flecken: $E_{(2)}$—F_3; C_3—D_3; E_2—F_2; $F_{(2)}$—$G_{(2)}$ und $F_{(4)}$—G_4. Seltener die zwischen C_{1-2} und D_{1-2} oder D_{1-2} und E_{1-2}, sowie E_1—F_1 usw. Am allerseltensten sind die Brücken zwischen $B_{3(4)}$ und $C_{3(4)}$. Ich verweise auf die Textfig. 8, auf der alle Möglichkeiten eingezeichnet sind. Auf den Hinterflügeln (wir reden bloß von der Oberseite der Flügel) ist die weitaus häufigste Brücke F'_1 zu E'_1 resp. E'_1 zu D'_1, es folgen in der Häufigkeit D'_3—E'_3; E'_2—$F'_{(3)}$; D'_{3-4}—E'_{3-4}. Am seltensten verschmilzt F'_1 mit G'_1. Durch die I. schematische Sonderung der Flügel auf Textfig. 3 und 4, sowie die weiteren

auf der Textfig. 5—7, werden in den Formeln der Flügelzeichnung die Brücken je nach ihrer Wichtigkeit mehr oder weniger fixiert.

Wenden wir uns jetzt der Übersicht über die Verbreitung der Vorderflügelzeichnungsvariation zu. Ich habe, um eine Übersichtlichkeit zu erlangen, die Formel der durchgearbeiteten Tiere auf Tafeln eingezeichnet, die mit einem Koordinatensystem versehen sind. Auf der Abszisse trug ich die Bezeichnung der II. und III. schematischen Sonderung ein, auf der Ordinate die der I. Ist das Koordinatensystem von den Bezeichnungen der Vorderflügelformeln gebildet, so trug ich in das dem Tiere entsprechende Formelquadrat die Formel der Hinterflügelzeichnung desselben Tieres ein, und umgekehrt. Dieser Modus gab mir die Möglichkeit, zugleich Korrelationen zwischen Vorder- und Hinterflügelzeichnung, falls solche vorhanden sind, zu sehen.

Betrachten wir nun die Taf. XX. Ich wiederhole: Auf der Abszisse sind die Bezeichnungen der II. (α, β, γ) und der III. [1 (1), 2 (2) . . . 7 (7)] Vorderflügelzeichnungssonderung eingetragen, auf der Ordinate die der I. Sonderung (0, I' I'' . . . VI). Hat nun ein Tier die Vorderflügelformeln Vβ 5 und die Hinterflügelformeln VI'' α 3, so finden wir es in vorstehender Tabelle in der Horizontalkolonne V im Teil β in dem Fach 5. Hier ist dann die Hinterflügelformel VI'' α 3 eingetragen. Um nun zugleich Männchen und Weibchen getrennt beachten zu können und auch die Anzahl der Stücke gleicher Formelwerte anzugeben, hat jede eingetragene Formel seitwärts einen Punkt. Die Anzahl der Punkte neben einer Formel gibt die Anzahl gleicher Stücke wieder. Die Punkte links von der Formel geben die Anzahl der Männchen, die rechts von der Formel die Anzahl Weibchen an. Es ist also in vorliegender Tabelle bei der Vorderflügelzeichnungsformel Vβ 5 ein Weibchen der Hinterflügelzeichnungsformel VI'' α 3 eingetragen.

Ich habe diese Art meiner Wiedergabe genauer erklärt (ich hoffe zur Genüge), weil ich sie in analoger Weise für fast alle anderen Merkmale der A. caja L. benutze[1]). Wenden wir uns jetzt dem zu, was die Taf. XX uns zeigt.

1) In dieser Tafel sind nur die Tiere der Pilzschen Sammlung verzeichnet. Die daraus gezogenen Schlußfolgerungen erstrecken sich aber, wie ich aus gründlichem Vergleich mit den anderen, nicht publizierten Tabellen ersah, auch auf alles übrige mir bekannte Material. Wo eine Verallgemeinerung ohne weiteres nicht ausgeübt werden durfte, zog ich zur Korrektur meine anderen nicht veröffentlichten Tabellen hinzu.

Zunächst sehen wir, daß unter α im Verhältnis sehr viel weniger Tiere zu finden sind als unter β und γ; d. h. eine

Textfig. 12. Tabelle der Vorderflügelformeln mit der eingetragenen Stückzahl aller ♂♂ und ♀♀ von Arctia caja L.

Trennung des Fleckens C_3 von D_3 ist relativ selten. Alsdann sehen wir, daß einige Formeln unter β fast ebenso häufig vor-

kommen wie unter γ; man vergleiche z. B. III'''β 5 und III'''γ 5, jedenfalls sind meist dort die größte Anzahl Tiere in γ vertreten, wo sie sich in β finden: eine Erscheinung, die für die Hinterflügel noch mehr zutage tritt (vgl. Taf. XXI). Daraus ersehen wir, daß die Tiere, die der Sonderung β und γ entsprechen,

Textfig. 13. Tabelle der Vorderflügelformeln zur Darstellung der Verteilungs- und Anzahlkurven in bezug auf die [W.]-Zeichnungselemente der Vorderflügel. Obere Kurve: Männchen und Zwitter [— u. ·····], untere Kurve: Weibchen [—] aller Arctia caja L.

näher zueinander gehören, als die von α zu jeder einzelnen der beiden Gruppen. Ferner: Am meisten Tiere sind zu finden in III''' und besonders in IV, nur in 0 γ ist noch eine dichtere Besetzung zu verzeichnen. Daraus folgern wir, daß die Tiere mit mindestens 3—4 durchlaufenden Grundbändern die häufigsten

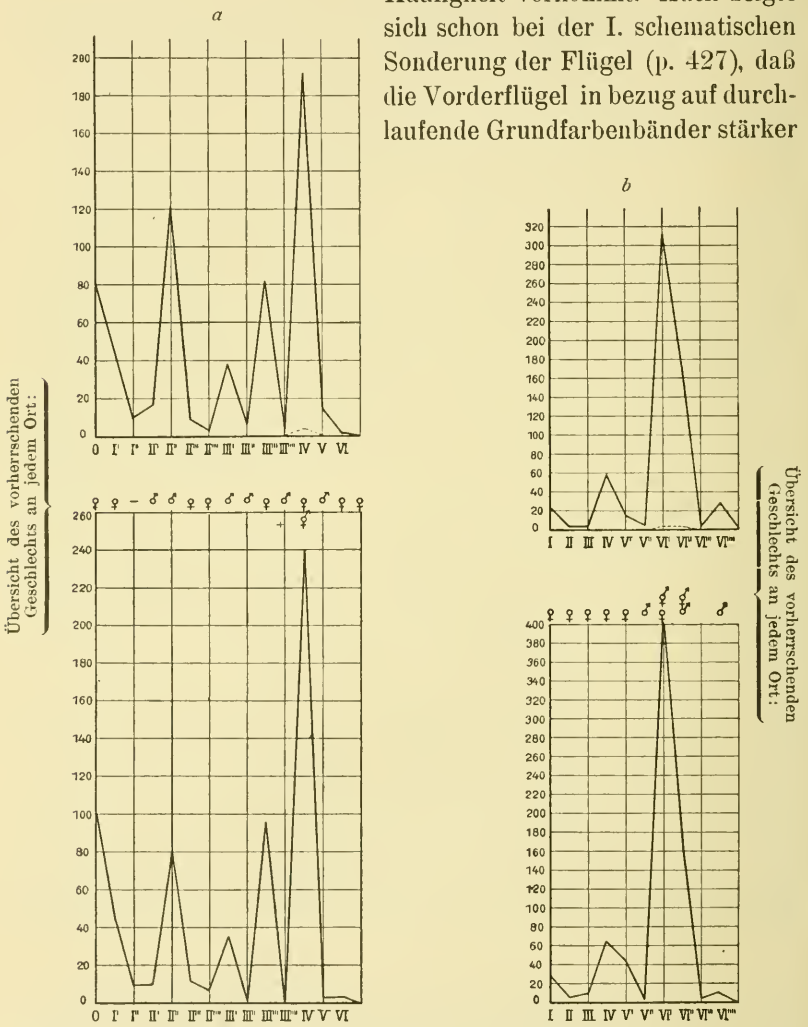
sind und zwar sind diese dann: *a*, *b*, *c* und *f* (letzteres nur bei Gruppe IV). Nicht selten sind ganz verdunkelte Tiere, d. h. Tiere, die stark durch äußere Einflüsse, im Sinne von Querverschmelzung bis zur Verdunkelung beeinflußt sind, wie uns Rubrik 0 γ (6) und 0 γ 7 lehrt. Daß äußere Einflüsse diese Verdüsterung bewirken, ist wiederholt festgestellt worden (vgl. auch die Versuchsresultate von Fischer, Standfuss u. a. in der Einleitung p. 415—421). Das am häufigsten vorkommende Tier entspricht in bezug auf die Vorderflügelzeichnung der Formel: IV β 4 — ein Typus, den ich zur Unterlage der schematischen Taf. XVIII benutzte. Um diesen Schluß zu erhärten und noch genauer zu präzisieren, betrachten wir noch die Textfig. 12, in welcher nur die in jeder Vorderflügelzeichnungsformel vorkommende Stückzahl der Männchen und Weibchen angegeben ist. Noch klarer ersieht man das folgende Resultat aus den Kurven der Textfig. 13. Hier ist unten nur die Einteilung *a*, β, γ mit der 1, (1), 2, (2) usw. eingetragen und darüber die in allen Reihen von 0—VI vorkommenden Männchen und Weibchen. Die Textfig. 12 zeigt uns, daß die größte Anzahl Männchen in IV β 2, IV *a* 2, 0 γ (7) IV β 4 vorkommen. Wird aber die I. Sonderung außer Acht gelassen, d. h. denken wir uns 0, I', I'' usw. aufeinander gelegt, so erhalten wir die männliche Kurve der Textfig. 13 und finden die größte Anzahl Männchen in a_2, $\beta_{2,3,4,5}$.

Ähnlich verhält es sich mit den Weibchen: Auf Textfig. 12 finden wir die bei weitem größere Anzahl Weibchen in IV β 4, wo 64 Stück von den ca. 1200 A. caja-Weibchen stehen. Es folgen in der Häufigkeit die Rubriken: IV *a* 2 mit 38 Weibchen, IV β 2 mit 35 Weibchen, 0 γ (7) mit 29 Weibchen und endlich IV β 5 sowie III''' γ 5 mit je 20 Weibchen. Auf Textfig. 13 sind wiederum in γ 5 und in β 4 die bei weitem größte Zahl der Weibchen.

Zum Schluß denken wir uns die Sonderung $a_{1\,(1)\,2\,(2)}$ . . . ., $\beta_{1\,(1)\,2\,(2)}$ . . . ., $\gamma_{1\,(1)\,2\,(2)}$ . . . . weg und die Stückzahl der Geschlechter allein auf die Sonderung 0—VI projiziert, so erhalten wir ein Bild der Kurve, wie es auf Textfig. 14*a* dargestellt ist, d. h. die größte Zahl der Männchen liegt in Kolonne IV, die größte Zahl der Weibchen desgleichen daselbst. Nehmen wir den Durchschnitt aller dieser Befunde, so ist das.

Normalmännchen: $VZF =$ IV β 4
Normalweibchen: $VZF =$ IV γ 5.

Aus dieser ganzen Schlußfolgerung ersehen wir, daß der A. caja-Falter, was seine Vorderflügelzeichnung anbelangt (*VZF*), kolossal variant ist und in vielen Varianten in fast derselben Häufigkeit vorkommt. Auch zeigte sich schon bei der I. schematischen Sonderung der Flügel (p. 427), daß die Vorderflügel in bezug auf durchlaufende Grundfarbenbänder stärker



Textfig. 14. Tabellen der Formeln für *a* Vorderflügel und *b* Hinterflügel zur Darstellung der Verteilungs- und Anzahlkurven in bezug auf die Elemente der Grundfarbenbänder. Obere Kurven: Männchen u. Zwitter [— u. ·····], untere Kurven: Weibchen [—] aller Arctia caja L.

variieren als die Hinterflügel; verhält sich doch die Anzahl der Gruppen wie 14 : 10. Daraus ist ersichtlich: Auf Grund der Vorderflügelzeichnung allein läßt sich kein sicherer Normaltypus aufstellen.

Auch läßt sich aus den Textfigg. 13 und 14 ersehen, daß Männchen und Weibchen nicht in gleicher Häufigkeit mit derselben Vorderflügelzeichnung auftreten. Ich habe jeder der Textfiguren eine Übersicht des vorherrschenden Geschlechts an jedem Ort der Kurve beigefügt und, obgleich der von mir erst später zu besprechende Befund: die Weibchen neigten eher zum Verdunkeln als die Männchen — und umgekehrt, hier durchaus ungenügend bestätigt wird, muß ich doch darauf aufmerksam machen, daß, wie die Übersicht zeigt, die Majorität der helleren Tiere Männchen, die der dunkleren fast stets Weibchen sind. Dabei ist darauf zu achten, daß bei dieser Übersicht α, β, γ einzeln zu betrachten sind, denn $\alpha(7)$ ist ein weit dunkleres Tier als β_1, und $\beta(_7)$ wieder weit dunkler als γ_1, und umgekehrt.

Nun möchte ich bloß noch bemerken, daß die durchlaufenden Grundbänder ein viel ausgeprägteres Merkmal der Varianten sind, als die Einteilung in α, β, γ und 1 (1), 2 (2) . . . usw., denn wir fanden das Normaltier ganz eindeutig in IV, um es aber genauer zu bestimmen, war die Vieldeutigkeit der anderen Sonderungen zu groß.

Verlassen wir jetzt die *VZF*, auf die wir bei Besprechung der Korrelationen wieder eingehend zurückkommen und wenden uns der Taf. XXI zu, auf der die Koordinatenachsen durch die Hinterflügelzeichnungsformeln (*HZF*) gebildet sind und in deren Rubriken sich die *VZF* befinden. Auch hier in Taf. XXI ist nur das Pilzsche Material berücksichtigt, vgl. Fußnote auf p. 442.

Wie auf Taf. XX, so sehen wir auch hier, daß α weitaus seltener ist als β und γ; und nach obiger Auseinandersetzung β und γ daher näher zueinander verwandte Formeln enthalten, als die α-Formen zu je einer der beiden anderen. Wir sehen außerdem noch bewiesen, daß die III. Sonderung in 1 (1), 2 (2) . . . usw. bei den geklammerten Zahlen schwach besetzt ist, d. h. diese Zahlen bestimmen Ausnahmeformeln. In allen drei Kolonnen α, β, γ, vor allem aber in β und γ, sehen wir an gleicher Stelle die größte Anzahl Tiere, und zwar sind die weitaus am häufigsten vorkommenden Tiere in der Rubrik VI', d. h. 6 durchlaufende Grundfarbenbänder hat der Normaltypus der Hinterflügelzeichnug. Die durchlaufenden Bänder sind: a', b', c', d', e' und f'; dabei ist sowohl Fleck D'_{2-3}, wie die Flecke $E'_{2\,(2)}$ und F' vorhanden. In den Kolonnen 3—5 sind die Tiere besonders schwach vertreten. Das häufigste Tier ist der Formel VI'γ5 entsprechend. Wir holen zum Vergleich die der Textfig. 12 analoge

Textfig. 15 zu Rate. Hier finden wir, daß — ziehen wir das ganze A. caja-Material in Betracht — die größte Anzahl Männchen sich in VI′ α 3, VI′ γ 4, VI′ β 3 und VI′ β 4 befindet und bei Betrachtung

Textfig. 15. Tabelle der Hinterflügelformeln mit der eingetragenen Stückzahl aller ♂♂ und ♀♀ von Arctia caja L.

der dazu gehörigen Kurve Textfig. 16 auch α_3 die Norm für das Männchen darstellt.

Textfig. 16. Tabelle der Hinterflügelformeln zur Darstellung der Verteilungs- und Anzahlkurven in bezug auf die Zeichnungselemente der Hinterflügel. Obere Kurve: Männchen und Zwitter [— u.], untere Kurve: Weibchen [—] aller Arctia caja L.

Bei den Weibchen liegen die Daten wieder etwas präzisierter. Wir finden die überaus größte Zahl der Weibchen in VI' γ 5. In γ 5 ist auch die Kurve der Textfig. 16 am höchsten. Zum Schluß lassen wir auch hier wieder die II. und III. Sonderung weg und finden auf Textfig. 14 *b* für Männchen und Weibchen die größte Zahl in VI'. Wir finden also auch hier bestätigt, daß die I. Sonderung präzisere Resultate gibt. Ziehen wir aus obigem das Mittel, so erhalten wir:

Normalmännchen: $HZF =$ VI' α 3
Normalweibchen: $HZF =$ VI' γ 5

Betrachten wir nun die auf den Kurventafeln eingezeichneten Übersichten des vorherrschenden Geschlechts an jedem Ort, so fällt uns der oben erwähnte Satz geradezu frappant in die Augen:

Die Weibchen neigen, in bezug auf die Vorder- und Hinterflügelzeichnung mehr zum Dunkelwerden, die Männchen mehr zur Aufhellung. Und zwar gilt das hier sowohl innerhalb der einzelnen Abteile α, β, γ, wie auch für die ganze II. und III. Sonderung.

Wir sehen aber auch hier, bei Fixierung des Normaltypus, daß die Männchen in vielen Varianten gleich häufig sind, d. h., ein Normaltypus für die Männchen ist nicht leicht zu finden. Das Normalweibchen aber läßt sich ganz präzise festlegen. Auf der schematischen Taf. XVIII ist der Hinterflügel einem Normalweibchen entnommen. Wiederholen wir nun nochmals unsere Befunde:

Die Vorderflügelzeichnung eines Normalmännchens ist ca. IV β 4.

Die Hinterflügelzeichnung eines Normalmännchens ist ca. VI' α 5.

Die Vorderflügelzeichnung eines Normalweibchens ist ca. IV γ 5.

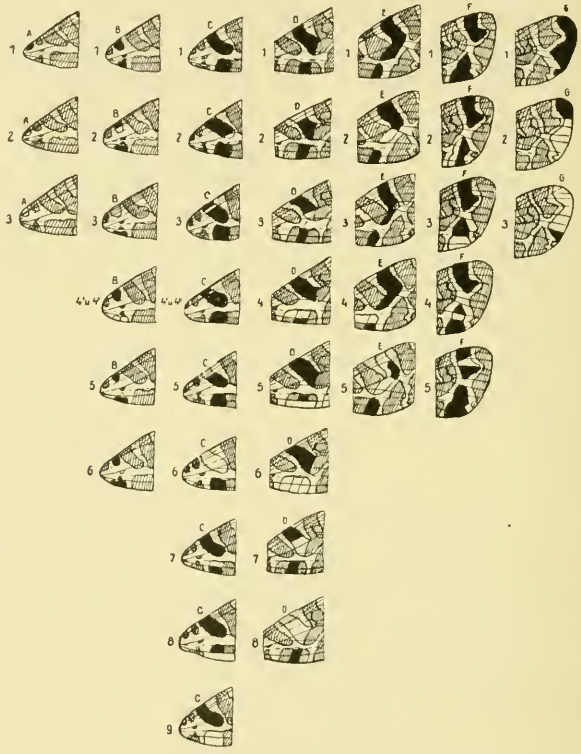
Die Hinterflügelzeichnung eines Normalweibchens ist ca. VI' γ 5.

Auf weitere Schlußfolgerungen aus der Taf. XXI kommen wir erst bei Besprechung der Korrelationserscheinungen zurück.

Wir haben bisher ausschließlich von der Oberseite der Flügelzeichnung gesprochen. Es ist aber von Interesse, auch die untere Seite zu berücksichtigen, zumal sie bei der Klassifizierung vollkommen außer acht gelassen wurde.

A. caja L. trägt, wie bekannt, die Flügel dachförmig übereinander, doch kommt es, wie ich häufig zu beobachten die Gelegenheit hatte, auch vor, daß der Falter beim Ruhen die Flügel aufklappt. In beiden Fällen ist die Unterseite der Vorderflügel und die Oberseite der Hinterflügel unsichtbar, denn die Hinterflügel werden von den Vorderflügeln verdeckt (vgl. auch später in Kapitel II, Abschnitt 2b) die Standfuss'sche Ansicht). Nehmen wir im Leben der A. caja L. auch nur die geringste Selektionswirkung an, so ist dieser am meisten die Oberseite der Vorderflügel ausgesetzt. Weshalb diese dennoch keine präzise Form angenommen hat, werde ich später im „Allgemeinen Teil" auseinandersetzen. Es käme ferner, aber in weit geringerem Maße die Unterseite der Hinterflügel für den selektiven Einfluß in Betracht; sodann deren Oberseite und am wenigsten die Unterseite der Vorderflügel. Die Hinterflügeloberseite ist aber dennoch viel präziser, wie ich oben nachwies, als die Oberseite — auch darauf komme ich später zurück. Ist die Unterseite der Vorderflügelzeichnung der Selektion gar nicht ausgesetzt, so unterliegt sie einerseits weniger der Ausbildung, d. h. sie bleibt primitiver, andererseits werden eventuelle Veränderungen nicht festgehalten, sondern können vollkommen richtungslos variieren (vgl. Schröder, L. N. 85). Der primitivste Fall ist die Zeichnungslosigkeit, der (über schmale Anlagen) die Längsstreifung folgt. Querstreifung dagegen oder auch schon der Anfang zu seitlicher Verschmelzung ist nach Th. Eimer (L. N. 10) und Schröder (L. N. 85) schon ein Stadium weiterer phylogenetischer Entwicklung. Es ist nun interessant, auf der Unterseite der Vorderflügel unseres Tieres diese Schlußfolgerung meist bestätigt, nie aber umgeworfen zu sehen. Bänder der Zeichnung, die auf der Vorderflügeloberseite wohlausgebildet sind, können unterseits oft ganz oder teilweise fehlen. Das Umgekehrte trifft niemals ein. Brücken und seitliche Verschmelzungen der Oberseitenzeichnung sind oft auf der Unterseite noch nicht gebildet. Das Gegenteil habe ich nicht beobachten können. Andererseits — wir sahen, daß die Vorderflügeloberseite eine sehr große Variationsfähigkeit hatte — und sehen nun, daß die Unterseite die Oberseite darin noch weit übertrifft. Ich habe auf Textfig. 17 die möglichen Varianten der Unterseitenzeichnung gegen die der Oberseite, für jedes Zeichnungsband einzeln angeführt und finde eine stattliche Anzahl. Bedenkt man nun, daß viele Varianten sich aus vorliegenden Einzelabänderungen kombinieren, etwa aus zwei oder drei, oder, wie

es oft geschieht, aus noch mehr, so ersieht man daraus leicht, daß, variiert erst einmal die Oberseite, die Unterseite über eine enorme und zwar vollkommen richtungslose Variationsbreite verfügt.



Textfig. 17. Schema der wichtigsten Variationen einzelner Zeichnungsflecke der Vorderflügel-Unterseite. NB. Obenan die häufigsten, unten die seltneren.

Zeichenerklärung:

□ = Fehlende oder stark aufgehellte Teile einzelner Bänder.
▨ = Unwesentliche Bänder, für den speciellen Fall.
■ = Das zu beobachtende vorhandene Band.

A, *B*, *C* ..... *G* = Bandbezeichnung.
1, *2*, *3* ..... = Reihenfolge der Varianten in bezug auf ihre Häufigkeit.

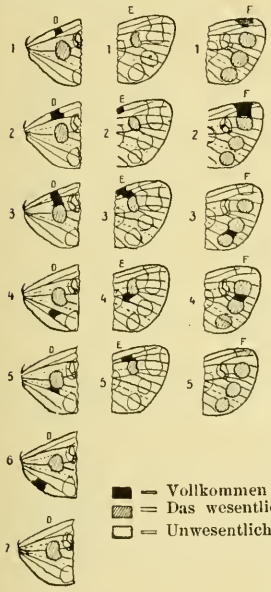
Bemerkung: Außer diesen Einzelfällen treten oft Kombinationen derselben auf. Einige in der Theorie mögliche Kombinationen treten wiederum in der Praxis nie auf, z. B. $E_5 + D_1 + C_1$ oder $G_3 + D_1 + D_6$ usw.

Die Unterseiten-Vorderflügelzeichnung ist also primitiver, d. h. es fehlen Bänder oder Brücken, die oberseits vorhanden sind und sie ist zugleich noch un-

begrenzter in ihrer Variationsfähigkeit als die Oberseite der Vorderflügelzeichnung.

Nach unserer vorherigen Betrachtung müßte die Unterseite der Hinterflügel phylogenetisch vorgeschrittener sein als die Oberseite, dabei aber auch eine geringere Variationsbreite haben als die Oberseite. Ersteres ist unbedingt der Fall, wie uns Textfig. 18 lehrt, letzteres aber nicht und liegt das daran, daß, wie ich eben erwähnte, die Oberseite der Hinterflügel selektiv stärker beeinflußt wird, aber in ganz anderem Sinne — im Sinne der Ausbildung von Schreckfärbung, wie ich im „Allgemeinen Teil" zu erklären suche. Sahen wir auf der Vorderflügelunterseite Bandteile und Brücken fehlen, die oberseits vorhanden waren, so trifft dieses für die Hinterflügel nie zu, es findet vielmehr das Gegenteil statt. Also:

Die Unterseitenzeichnung der Hinterflügel ist phylogenetisch höher, d. h. es treten Bänder und Brücken auf, die oberseits fehlen, und sie ist zugleich etwas



Textfig. 18. Schema der wichtigsten Variationen einzelner Zeichnungsflecke der Hinterflügel-Unterseite. NB. Obenan die häufigst vorkommenden.

Zeichenerklärung:

Vgl. Bemerkung auf Textfig. 12.

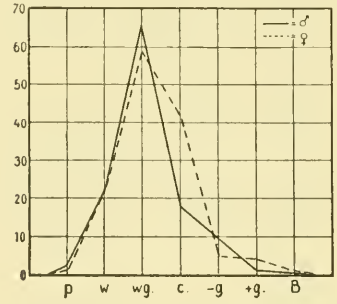
variationsfähiger als die Oberseite der Hinterflügelzeichnung, wenngleich in viel schwächerem Maße als dieses bei den Vorderflügeln zu konstatieren ist.

Mit diesem Résumé verlassen wir die Zeichnungsfrage der Flügel und wenden uns, eine Begründung auf weiter unten verschiebend, der Frage der Farbenvariation zu.

Auf Taf. XVIII sehen wir eine Reihe verschiedenster Farbentöne dargestellt, doch ist diese Skala noch immer nicht erschöpfend. Taf. XIX zeigt uns vielmehr noch mehrere andere extreme Fälle. Bei näherer Betrachtung der Färbung sehen wir, daß einzelne

Farbtöne stark schwanken, andere dagegen wenig. Dadurch bin ich gezwungen, jeden Farbenton einzeln zu betrachten[1]).

Wenden wir uns zunächst der Färbung der Vorderflügelgrundfarbenbänder — als der primitivsten — zu. Im Kapitel I: „Material und Methode" habe ich bereits gesagt, daß ich hierbei sechs Farbentöne unterscheide und diese sind auf Taf. XVIII dargestellt als; *p*, *w*, *wg*, *c*, $-g$, $+g$. Dazu zähle ich noch den Fall, wo der Grundton die Zeichnungsfarbe erreicht, respektive diese sogar an Dunkelheit übertrifft und bezeichne ihn mit $B=$ braun. Ich unterscheide daher sieben Gruppen, aus denen ich eine Häufigkeitskurve, die einer eingipfeligen GALTONschen Variationskurve (L. N. 70 und 79) entspricht und auf Textfig. 19 für Männchen und Weibchen getrennt zur Darstellung kommt. Bei den Männchen erreicht die Kurve den Gipfel bei *wg* und fällt von hier aus nahezu symmetrisch zu beiden Seiten ab, eine Tatsache, die für viele Variationen gültig ist und im QUETELETschen Gesetz seinen Ausdruck findet (L. N. 35, p. 23). „QUETELET erkannte" nämlich, „daß diese symmetrische Zahlenverteilung innerhalb der Variationsreihe eine große Ähnlichkeit mit der Verteilung hat, die man erhält, wenn man die binomische Formel $(a+b)^n$ ausrechnet: . . . Setzt man an Stelle der Buchstaben bestimmte Zahlen, z. B. $a=1$ und $b=1$, so ergeben sich



Textfig. 19. Häufigkeit des Vorkommens jeder einzelnen Formel für die Grundfarbe der Vorderflügel der Pilzschen A. caja L.

$$(a+b)^1 = 1+1$$
$$(a+b)^2 = 1+2+1$$
$$(a+b)^3 = 1+3+3+1$$
$$(a+b)^4 = 1+4+6+4+1$$
$$(a+b)^{10} = 1+10+45+120+210+\mathbf{252}+210+120+45+10+1.$$

1) Um Mißverständnissen vorzubeugen, will ich von vornherein sagen, daß es unmöglich ist, jede Nuance einer Farbe, die vorkommt, genau zu präzisieren. Es wäre dieses auch absolut unnütz für vorliegende Betrachtungen. Ich habe daher einzelne, häufig vorkommende Farbentöne fixiert und schlage jede kleinere Abweichung dem ihr am nächsten liegenden Farbenton zu.

Es ergibt sich also eine ganz symmetrische Verteilung der Zahlen um ein Mittel .... Diese nun ausführlich gezeigte Gesetzmäßigkeit in der Verteilung der Varianten auf die Variationsreihe nennt man das QUETELETsche Gesetz."

Verfolgen wir nun weiter unsere Untersuchungen: Die weibliche Kurve erreicht auch bei *wg* ihre volle Höhe, ist jedoch auch bei *c* noch recht hoch, während hier die Männchen bereits sehr gering an Zahl sind. Nach dem QUETELETschen Gesetz können wir schließen, daß das scharfe Sinken der weiblichen Kurve bei $-g$, wahrscheinlich infolge des nicht genügend großen Untersuchungsmaterials, stattfindet (es sind in dieser Kurve ja nur die der PILZschen Sammlung angehörigen A. caja berücksichtigt). Und tatsächlich, nehme ich noch die Tiere meines gesamten übrigen Materials, welche $-g$ aufweisen, dazu, so finde ich insgesamt, d. h. mit den PILZschen: 30 Weibchen und 21 Männchen, d. h. die Weibchen sind in dem Grundfarbenton der Vorderflügel, der mit $-g$ bezeichnet ist, in der Überzahl. Stellen wir nun eine kleine Tabelle auf:

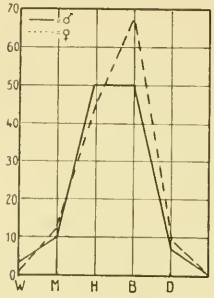
Vorderflügelgrundfarbenton	*p*	*w*	*wg*	*c*	$-g$	$+g$	*B*
Vorwiegendes Geschlecht an jedem Ort	♂	—	♂	♀	♀[1])	♀	♀

Daraus erkennen wir wieder, da von *p* zu *B* der Farbton immer dunkler wird, daß: die Weibchen mehr zum Dunkelwerden neigen, die Männchen mehr zum Hellerwerden; in diesem Fall also zum Primitiveren, auch in bezug auf den Grundfarbenton der Vorderflügel.

Ferner können wir einerseits aus dem verhältnismäßig steilerem Abfall der Kurve für Männchen und Weibchen nach *p* zu und dem flacherén, allmählicheren nach *B*, allerdings fürs erste noch recht unsicher schließen: Sowohl Männchen wie Weibchen scheinen langsam mehr und mehr nach der Verdunkelung der Vorderflügelgrundfarbe hin zu variieren.

Sehen wir nun zu, wie weit diese beiden Schlüsse sich auf andere Zeichnungsteile erstrecken lassen und nehmen wir als nächstes Untersuchungsmerkmal die Zeichnungsfarbe der Vorderflügel. Diese ist in ihren Nuancen durch fünf feste Schemata fixiert, wie uns Textfig. 20 zeigt, d. h. sie variiert weniger

als die Grundfarbe. Das ist erklärlich, denn aus dem dunkelbraun kann phylogenetisch nicht mehr viel entstehen (in aufsteigender Linie), höchstens noch schwarz. Ehe wir die Kurve auf Textfig. 20 ins Auge fassen, wollen wir sie auf Grund des gesamten übrigen Materials korrigieren. Wir finden sie dadurch in allen Punkten klarer werdend, d. h. die Differenzen zwischen der Anzahl der Männchen und der der Weibchen werden stärker. Nur an zwei Stellen tritt eine Änderung ein, die aber schon nach dem QUETELETschen Gesetz zu erwarten ist: Die Anzahl der Männchen unter *H* nimmt stärker zu als unter *B* und in noch höherem Maße unter *M*. Hier haben wir insgesamt 56 Männchen und 46 Weibchen, d. h. die Männchen überwiegen. Die höchste Stelle erreicht die männliche Anzahlkurve bei der Variante *H*, die weibliche bei *B*.



Textfig. 20. Häufigkeit des Vorkommens jeder einzelnen Formel für die Zeichnungsfarbe der Vorderflügel der Pilzschen A. caja L.

Nun stellen wir wieder eine Tabelle zusammen:

Vorderflügelzeichnungsfarbe	*W*	*M*	*H*	*B*	*D*
Vorwiegendes Geschlecht für jeden Ort der Kurve	♂	♂[1])	♂	♀	♀

Wir sehen also: Auch in bezug auf die Farbe der Vorderflügelzeichnung strebt das Weibchen zum Dunkeln, das Männchen mehr zum Hellen.

Betrachten wir alsdann die Kurve selbst in bezug auf ihren Abfall zu beiden Seiten des Maximums, so sehen wir: Männchen und Weibchen scheinen in bezug auf die Vorderflügelzeichnungsfarbe der helleren Variante zuzustreben, denn die Variationsbreite der helleren Varianten ist größer als die der dunkleren.

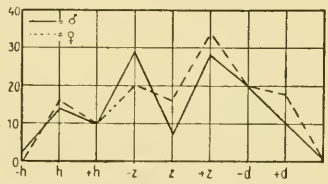
Vereinigen wir unsere Resultate in bezug auf die Färbung der Vorderflügel beider Geschlechter in einen Satz, so folgt:

1) Die Nichtübereinstimmung an dieser Stelle mit der Kurve Textfig. 19 ist soeben erklärt worden. Die Resultate der anderen Nuancen ändern sich nicht durch Hinzuziehung des übrigen A. caja-Materials, es steigern sich sogar die Differenzen.

Der Vorderflügel der A. caja L. strebt, analog einer Vervollkommnung der Zeichnung, in der Farbe des Grundes wie der Zeichnung zur Einfarbigkeit, d. h. die Grundfarbe wird dunkler, die Zeichnungsfarbe heller; es tendieren also beide Geschlechter zur Aufhebung der Kontraste. Und zwar wird die gemeinsame Farbe eines solchen annähernd einfarbigen Tieres für die Vorderflügel etwa *H* bis *B* sein, d. h. eine relativ helle Nuance der Zeichnungsfarbenvariation.

Und tatsächlich, A. caja ab. futura Fr. und ähnliche, auf die ich später noch eingehe (z. T. auf Taf. XIX, Fig. 9—12 abgebildet) sind Tiere mit diesem Merkmal, sie haben einen einfarbig braunen Vorderflügel, der aber in seiner Farbe nie die Dunkelheit *D*, und sehr selten die von *B* erreicht. Weitaus die größte Zahl entspricht der Formel H. Allerdings kommt es vor, daß gerade das Grundfarbenband dunkler wird, d. h. *B* erreicht und somit in dem Farbenkontrast eine Umkehrung vorliegt (z. T. an Fig. 12 sichtbar).

Sehen wir nun zu, wie sich diese Fragen für die Hinterflügel gestalten und fassen wir zunächst die Grundfarbe der Hinterflügel ins Auge: Ich habe acht präzise Nuancen für die Farbe wählen müssen, um einigermaßen genaue Resultate erzielen zu können, d. h. in bezug auf die Grundfarbe der Hinterflügel hat A. caja L. eine große Variationsbreite.



Textfig. 21. Häufigkeit des Vorkommens jeder einzelnen Formel für die Grundfarbe der Hinterflügel der Pilzschen A. caja L.

Ehe wir näher auf die Kurve Textfig. 21 eingehen, will ich auch diese an der Hand des gesamten Materials korrigieren. An fast allen Orten festigt sich das Verhältnis der Anzahl der Männchen und Weibchen, d. h. die Differenzen werden größer, aber stets im selben Vergleichssinne, das soll heißen: Wo einmal ein Geschlecht das andere überwiegt, da wird dieses Überwiegen noch stärker. An den Stellen ($+h$ und $-d$), wo Männchen und Weibchen an Anzahl gleich sind, regelt sich die Kurve wie folgt: Bei $+h$ kommen auf 137 Männchen 108 Weibchen. Bei $-d$ kommen auf 34 Männchen 53 Weibchen, d. h. bei $+h$ überwiegen die Männchen, bei $-d$ — die Weibchen. Eine wirkliche Änderung der Kurve tritt nur bei *h* ein. Wenn jetzt die Weibchen

überwiegen, wird bei Hinzuziehung des ganzen Materials das Verhältnis der Männchen zu den Weibchen = 107 : 76, d. h. die Männchen überwiegen stark. Die höchste Stelle der männlichen Kurve ist doppelt: einmal bei $-z$ und einmal bei $+z$. Auch die weibliche Kurve ist zweigipfelig und zwar bei $+z$ und bei $-d$, jedoch läßt sie sich auch als eingipfelig ansehen, da dazwischen kein Abfall steht, nur ist der Gipfel breit. Das scharfe Tal der männlichen Kurve bei z ist dadurch zu erklären, daß z eine Übergangsnuance ist. In der Galtonschen Kurve aber werden solche Übergänge nicht berücksichtigt. Unsere gewöhnliche Tabelle würde nun lauten:

Hinterflügelgrundfarbe	$-h$	h	$+h$	$-z$	z	$+z$	$-d$	$+d$
Vorwiegendes Geschlecht an jedem Orte der Kurve	♂	♂[1])	♂[1])	♂	♀	♀	♀[1])	♀

Auch in bezug auf die Grundfarbe der Hinterflügel tendiert das Weibchen mehr zur Verdunkelung, das Männchen zur Aufhellung.

Bei Betrachtung der beiden Kurven auf ihren beiderseitigen Abfall hin sehen wir: Bei beiden Geschlechtern ist die Tendenz zur weiteren Fortbildung noch richtungslos, da die Kurve der Hinterflügelgrundfarbe mehrgipfelig ist und zugleich asymmetrisch.

Die Zeichnung der Hinterflügel zeigt eine doppelte bis dreifache Färbung. Es sind noch nicht scharf ausgeprägte, aus den Bändern hervorgehende Augenflecke: oft mattschwarze, häufiger mit noch einem kleinen Blauschillerfleck darauf. Manchmal wird das Ganze von einem gelben Rande umsäumt. Dieser Rand variiert in der Farbe fast gar nicht, wohl aber in seinem Vorkommen und seiner Breite. Ich betrachte deshalb die Hinterflügelzeichnung in doppeltem Sinne: einmal in bezug auf das Vorhandensein und die Intensität des Blauschillers, das andere Mal in Bezug auf dən Gelbrand.

In bezug auf den Blauschiller habe ich eine vierfache Einteilung machen müssen, die, da sie vollkommen genügt, uns zeigt, daß die Variationsbreite eine geringe ist. Das kommt daher, daß der schwarze, matte Unterton selbst so gut

1) Vergl. Fußnote auf p. 456.

wie gar nicht in seiner Farbe variiert und daher vernachlässigt werden konnte; der Blauschiller variiert faßt nur in seiner Ausdehnung und wurde daher nur auf diese hin untersucht.

Ein Vergleich der Kurve Textfig. 22 mit den Befunden aus dem Gesamtmaterial erhöht zwar die Differenzen, aber ändert weiter nichts an ihnen. Wir sehen hier das Maximum der Männchen in *bw*, das Maximum der Weibchen in *bs* (resp. auch *bw*). Originell, und unseren früheren Befunden vielleicht widersprechend, ist das Vorwiegen der Weibchen bei *s*. Nach der Korrektur hätten wir hier 103 Weibchen und 79 Männchen. Doch liegt das daran, daß unter *s* alle die Tiere fallen, deren Hinterflügel fast einfarbig sind und zwar schwarzbraun. Allerdings kann man oft, und zwar vorzugsweise bei Weibchen, einen schwachen Blauschiller (resp. violettblauen) erkennen, doch ist er von mir fast nie berücksichtigt worden. Zählen wir diesen trotzdem in die Rubrik *bw*, so erhalten wir in *s* 68 Weibchen und und 67 Männchen, d. h. es ist hier eine gleiche Anzahl beider Geschlechter vorhanden. Unsere Tabelle also wäre:

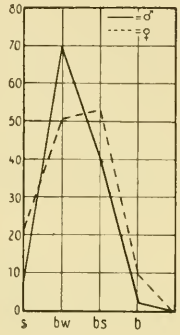


Fig. 22. Häufigkeit des Vorkommens jeder einzelnen Formel für die Zeichnungsfarbe der Hinterflügel der Pilzschen A. caja L.

Hinterflügelzeichnungsfarbe	*s*	*bw*	*bs*	*b*
Vorwiegendes Geschlecht an jedem Ort der Kurve	—[1])	♂	♀	♀

Danach ist also folgender Schluß möglich: Die Weibchen neigen eher zum starken Blauschiller als die Männchen, können jedoch mit diesen gleich oft ganz ohne Schiller vorkommen, falls wir solche mit ganz schwachem Blauschiller nicht dazuzählen.

Da die Kurve nach *b* zu weniger steil abfällt, können wir sagen: A. caja strebt danach, den Blauschiller in beiden Geschlechtern in seiner Intensität zu erhöhen.

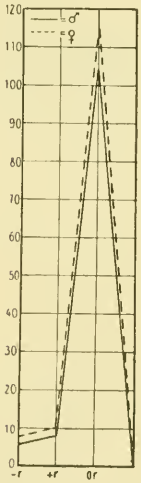
Zuletzt nun wenden wir uns der gelben Umrandung der Hinterflügelzeichnungsbänder zu, die nur in bezug auf ihre Breite,

1) Vgl. Fußnote auf p. 456.

nicht auf ihre Farbe von mir in drei Kategorien geteilt wird. Ein Blick auf Textfig. 23 zeigt uns, daß eine solche gelbe Umrandung recht selten ist, denn die Majorität aller A. caja entspricht der Formel *or*, d. h. ohne Rand: Die Weibchen streben also etwas mehr dazu, den Gelbrand zu vergrößern als die Männchen. Falls eine Variation eintritt, scheint eine nach Bildung von Gelbrand gerichtete zu dominieren.

Hinterflügelgrundfarbe	$-r$	$+r$	*or*
Vorwiegendes Geschlecht an jedem Ort der Kurve .	♀	♀	♀ wenig ausgeprägt

Diese Resultate werden bestärkt durch Hinzuziehung des gesamten Materials (in der Tabelle): Ziehen wir nun aus diesem allen, insbesondere in bezug auf die Färbung der Hinterflügel, den gemeinsamen Schluß: Beide Geschlechter tendieren nach stärkerer Ausbreitung der einzelnen Farben, wobei die Hinterflügelgrundfarbe eine enorme Variationsbreite, und zwar eine richtungslose aufweist. Am stärksten haben die Weibchen die Tendenz zu variieren. Wir können kurz sagen: Die Kontraste erhöhen sich in den Varianten mit Ausnahme in rein melanistischen Formen. Also:



Textfig. 23. Häufigkeit des Vorkommens jeder einzelnen Formel für den Gelbrand der Hinterfl.-Zeichnung der Pilzschen A. caja L.

Während die Vorderflügel Kontraste zu verwischen streben und nach Einfarbigkeit, etwa in dem Farbton *B* neigen, tendieren die Hinterflügel, zur schärferen Ausprägung der Kontraste. In dieser Tendenz scheint eine weibliche Präponderanz vorzuliegen.

Es erübrigt noch mitzuteilen, inwiefern die Unterseite der Flügel von der Oberseite derselben abweicht: Im allgemeinen ist kein großer Unterschied vorhanden; der noch zu besprechende dagegen findet seine Erklärung, wie ich schon für die Zeichnung der Unterseite auseinandersetzte (vgl. p. 451) in der verschiedenen

Weise der selektiven Anpassung. Die Grundfarbe der Vorderflügelunterseite ist fast dieselbe wie oberseits. An Stellen, wo häufig oberseits Brücken auftreten, sehen wir unterseits auch solche angedeutet, jedoch nicht in der Farbe der Vorderflügeloberseitenzeichnung, sondern in der Hinterflügeloberseitengrundfarbe, d. h. gelb bis rot. Weil, wie wir früher sahen, Brücken ein, phylogenetisch gesprochen, vorgeschritteneres Stadium sind, zugleich aber die Vorderflügelunterseite primitiver als die Oberseite ist — können wir schließen: Da die oberseits gut ausgebildeten Brücken braun sind, die unterseits oft fehlen, wenn aber vorhanden, so gelb bis rot sind, so ist gelb bis rotes Pigment das primitivere und braun bis schwarzbraun das phylogenetisch neuere. Diese Folgerung deckt sich mit den Resultaten auf chemisch-physikalisch-physiologischem Gebiete. Man vgl. die Arbeiten darüber von: M. v. Linden (L. N. 38), O. Prochnow (L. N. 79), Dr. E. Fischer (L. N. 21), Dr. Urech (L. N. 112), Th. Eimnr (L. N. 8) u. a. m., über die ich weiter unten kurz referiere.

Die Zeichnung der Vorderflügelunterseite ist viel matter, was z. T. von einer weniger dichten Beschuppung herrührt. Die Grundfarbe der Hinterflügelunterseite hat zwar den gleichen Ton wie die Oberseite, ist jedoch weitaus heller und matter. Diese Farbe ist überhaupt die am wenigsten intensive am ganzen Tier. Die Zeichnung der Hinterflügelunterseite endlich ist auch matter als die der Oberseite und heller als die Unterseitenzeichnungsfarbe der Vorderflügel, desgleichen fehlt ihr der Blauschiller. Ordnen wir diese Befunde nach der Intensität der Farbe, so erhalten wir:

Vorderflügeloberseite — die intensivsten Farben.
Hinterflügeloberseite — weniger intensiv, aber kontrastreicher.
Vorderflügelunterseite — schon weit matter.
Hinterflügelunterseite — am mattesten.

Diese Reihe zeugt dafür, daß die Wirkung des Lichtes, wie Wood, Poulton (L. N. 78), Wiener (L. N. 1, II, p. 860—867) meinen, photochemisch das Pigment beeinflussen kann. Dieses erscheint einem nicht unmöglich, wenn man an die Lagerung der Flügelanlagen in der Puppe zur Zeit der Pigmentierung denkt.

Nun will ich noch mitteilen, zu welchen Schlüssen ich bei der Durchsicht des mir in zuvorkommendster Weise zur Verfügung gestellten Standfussschen Temperaturmaterials der A. caja kam.

Außer einem reichen Material von Temperaturtieren der verschiedensten Lepidopteren-Arten hat Prof. Standfuss eine Kollektion A. caja, aus typischen Aberrationen bestehend, die aus Massenversuchen stammen. Diese Kollektion allein will ich besprechen, da sie fast genau dieselben Schlüsse zu ziehen erlaubt, wie Prof. Standfuss' übriges Material, auf welches ich allerdings später noch z. T. zu sprechen komme.

Das Material, mit dem Prof. Standfuss arbeitete, stammt meist aus der Schweiz und die Normaltiere, d. h. die, die nicht durch Temperaturen beeinflußt wurden, sind sich alle sehr ähnlich[1]).

Aus der Tabelle p. 464 u. 465 ersehen wir das Normaltier. Es variiert wenig: u. a. tritt γ für die Vorderflügel und α' für die Hinterflügel nie auf. Die Vorderflügel haben nach der I. Sonderung nur die Formeln II", III"' oder IV — die Hinterflügel stets VI'. In bezug auf detailierte III. Sonderung allerdings ist die Schwankung größer. Für die Vorderflügel gilt: 2, 4, (4) und 5, für die Hinterflügel 3, 4 und 5. Die Durchschnittsformeln für die Standfussschen Normaltiere im Gegensatz zu meinen theoretisch gefundenen Normaltieren sind somit:

Normale	Schweizer Typus	Theoretischer Typus
Männliche Vorderflügel . . .	II" β (2—4)	IV β 5
Weibliche Vorderflügel . . .	III"' β 4	IV γ 5
Männliche Hinterflügel . . .	VI' γ 3—β 4	VI' α 3
Weibliche Hinterflügel . . .	VI' γ (4—5)	VI' γ 5

Wir sehen hier wieder: Das Männchen ist unpräziser, das Weibchen bestimmter. Durchweg sind aber die Schweizertiere etwas dunkler als der Normaltypus meiner Tiere, die in ihrer großen Majorität aus dem Norden stammen.

1) Um nicht wieder eine Unmenge Kurven und Tabellen zeichnen zu müssen, habe ich als Beleg der folgenden Kritik mein Hauptprotokoll darüber auf Tabelle p. 464 u. 465 wiedergegeben und hoffe, daß sie hiermit zur Genüge bewiesen ist, zumal ich vorher die Art und Weise wie ich die Registrierung vornahm, genau definierte. Außerdem habe ich auf Textfig. 24 durch Zeichnungen nachgewiesen, daß die Veränderungen, denen A. caja unterliegt in analoger Weise auch auf andere Tiere der Arctiidengruppe anzuwenden sind.

Die Vorderflügelzeichnungsfarbe variiert von *H* bis *D*. Für die Männchen ist *B*, für die Weibchen *D* und *H* vorherrschend. Die Hinterflügelzeichnungsfarbe ist für Männchen und Weibchen durchweg *bs*, bald mit *or*, bald mit $-r$. Die Grundfarbe der Vorderflügel ist für Männchen und Weibchen $= wg$, die der Hinterflügel $+h$, $-z$ und z, und zwar bei Männchen die hellere, bei Weibchen die dunklere Möglichkeit. Die Unterseite der Vorderflügel variiert nicht, die der Hinterflügel wenig anders als die Oberseiten, indem über der Ader II die Bänder D' und E' quer verschmelzen. (Alle diese Resultate hätten wenig wert, wenn ich sie nur aus den 10 mir vorliegenden Tieren hätte ziehen können. Prof. Standfuss sagte mir aber, diese wenigen gerade seien typische Tiere aus den tausenden, mit denen er gearbeitet.) Wir sehen, daß auch in der Färbung im Durchschnitt die Schweizer Tiere heller sind (mit Ausnahme vielleicht der Vorderflügelzeichnung und Hinterflügelzeichnung), denn vergleichen wir:

A. caja L.	♂	♀	♂	♀
Merkmal	Schweizertier		Normaltier	
Vorderflügelgrundfarbe .	*wg*	*wg*	*wg*	*wg*, *c*
Vorderflügelzeichnungsf.	*B*	*D*, *H*	*H*	*B*
Hinterflügelgrundfarbe .	$+h$, $-z$	$-z$, z, $+z$	$-z$, z, $+z$	$+z$. $-d$
Hinterflügelzeichnungsf.	*bs*	*bs*	*bw*	*bs*, *bw*
Gelbrand	$-r$, $+r$, *or*	$-r$, *or*	*or*	*or*

Also: Die Grundfarben sind fast eindeutig heller bei den Schweizer Tieren, die Zeichnungsfarben dieselben oder dunklere. Daraus schließen wir: Die Schweizer Tiere sind kontrastreicher als der Normaltypus und, da diese Tiere aus den Züricher Landen stammen, wird wohl das warme Klima für die lebhaftere Zeichnung zur Verantwortung gezogen werden können, vgl. darüber Dorfmeisters Sätze, die diesen Schluß bestätigen:

Dorfmeister (L.N. 1, II, p. 777—781), der mit Vanessen experimentierte, erzeugte bei + Temperaturen helle, lebhaft gefärbte, bei — Temperaturen dunkle und trübe Formen. A. caja ändert durch + Temperaturen die rotgelbe Grundfarbe der Hinterflügel in mennigrot, durch — Temperaturen in ockergelb.

Ich wende mich nun den Kälteversuchen zu, die Prof. Standfuss mit Puppen dieser Tiere anstellte. Aus der Tabelle p. 464 u. 465

Auszug aus dem Hauptprotokoll, enthaltend die Beschreibung der Prof. STANDFUSSschen Arctia caja L.-Collection, welche aus seinen Temperatur-Experimenten resultierte.

Laufende Nummer	Geschlecht ♂	Geschlecht ♀	Behaarung	Schulterblatt	Leibzeichnung	Größe in mm	Vorderflügel Grundfarbe	Vorderflügel Zeichnungsfarbe	Vorderflügel Formel der Oberseite	Vorderflügel Formel der Unterseite	Hinterflügel Grundfarbe	Hinterflügel Zeichnungsfarbe	Hinterflügel Formel der Oberseite	Hinterflügel Formel der Unterseite	Experimentnotizen	
1198	♂		+	0	5	37	*wg*	*D*	IV β 4	dto	*z*	*bs, or*	VI' γ 3	D'E'	Normales Schweizer Tier (vgl. Text)	
1199		♂	+	1	6	39	*wg*	*D*	III''' β 4	dto	*z*	*bs, or*	VI' γ 4	D'E'		
1200		♂	+	0	5	34	*wg*	*B*	II'' β 2	dto	+ *h*	*bs, — r*	VI' γ 4	D'E'		
1201			+	1	4	38	*wg*	*D*	IV β 4	dto	*z*	*bs, or*	VI' γ 4	VI' γ 5 D'E'		
1202	♂		+	0	5	34	*wg*	*B*	II'' β 5	dto	+ *h*	*bs, or*	VI' γ 3	D'E'		
1203		♂	+	1	5	38	*wg*	*B*	IV α 2	dto	— *z*	*bs, — r*	VI' γ 5	D'E'		
1204	♂		+	0	5	35	*wg*	*B*	III' α 2	dto	+ *h*	*bs, — r*	VI' β 3	VI' γ 3 D'E'F'		
1205		♂	+	1	5	38	*wg*	*H*	III''' β 4	dto	*z*	*bs, — r*	VI' γ 5	D'		
1206	♂		+	0	4	33	*wg*	*H*	II'' β (4)	dto	— *z*	*bs, or*	VI' β 4	D'E'F'		
1207		♂	+	1	5	38	*wg*	*H*	III''' β 4	dto	+ *z*	*bs, or*	VI' γ 5	D'		
															Kälteexperimente.	
1208	♂		+	1	0	5	32	*w*	*B*	III''' γ (4)	dto	+ *z*	*s, — r*	VI'' α 5	dto	E. L. IX. 1899 Zürich	40 Tage in + 5° C (vgl. Text)
1209		♂	+	1	0	6	37	*w*	*B*	II'''' β (4)	dto	+ *z*	*bw, — r*	VI'' β 5	dto		
1210		♂	+	1	0	(4)	37	*w*	*B*	III''' γ (4)	dto	+ *z*	*s, + r*	VI'' γ 5	dto		
1211		♂	+	1	0	7	35	*w*	*B*	II'' γ 4	dto	— *z*	*s, + r*	VI' γ (5)	D'	E. L. IX. 1902 Bern	56 Tage in + 5° C (vgl. Text)
1212		♂	+	1	0	5	29	*w*	*B*	IV γ (2)	dto	— *z*	*s, or*	VI'' β 5	dto		
1213		♂	+	1	1	(5)	33	*w*	*B*	II'''' γ 6	dto	— *z*	*bw, — r*	VI'' γ 5	dto		
1214	♂		+	1	(4)	30	*w*	*H*	II'' γ 6	dto	— *h*	*bs, or*	VI'' β 5	dto	E. L. X. 1897 Bern	65 Tage in + 8° C (vgl. Text)
1215		♂	+	1	5	37	*w*	*H*	IV γ (6)	dto	— *h*	*bs, or*	VI' β 5	VI' γ 5 D'E'F'		
1216	♂		+	0	5	34	*w*	*H*	II'' β 3	— c	+ *h* + *R!*	*bs, — r*	VI' γ 5	D'E'F'	E. L. X. 1900 Zürich	60 Tage in + 5° C (vgl. Text)
1217	♂		+	0	(4)	33	*w*	*H*	II'' β 3	— c	+ *h* + *R!*	*bs, — r*	VI' γ 3	D'E'		

															Frostexperimente.
1218	♂	—	+	0	(3)	34	*w*	*H*	III‴ β 7	dto	+ *z*	*bs*, — *r*	VI' β(5)	VI' γ(5)	E. L. IX. 1899 Zürich: 5 mal je 2 h in — 5° C (vgl. Text)
1219	♂	—	+	0	(4)	33	*w*	*H*	II‴ γ5	dto	+ *z*	*bs*, *or*	VI' γ(5)	D'E'	
1220	♂	—	+	0	5	30	*w*	*H*	I' γ5	dto	*z*	*bw*, *or*	VI' γ4	D'E'	do.
1221	—	♀	1	1	6	33	*w*	*H*	0 γ5	dto	+ *h*	*bs*, + *r*	IV γ5	D'E'	E. L. IX. 1897 Zürich: 3 mal je 4 h in — 7° C (vgl. Text)
1222	—	♀	1	0	6	34	*w*	*H*	0 γ5	dto	+ *h*	*bs*, + *r*	VI' γ5	D'	
1223	♂	—	1	1	(5)	33	*w*	*H*	II‴ γ5	dto	+ *h*	*bs*, + *r*	VI' γ5	D'	
1224	♂	—	+	0	(4)	34	*w*	*H*	IV α2	dto	— *z*	*bw*, — *r*	VI‴ γ3	D'E'	do.: 2 mal je 8 h in — 9° C (vgl. Text)
1225	—	♀	+	2	6	40	*wg*	*H*	IV β3	dto	— *z*	*bw*, *or*	VI‴ γ5	D'E'	
1226	—	♀	1	2	5	35	*w*	*H*	II⁗ γ(6)	dto	— *z*	*bs*, + *r*	VI‴ γ5	VI‴ γ(5)	
															Wärmeexperimente.
1227	♂	—	1	4	3	34	*w*	*H*	III' α3	dto	*wg*	*bw*, *or*	VI‴ α3	VI‴ β3	(ähnlich aber, Wiskotti): E. L. VIII. 1896 Zürich. 72 h in + 34° C (vgl. Text)
1228	—	♀	1	4	3	34	*wg*	*M*	IV β2	dto	*h*	*bw*, — *r*	VI' α4	VI' β4	
1229	♂	—	+	1	(5)	33	*w*	*D*	IV α3	dto	*h*	*bs*, *or*	VI‴ α3	dto	
1230	—	♀	1	4	(5)	35	*wg*	*H*	IV α2	dto	*h*	*bs*, *or*	VI⁗ α(1)	VI‴ α3	
1231	♂	—	+	4	4	33	*wg*	*H*	IV α2	dto	+ *h*	*s*, *or*	VI‴ α3	dto	E. L. VIII. 1896 Zürich. 72 h in + 34° C (vgl. Text)
1232	—	♀	+	2	4	38	*wg*	*H*	II‴ α2	dto	— *z*	*bw*, *or*	VI‴ α4	dto	
1233	♂	—	1	2	4	31	*wg*	*H*	IV α2	dto	— *z*	*bs*, — *r*	VI‴ α3	dto	
1234	—	♀	1	4	4	37	*wg*	*H*	IV α2	dto	— *z*	*bw*, *or*	VI⁗ α(1)	VI‴ α3	
1235	♂	—	+	2	4	36	*wg*	*B*	IV β5	dto	+ *h*	*bw*, + *r*	VI‴ α3	VI‴ β3	
1236	♂	—	+	1	4	32	*w*	*H*	III' β4	dto	*h*	*bs*, + *r*	VI‴ α3	VI' β3	E. L. VIII. 1896 Zürich. 24 h in + 37° C (vgl. Text)
1237	♂	—	+	1	5	33	*w*	*H*	III' β4	dto	*h*	*bs*, — *r*	VI' α3	VI' β3	
1238	—	♀	1	4	5	37	*w*	*H*	III' β4	dto	*h*	*bw*, + *r*	VI' α4	VI' β4	
															Hitzeexperimente.
1239	—	♀	1	0	6	32	*w*	*H*	0 γ5	dto	+ *z*!	*bw*, + *r*	VI' β5	dto	E. L. IX. 1901 Zürich. 2 × 2½ h in + 42°,5 C (vgl. Text)
1240	—	♀	1	1	7	33	*w*	*H*	1‴ γ(4)	dto	+ *h*	*bs*, *or*	V' γ5	dto	
1241	—	—	—	1	6	35	*w*	*B*	0 γ5	dto	+ *z*	*bs*, + *r*	V' γ(5)	dto	
1242	—	♀	1	1	6	32	*w*	*B*	II‴ γ(6)	dto	+ *z*	*bs*, — *r*	VI' γ6	dto	
1243	♂	—	1	0	4	31	*w*	*B*	II‴ γ(2)	dto	+ *z*	*bs*, + *r*	VI' β5	dto	
1244	—	♀	+	1	6	38	*wg*	*H*	II' γ3	dto	— *d*	*bs*, — *r*	VI' γ5	dto	
1245	—	♀	+	1	6	35	*w*	*H*	IV γ2	dto	— *d*	*bs*, + *r*	VI' γ(5)	dto	
1246	—	♀	1	1	7	37	*w*	*H*	I' γ5	dto	— *z*	*bw*, *or*	VI' γ5	dto	
1247	—	♀	+	1	5	38	*w*	*H*	0 γ6	dto	+ *h*	*bw*, — *r*	VI' γ5	dto	

ersehen wir, daß die Vorderflügelzeichnung dabei zu verschmelzen beginnt, die Hinterflügel aber sich aufhellen, bei Männchen und Weibchen in ähnlicher Weise. Je länger die Kälte wirkt, desto dunkler werden die Vorderflügel, umgekehrt verhalten sich die Hinterflügel. Anders, aber viel klarer und präziser ist die Variabilität der Farbe. Die Zeichnungsfarbe der Vorderflügel wird mit zunehmender Kälte heller, d. h. aus *B* wird *H*, die Grundfarbe reagiert schon auf kürzere Kälteexposition dadurch, daß aus *wg* — *w* wird, d. h. auch sie wird heller. Die Grundfarbe der Hinterflügel wird mit zunehmender Kälte heller, bis bei langandauernder Exposition (z. B. 65 Tage in + 8° C) das rot schwindet und gelb allein standhält. Bei weniger langer, aber etwas größerer Kälte (z. B. 60 Tage in + 5° C) verteilt sich das dunkle Pigment ungleichmäßig über den ganzen Hinterflügel und dieser erscheint rußig. Ferner schwindet bei kurzer Kälteexposition das blau (bei längerer Exposition erscheint es wieder). Der gelbe Mackelrand wird intensiver. Kurz:

In dem Kältetier ist zwar die Zeichnung mehr nach seitlicher Verschmelzung gerichtet, die Bänder aber werden zugleich zarter und schmäler, so daß das Tier einen weitaus helleren Eindruck macht als der Normaltypus. Band *G* geht z. T. verloren. Auch die Farben werden heller und nähern sich — besonders auf den Hinterflügeln — der A. flavia L. D. h. die Farben sind gelb statt rot, schwarz statt blau. Analog anderen Versuchen scheint eine kurze scharfe Exposition mehr zu wirken sls eine lange, wenn auch intensivere. Interessant ist das übermäßige Auftreten dunklen Pigments in Form einer staubartigen Berußung des ganzen Hinterflügels.

Wenden wir uns nun den Frostvarianten zu oder besser Aberranten, denn wir sehen hier eine weitaus größere Variabilität ohne Übergänge: Zunächst sehen wir, namentlich bei Weibchen, eine bedeutende Verschmelzung der Vorderflügelbänder eintreten, und zwar am meisten bei öfter wiederholten mäßigen Frostgraden, weniger bei nur zweimal wiederholten stärkeren und fünfmal wiederholten schwachen. Es scheint hier vielleicht eine ganz gewisse Intensität der Kälte mit einer gewissen Häufigkeit der Funktionsstörung für diese Richtung der Aberration maßgebend zu sein. Allerdings wäre in Betracht zu ziehen, in wieweit das empfindliche Stadium der Puppe getroffen worden ist. Die Hinterflügel haben sich meist nur dadurch aufgehellt, daß der Fleck $E_{2\,(2)}$ geschwunden ist.

Die Farben haben sich auf dem Vorderflügel in bezug auf das Normaltier analog den Kältetieren aufgehellt. Statt *wg* tritt *w* ein. Die Zeichnungsfarbe ist aber durchweg heller, d. h. *H*. Die Hinterflügelgrundfarbe bleibt ziemlich normal und nur der Gelbrand um die Augen nimmt zu.

Im ganzen können wir sagen: Bei kurzer Exposition tritt eine starke Verschmelzung der Zeichnung ein, — bei längerer gleichzeitig eine Verschmälerung der Bänder. Die Zeichnung selbst wird manchmal verzerrt und besonders Band *G* fehlt an vielen Stellen. Ein Gelbwerden der Hinterflügelfarbe ist nur andeutungsweise zu konstatieren, dagegen bleibt der Blauschiller fast unverändert.

Ich wende mich nun den durch Wärme erzielten Varianten zu. Hier sehen wir z. T. das Gegenteil der Kälteformen. Die volle Flügelzeichnung wird weniger kompakt, d. h. seitliche Verschmelzungen beginnen zu schwinden, zugleich werden die Bänder ungeheuer schmal, so daß sich das Verhältnis der Breite der Zeichnungsbänder zu der der Grundfarbenbänder umkehrt. Ganz auffallend schwinden die Zeichnungselemente der Hinterflügel, so daß die Tiere der Zeichnung nach der var. Wiskotti stark ähneln. Die Grundfarbe der Vorderflügel wird fast gar nicht verändert; und nur wenig und nicht durchweg heller wird die Zeichnungsfarbe. Die Grundfarbe der Hinterflügel hellt sich auf, ohne aber von rot in gelb überzugehen, sondern sie wird rosa und im extremsten Fall (s. die Tabelle p. 465, Nr. 1227) *wg*, wie die der Vorderflügel, d. h. vollkommen ähnlich der var. Wiskotti. Das Blau ist relativ selten und in wenig ausgeprägtem Maße vorhanden, ebenso der Gelbrand. Bei stärkerem Einfluß allerdings ist das Blau wieder hervortretender und auch der Gelbrand deutlicher. Wir sagen: Die Wärmetiere sind bei schwächerem Einfluß der Temperatur normal hell, bei stärkerem aber löst sich die Zeichnung auf, namentlich auf den Hinterflügeln. Auf den Vorderflügeln kann A_1, $B_{1, 3, 4}$ und $G_{3, 4}$ total schwinden. Die Farben hellen sich auch auf: Auf den Hinterflügeln wird das Rot zu rosa bis weißlichgelb, nie aber so intensiv gelb, wie bei Kälteformen; auch tritt nie eine Berußung auf.

Es bleibt uns nun noch übrig, die Hitzeformen zu besprechen, die oft denen des Frostes sehr ähneln. Die Zeichnung der Vorderflügel wird, wie auch die der Hinterflügel, aber in stärkerem Maße, breit und massig und neigt stark zu seitlicher Verschmelzung. Die Vorderflügelgrundfarbe wird hell, die der Zeichnung auch,

aber weniger. Die Grundfarbe der Hinterflügel wird stark dunkelrot mit oft gut entwickeltem Blauschiller und Gelbrand. Im ganzen läßt sich noch bestätigen, daß die mit + Temperaturen beeinflußten Tiere leuchtendere Farben und klarere, schärfer umrandete Zeichnung haben als die mit — Temperaturen behandelten.

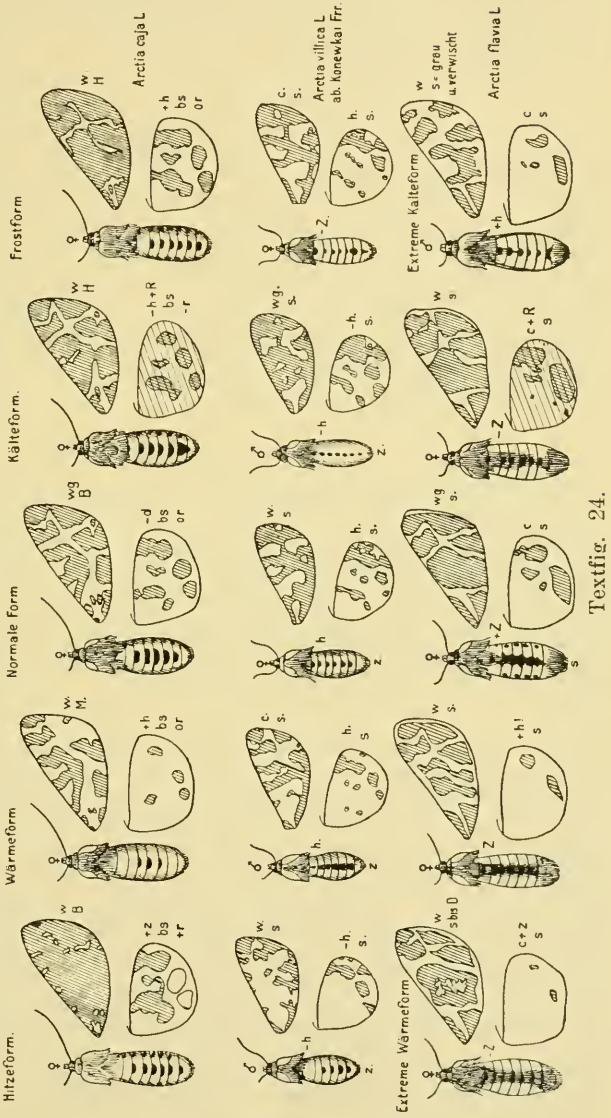
Wenngleich diese Beobachtung an einer geringen Individuenzahl gemacht wurde, so gewinnt sie doch bedeutend an Wert, wenn man bedenkt, daß das dazu benutzte Material, wie Prof. Standfuss mir sagte, klare Typen der Varianten sind, die aus einer in die tausende gehenden Menge von Tieren gewonnen wurden. Zudem sehen wir, das der Normaltypus, d. h. der, der keinen Versuchen unterworfen wurde, stärker und vielseitiger variiert als die Temperaturvarianten. Daraus können wir ohne weiteres schließen, daß solche Versuche, jeder für sich in seiner Weise, die Tendenz haben, annähernd gleiche, für jeden Versuch typische Varianten hervorzurufen. Nicht einverstanden können wir uns mit der in der Einleitung wieder gegebenen Fischer schen Variationskurve erklären und ebenso nicht mit den eindeutigen Schlüssen, die aus den bisher genannten Versuchen gezogen wurden, insofern beide — alle einzelnen Merkmale in gleicher Weise — einem gemeinsamen gleichen Gesetz unterworfen sind. Ich füge hier noch die Textfig. 24 bei, um zu zeigen, daß Veränderungen, die wir bei A. caja sahen, in analoger Weise, bei gleichen Bedingungen, auch bei anderen Arten der Arctiidengruppe zu bemerken sind. Die Modelle dieser Zeichnungen entstammen der Standfuss schen Sammlung.

Wir sehen klar und deutlich, daß jedes Merkmal für sich: Zeichnung und Farbe, einzelne Farben und Bänder in ihrer Intensität und Ausdehnung, Vorder- und Hinterflügel usw. verschieden auf dieselben Einflüsse reagieren [1]). Dennoch muß ich aber nochmals in kurzen Sätzen obige Befunde wiederholen, sonst lassen sie sich, im Text wenigstens, zu schwer überschauen. Die folgenden Abkürzungen bedeuten:

VZ = Vorderflügelzeichnung
VGrf = Vorderflügelgrundfarbe
VZf = Hinterflügelzeichnungsfarbe
HZ = Hinterflügelzeichnung

1) Ich verzichte hier auf eine graphische Darstellung. Eine solche wäre wohl möglich, aber lange nicht so übersichtlich als das Protokoll auf p. 464 u. 465 selbst.

HGrf = Hinterflügelgrundfarbe
HZf = Hinterflügelzeichnungsfarbe
Grd = Gelbrand.



Textfig. 24.

Durch Kälte wird die *VZ* seitlich verschmolzen, wozu bei langer Exposition ein Schmälerwerden der Binden hinzukommt. Die *VGrf* wird hell, *VZf* etwas weniger, aber bei längerer Exposition auch deutlich. Die *HZ* verliert oder reduziert einige Bänder, sie wird also heller. Die *HGrf* wird bei kurzer Exposition wenig geändert oder etwas rötlicher. Bei langer Exposition aber grellgelb und es tritt eine Pigmentüberflutung ein, als wenn der Flügel berußt wäre. Die *HZf* verliert bei kurzer Exposition den Blauschiller, gewinnt ihn aber wieder bei längerer Exposition. Der *Grd* wird etwas stärker.

Durch Frost:

VZ wird wesentlich verschmolzen, mit breiten Bändern, und reduziert sich bei starkem Einfluß. *VGrf* wird meist hell. *VZf* wird durchweg hell. *HZ* wird hell bei längerer Exposition oder stärkerem Einfluß. *HGrf* bleibt normal, *HZf* bleibt fast normal und *Grd* nimmt zu.

Durch Wärme:

VZ bleibt meist normal, aber mit wesentlich verschmälerten Bändern. *VGrf* bleibt normal, bei höherer Temperatur wird sie heller. *VZf* wird meist heller, *HZ* wird wesentlich heller, *HGrf* desgleichen, aber geht von rot mehr nach weißgelb über, ohne das grelle Gelb der Kälteformen zu erreichen und ist nie berußt. *HZf* verliert meist den Blauschiller, *Grd* wird schwankend, mangelhaft ausgebildet oder bleibt normal.

Durch Hitze:

VZ wird sehr verschmolzeu bei breiten Bändern und reduziert sich niemals. *VGrf* und *VZf* werden hell, *HZ* nnd *HGrf* werden dunkel, letztere bis dunkelrot (— *d*), *HZf* bleibt meist normal und *Grd* ist meist gut ausgebildet.

Es mag ferner die nachfolgende kleine Tabelle diese Resultate, zwar wenig genau, aber doch übersichtlich, veranschaulichen.

b) Befunde anderer Forscher.

Aus Mangel an genügender eigener Erfahrung sind mir eigene Zucht- und Temperaturversuche nur bedingt gelungen, und gestatten mir nicht, mich auf sie berufend, sichere Schlüsse zur Klärung der Variabilitätsursache zu ziehen. Ich will daher Resultate von Versuchen anderer Forscher und die Schlüsse, die diese daraus gezogen, hier durchsprechen und die meinigen nur als Ergänzung zum Schlusse dieser Arbeit besprechen. Auf diese Weise, d. h., indem ich nur das als annähernd sicher anerkenne, was von allen genannten Forschern in gleicher Weise gefunden worden ist, hoffe ich am korrektesten vorzugehen. Ich muß deshalb auf einige grundlegende Arbeiten genauer eingehen, trotzdem sie vielleicht schon gut bekannt sind.

Zunächst wenden wir uns den Temperatureinflüssen zu, um durch sie die Ursachen der so immensen Variation von Zeichnung

und Farbe, abgesehen von eventuell selektiven Einflüssen, auf die ich im allgemeinen Teil zurückkomme, zu ergründen.

Wie ich in BACHMETJEWS wundervollem Werke (L. N. 1, I, II) finde, sind schon bis 1907 diese Fragen aufgeworfen worden und oft glaubte man triftige Gründe für das Reagieren auf künst-

Resultate der STANDFUSSschen Temperaturexperimente mit Arctia caja.

Spezielles	Frost			Kälte			Wärme			Hitze		
Flügelmerkmal	Intensiv.	Mittel	Wenig	Intensiv.	Mittel	Wenig	Wenig	Mittel	Intensiv.	Wenig	Mittel	Intensiv.
VZv	+	+ +	+	+ +	+ +	+	○	○	○	+ +	+ +	+ +
VZbr	|	+	+	|	○	○	○	|	○	○	+
VGrf	|	|	○	| |	| |	|	○	|	|	| |	| |
VZf	| |	|	|	|	|	|	○	|	|	|	|
HZ	| |	|	○	○	|	|	|	○	+	○	+
HGrf	○	○	○	Gelb ↖ | Ruß ↙ |	|	○	|	|	+ +	+ +	| |
HZf	○	○	○	○	○	|	|	|	○	○	○	○
HGr	+	+	○	+	+	○	○	○	○	○	+	+

Normal

Zeichenerklärung:

\| = Abnahme eines speziellen Merkmals
\+ = Zunahme eines speziellen Merkmals
○ = Indifferenz eines speziellen Merkmals

v = Quere Verbreitung der *VZ*.
b = Breite der *VZ*.

lichen Einfluß entdeckt zu haben. Zunächst eruierte FREDERIC MERRIFIELD (L. N. 64, L. N. 1, II, p. 388), daß je höher die Temperatur (+ 26,7° bis + 32° C), desto größer die Zunahme des „pallor", d. h. des Brauns der Vorderflügel besonders am Außenrande, wo es fein gesprenkelt wurde |(vgl. das Tier auf Taf. XIX,

Fig. 12). Nach Standfuss (L. N. 106, p. 236—283) ergaben Männchen und Weibchen bei A. fasciata u. a. verschiedene Resultate, wenn die Eier bei +34°, die Raupen und Puppen bei +25° C gehalten wurden und zwar: Es wurden die Männchen heller, d. h. die schwarze Zeichnung wurde reduziert, besonders am basalen Drittel der Vorderflügel, während bei den Weibchen gerade hier eine Zunahme der Verdunkelung eintrat.

Sehr viele Versuche stammen von C. Frings (L. N. 27, L. N. 1, II, p. 426) 1897. Er setzte A. caja-Puppen in erhöhte Temperatur (+6° bis 10° C) und erhielt bei einer Exposition von:

14—21 Tagen: 95% Falter ohne gemeinsame Abweichung,

28 Tagen: 85% Falter, wobei das weiße Mittelfeld schwarz wurde,

35 Tagen: 75% Falter, ebensolche und eine Aberration confluens,

42 Tagen: 60% Falter mit zeichnungslosem Mittelfeld,

49 Tagen: 20% Falter mit weißem Außenrande.

Ähnliche Resultate erhielt er mit A. caja im Jahre 1898 (L. N. 28), und zwar nach gleichen Voraussetzungen wie oben, bei einer Exposition von:

45 Tagen: 35% Falter mit zeichnungslosem Mittelfeld,

55 Tagen: 10% Falter mit weißem Außenrande = ab. schulzei.

Im Jahre 1900 suchte Frings die Wirkung von intermittierenden Temperaturen von —15° bis —20° C zu ergründen (L. N. 29). Er fand bei Expositionen der Puppen von A. caja bei —8° bis —15° (resp. —20° C), daß alle Falter starben. Er versuchte deshalb so tiefe Temperaturen zu meiden und erhielt:

Expos. 22 Tage: +1° bis 3°: Zunahme von weiß auf den Vorderflügeln, Zunahme der Hinterflügelflecke.

„ 4mal 1½ Stunden in 0° bis 1°: weiß nimmt etwas zu (selten)

„ 6mal 3 Stunden in —1° bis —2°: Hinterflügel zart rosenrot.

„ 6mal 2 Stunden in —3° bis —4°: weiß schwindet oder nimmt am Vorderflügelaußenrand zu = ab. schulzei.

„ 5mal 2 Stunden in —5° bis —6°: 50% Falter und zwar 1. ab. confluens, 2. ab. futura Fickert.

Im Jahre 1901 (L. N. 30) fand er bei

36 Stunden-Expos. in +35° ab. confluens.

48 „ „ „ +33° Vorderflügel ab. schulzei, Hinterflügel gelblich.

	24	Stunden-Expos.	in	+ 37° ab. futura.
	48	„	„	„ + 38° ähnlich ab. schulzei.
	36	„	„	„ + 39° confluens bis futura.
6 mal	4	„	„	„ + 40° normal.
6 „	1	„	„	„ + 41° keine confluens.
6 „	1 1/2	„	„	„ + 42° confluens bis futura.
6 „	1	„	„	„ + 43° ab. confluens.
6 „	2	„	„	„ + 44° Vdfl. ab. futura.

Im Jahre 1902 (L. N. 31,) arbeitete er mit Call. dominula und erhielt bei 24 h Exposition in + 39° Tiere mit gelblicher Überstäubung des Weiß.

Im Jahre 1903 (L. N. 32) erhielt er bei einer 56 Tage dauernden Exposition von A. caja in + 7° ab. schulzei und ab. futura, und glaubt, daß folgende Falter ganz analog aberrieren: Call. dominula, A. hebe, A. vilica, A. aulica, A. flavia usw.

Von A. purpurea erhielt er in 42 tägiger Exposition in + 6°: große schwarze Hinterflügeldecke und auf den Vorderflügeln Querbinden.

Ähnliche Resultate ergaben Versuche aus den Jahren 1903—1905 (L. N. 33).

Auch Dr. Pauls (L. N. 1, II, p. 438) experimentierte mit A. hebe und erzielte ähnliches.

E. Fischer (1901) setzte 41 Puppen von A. caja — 8° aus (L. N. 19) und erzielte, besonders bei Männchen, eine starke Verschmelzung von braun auf den Vorderflügeln. Zu nennen wären noch im Bachmetjew (L. N. 1, II) angeführte Arbeiten von O. Schulz (p. 464), O. Seifert (p. 464) und die Arbeit von H. Federley (L. N. 16) u. a. m.

Ehe ich auf noch einige Arbeiten detaillierter eingehe, will ich hier eine im Bachmetjewschen Werke angegebene Übersicht wiedergeben:

Erhöhte Temperatur + 39° (L. N. 1, II).

A. caja = Tiere werden heller nach Merrifield (p. 778) und nach Dorfmeister (p. 877).

Aus A. caja entsteht ab. futura und ab. schulzei nach Frings (p. 779).

Aus A. flavia entsteht ab. obscura Lorez nach Frings (p. 779).

Erniedrigte bis Kältetemperatur.

Aus A. caja werden dunklere Tiere nach Merrifield (p. 779).

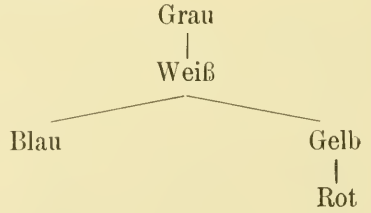
Aus A. caja entstehen 1. ab. confluens, 2. ab. schulzei und 3. ab. futura nach Frings (p. 780).

Frosttemperaturen (— 10° bis — 12°).

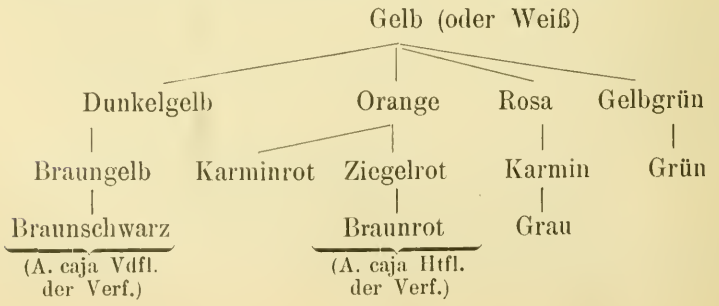
Aus A. caja entstehen ab. schulzei, ab. confluens und ab. futura nach Frings (p. 782) und Fischer (p. 808).

Warum bei diesen Daten viel Widerspruch zu finden ist, wird sich später unten klären. Nun möchte ich noch einige andere Forscher nennen, wie z. B.:

Oskar Prochnow (L. N. 79). Dieser sagt u. a. die Imago werde durch Puppen-Temperatur-Expositionen beeinflußt und zwar: 1. die Zeichnung — durch lange Exposition und 2. die Farbe — durch solche kurze, die nahe vor dem Schlüpfen einsetzt. Das schwarze Pigment geht ans anderen hervor, da der Puppe keine Stoffe mehr zugeführt werden. Diese Umwandlung muß zu Anfang des Puppenstadiums eingeleitet werden, zu einer Zeit, wo von einer eigentlichen Rekapitulation der phylogenetischen Stadien nicht die Rede sein kann. Sie geht in atavistischer Richtung vor sich, unter besonders starker Entwicklung des schwarzen Pigments, als einer direkten Wirkung des äußeren Reizes. Arktiiden weisen im Norden weniger lebhafte Farben auf als im Süden. Es bildete sich der Übergang der Farben von Nord nach Süd wie folgt:



Nach M. v. Linden (L. N. 54) tritt ontogenetisch ebenfalls erst gelb, dann rot auf. Anfangs findet man ausschließlich rotes Pigment (in der Imago) und zwar im Epithel, im Darm und in seinen Exkrementen. Je höher die Oxydation ist, desto dunkler wird der Ton. Es wird daher durch Wärme aus:



M. Standfuss sagt u. a. (L. N. 106): Der Grad der Abweichung geht parallel der Entwicklungshemmung. Derselbe fand außerdem (L. N. 108, L. N. 1, II, p. 421), daß normalerweise rot ontogenetisch zuerst auftritt (was ich, der Verfasser, auch in bezug auf das phylogenetische Auftreten schon oben bemerkte). Es folgt sodann rotbraun und zuletzt schwarzbraun. Setzte er Vanessa urticae- oder polychloros-Puppen einer Temperatur von — 10° bis — 12° aus, so trat die Ausfärbung sehr spät ein, dann aber schnell. In diesem Falle allerdings schwarz vor rot und rotbraun. Es entstanden schwarze Aberrationen.

Ferner nach M. v. Linden (L. N. 54): Alle höheren Lepidopteren sind dunkler als tieferstehende[1]). Bei Hemmungen werden gehemmt nur die roten und rotbraunen Pigmente, die ontogenetisch früh vorherrschten. Bei Frost und Hitze (vgl. Standfuss oben) erfolgt infolgedessen eine scheinbare Umkehrung, denn die Tiere werden schwarz — noch vor rot und braun. Im Gegensatz zu Frost und Hitze bewirkte Kälte die Konservierung von rot, während Wärme dieselbe sogar erhöhte aber weder Kälte noch Wärme erzeugten schwarzes Pigment. Alle Wärmevorgänge sind nach Bachmetjew (L. N. 1, I, vgl. auch seine Plasmatheorie, die in der Einleitung wiedergegeben ist) Erhöhungen des Stoffwechsels, wozu noch die direkte Wirkung der Temperatur auf den roten Farbstoff addiert werden muß. Hitze und Frost bewirken Stoffwechselstörungen. Kälteformen, durch Hitze erzielt, sind wohl die Folge von Austrocknung. Bei Frost aberrieren nur einzelne Falter, wegen der individuellen Widerstandskraft und Regenerationsfähigkeit der erfrorenen Säfte, bei Wärme und Kälte variieren alle Tiere gleichgerichtet (Standfuss[2]). Hitze macht die Gewebe sauerstoffarm und kohlensäurereich, analog dem Frost, daher sind sich die Aberrationen solcher Versuchstiere ähnlich [Linden[3])]. Alle die Lebenstätigkeit der Puppen störenden Reize ergeben Temperaturformen. Schwache Hemmungen — Kälteformen, starke — Hitze- und Frostformen. So z. B. beim Firnissen der Puppe, Elektrisieren, Zentrifugieren, Schnüren usw. (Fischer, L. N. 21, M. v. Linden, L. N. 57, Urech, L. N. 112, Dorfmeister u. a.). Gesteigerter Stoffwechsel ergibt Wärmeformen. In der Natur kommen Hitzestörungen öfter als Froststörungen vor.

1) Es sind somit die zu dunkleren Varianten mehr neigenden Weibchen von A. caja wohl fortschrittlicher als die Männchen (der Verf.).

2) L. N. 108.

3) L. N. 58.

Dr. Chr. Schröder (L. N. 85) erkennt Rückschlagsformen nur in sehr beschränktem Maße an, wenigstens lange nicht in so ausgedehntem wie Fischer.

E. Fischer (L. N. 22) meint, daß die Unterseite der Lepidopterenflügel bei gleicher Zeichnung deswegen heller ist, weil die Sonne weniger photochemisch wirkt. Schröder (L. N. 89), unterstützt von M. v. Linden (L. N. 55) und Oskar Schulz (L. N. 1, II) meint aber, daß eine „Durchfärbung" stattfindet, denn manchmal ist die Unterseite klarer (z. B. E. oblongata Thnbg.). Er meint, wie auch ich, daß die gleiche Ausbildung der Ober- und Unterseite das Primäre und jede Veränderung infolge „Schutzanpassung" das Sekundäre ist. Die lebhaftere Farbe der Oberseite erklärt er nicht als Folge der Lichtbestrahlung, sondern als Anpassung an das Wärmebedürfnis des Trägers (vgl. Einleitung).

Chr. Schröder (L. N. 85) leitet die Zeichnung der Lepidopteren von Längsstreifen ab. Es folge dann Maschenzeichnung und dann Querzeichnung. Nach M. v. Linden liegt aber vor der Längsstreifung noch ein Stadium, bestehend aus feinen Strichelchen und Pünktchen, die die Adern entlang ziehen, wogegen Schröder einige Gegenbeweise anführt. Nach ihm sind ferner die Längsadern Träger der Pigmente. Die Übertragung dieser auf die Flügelschuppen erfolge disosmotisch (Fischer und Urech, L. N. 113 behaupten dasselbe, wie auf p. 440 bemerkt), so daß die Adern nur einen bedingten Einfluß auf die Zeichnung haben. Denn schneidet man eine Ader durch, so färbt sich der der direkten Zufuhr beraubte Teil, wenn auch blasser, doch typisch. Auch die internervale Querzeichnung ist nicht ausschließlich an die Queradern gebunden.

Bevor ich auf eine andere Schrödersche Arbeit eingehe, muß ich über einige der wesentlichsten Arbeiten Dr. E. Fischers einiges sagen. In einer Arbeit des Jahres 1895 (L. N. 20) machte dieser Temperaturversuche mit Vanessen, welche folgende Resultate ergaben: Bei Kälte trat eine Verdichtung des Schwarz ein und eine Reduktion des Blau. Bei Wärme wurde beides reduziert. Annehmend, daß auch bei den Faltern das biogenetische Grundgesetz wirke, schließt er, daß durch diese Temperaturwirkungen oft phylogenetisch ältere Stadien fixiert werden, da eine Funktionsstörung eine Fertigentwicklung hindere. Mäßige Temperaturen, sagt er, seien phylogenetisch für den Organismus nicht dagewesene, und es bildeten sich in seinen Versuchen, bei Anwendung von

diesen, neue Formen, die jedoch „spontan" auch früher vorgekommen sein dürften, ja eventuell auch neue Varianten gebildet haben. Diese Resultate wurden von Fischer selbst ergänzt und vervollständigt im Jahre 1896 (L. N. 21).

Hier betont er ausdrücklich, nicht die Temperatur wirke, sondern die Hemmung und stellt auf dieser Basis seine bekannte „Hemmungstheorie" (vgl. Einleitung) auf. Über die ontogenetische Farbenreihenfolge sagt er zunächst: jeder Embryo ist anfangs albinotisch; erst später treten Farben auf und zwar der Reihe nach: weiß, gelb, rot, braun und schwarz. Die Vorderflügel färben sich später aus als die Hinterflügel (vgl. Standfuss, p. 475 und Linden, p. 474 dieser Arbeit). Er erzielte bei Van. atiopa vollkommen „gehemmte" Vorderflügel, d. h. weiße. Auch Fischer findet keinen direkten Zusammenhang, weder zwischen Adern und Zeichnung oder Tracheen, (die mit den Adern divergieren) und Zeichnung — noch mit dieser Divergenz und der Zeichnung. Fischer will, wohl um seine Hemmungstheorie zu festigen, die ontogenetische Farbenreihenfolge nicht auch der phylogenetischen gleich setzen, wodurch er manchmal heftigen Widerspruch erregt (vgl. Chr. Schröder, L. N. 88). Daher gilt seine Hemmungstheorie, wo die Hemmung phylogenetisch ältere Stadien fixiert, wohl für Kälte- und Wärmeversuche, nicht aber für Frost- und Hitzeformen. Dazu sagt Weismann (L. N. 117): Wärme erzeugt sowohl helle wie dunkle Formen; das liegt an der Konstitution der Art. Die Richtung weiß-schwarz braucht aber keine phylogenetische zu sein. Fischer will in Frost- und Hitzeformen Miocänrekapitulationen sehen, eine gewagte und wohl kaum zu stützende Hypothese. Weiter beschränkte er das biogenetische Grundgesetz nur auf die Form, nicht aber auf die Kompliziertheit der Zeichnung. An der Hand des Erscheinens von schwarzem Pigment meint Fischer, daß die Ausfärbung von der Wurzel beginnt und saumwärts fortschreitet. Hier kann ich ihm beistimmen, denn fast 60% aller meiner Tiere sind wurzelwärts dunkler in der Farbennuance als saumwärts, und je höher der Typus, desto mehr ist diese Erscheinung bemerkbar. Ferner sagt Fischer: Durch hohe Wärme wird ein ontogenetisches, nicht ein phylogenetisches Stadium gehemmt, z. B. bei Schuppenbildung. Hohe Wärme und Kälte wirken identisch, wie z. B. Winter- und Sommerschlaf, Vertrocknung und Erstarrung. Urech wie Fischer weisen nach, daß ein- und dieselbe Farbe verschiedene Zusammensetzung in chemischem Sinne haben kann. Daher ist es erklärlich.

daß das Pigment oft von den Adern, oft aber in den Interkostalräumen sich verbreitert. Tritt der zweite Fall ein, dann sind die chemischen Kräfte (in den Interkostalräumen) mächtiger als der mechanische Widerstand der Membran. Daher haben Intercostalflecke eine enorme Widerstandskraft gegenüber denen, die von den Adern ausgehen (vgl. auch meine obigen Ausführungen p. 440).

In einer späteren Arbeit Dr. E. Fischers (L. N. 22, *a*, *b*, *c*) sucht dieser seine Hemmungstheorie und die Ergebnisse aus seinen Temperaturversuchen noch weiter zu klären. Hier stellt er dann auch seine Kurve der Varianten jeder Temperatur auf (vgl. die Kurve p. 414 in der Einleitung).

Hier spricht er sich auch über die rätselhafte *C*-Form aus. Er sagt: „Die Form *C* ist durch Kälte nicht zu erzielen; sie ist eine Folge besonderer Reaktion der Puppe auf den Wärmeeinfluß; sie ist etwas Neues, Zukünftiges. Ferner stützt Fischer seine Hemmungstheorie mit der Tatsache der wechselnden Entwicklungsdauer. Während Standfuss die Entwicklungsdauer erst vom Zeitpunkt nach der Exposition an berechnet, tut es Fischer für die ganze Zeit, d. h. inkl. Expositionsdauer. Danach findet er die größte Hemmung bei Kälte und Wärme (+36° bis +41° C), nicht aber bei Hitze, wie Standfuss meint. Er kommt zum Schluß: „Die Temperaturen verlangsamen den metamorphotischen Prozeß und hemmen ihn auf den betreffenden Stadien derart, daß nur die ersten Rekapitulationen sich anlegen." Er meint, daß gleich am Anfang zwei sehr verschiedene Stadien gebildet werden: Erst das Stadium D_1, dann B_1, und daß die D_1-Formen früher als Arten existiert hätten als die B_1-Formen. Danach spricht er die B_1-Formen als Eiszeit-, die D_1-Formen als Miocäntypen an. (Th. Eimer [L. N. 8] sagt besser statt Miocän „voreiszeitliche Epoche").

Nach Fischer können gleichwertige Reize (ihrer Intensität nach) die gleiche Reaktion der Puppen hervorrufen (Wärme wie Kälte), es liege das also an der spezifischen Reaktionsfähigkeit der Puppe. Nach Standfuss aber (L. N. 106) üben zwar mäßige Kälte und Wärme denselben Reiz aus, aber einen anderen als Frost und Hitze, d. h. die Reaktion auf die ersteren liegt außerhalb der Puppe. Die B-Formen sind nach Fischer nördliche (bzw. Eiszeit-) Typen und können im Süden nur als Neubildungen auftreten. Die D-Formen sind hochentwickelte fortschrittliche Bildungen oder Formen der ferneren Zukunft (Aberrationen). Standfuss dagegen trennt beide: Variationen und Aberrationen scharf (vgl. Einleitung und L. N. 108).

Variationen (B) hält er für erdgeschichtliche Typen, progressive, rezent-klimatische oder regressive Aberrationen (D), aber reine individuelle Farbenanomalien, die nie waren und nie sein werden. Er sagt:

1. D-Formen entständen durch Hitze und Frost, B- und C-Formen nur durch eines von beiden.

2. Bei D-Experimenten aberrieren nur 2% aller Falter, bei B- und C-Experimenten das gesamte Material.

3. Bei B- und C-Tieren gibt es eine bestimmte Aberrationsrichtung aller Tiere. Bei D-Tieren keine, sondern sie divergieren bis zum Gegensatz.

4. Hohe und tiefe Temperaturen ergeben gleiche Aberrationen, auch wenn die Temperaturgrade nicht konstant sind. Erst bei weniger extremen Temperaturen macht sich eine eventuelle Inkonstanz der Grade bemerkbar.

Fischer aber will keinen prinzipiellen Gegensatz zwischen B- und D-Formen anerkennen und sagt daher: Da B-Formen erdgeschichtlich sind, müssen es auch die D-Formen sein, und zwar ältere z. B. Miocänformen. Ferner glaubt Fischer an eine männliche Präponderanz, d. h. das Männchen eile dem Weibchen in der Umbildung voraus (im Gegensatz zu meiner Behauptung).

Ich komme jezt zu einer Arbeit Dr. Chr. Schröders (L. N. 88), die obige Ausführungen einer scharfen Kritik unterzieht. Auf Grund der Fischerschen Versuchstabelle weist der Verf. zahlreiche Fälle nach, die eben der Fischerschen Hypothese direkt widersprechen und die Variationskurve illusorisch machen. Auch daß die B-Formen Eiszeitformen wären, hält Schröder nur als unbewiesene persönliche Meinung des Verf. Wohl will er sie als Rückschläge, nicht aber als primäre Formen anerkennen. D. h., daß dieselben Formen sich durch hohe wie niedrige Temperaturen erzeugen lassen, erklärt sich durch die gleichsinnige Hemmung und dadurch, daß die Puppe auf die der Intensität nach gleichen Reize ganz gleich reagiert. Daher dürfen Temperaturformen nicht ohne weiteres als phylogenetisch ältere Formen (Miocän, Eiszeit) aufgefaßt werden. Ein Rückschlag wird sich vielleicht auf einzelne Zeichnungselemente erstrecken, eine Überflutung der rezenten Flügelfärbung mit schwarzen Pigment sein, nie aber die ursprüngliche Gesamtzeichnung wiedergeben. Auch will Schröder die D-Formen nicht als Zukunftsformen anerkannt wissen.

Es ist ferner eine Arbeit Dr. Th. Eimers (L. N. 8) zu beachten, in der er einige für uns wichtige Ansichten über die Zeichnung darlegt. Er und Escherich haben folgende Thesen aufgestellt:

1. Die primitivste Zeichnung ist die Längsstreifung, es folgt Fleckzeichnung, diese geht über die Querstreifung zur höchsten und zugleich wieder primitivsten Einfarbigkeit über.

2. Die Übergänge zwischen den einzelnen Stufen sind unbeständig. Die Vertreter der vier reinen Typen aber sehr konstant. (Der letzte Satz gilt nach Eimer nicht überall.)

3. Die Längsstreifung erhält sich am längsten. Neues rückt von hinten nach vorne vor[1]).

4. Die Stellung der Mackel (bei mir Bänder) steht in Beziehung zur Lage der Haupttracheenstämme.

Alle diese vier Sätze fand Eimer an Papilioniden bestätigt. In bezug auf die Zeichnung der Unterseite sagt Eimer:

1. Daß die Oberseite der Unterseite gleich ist, finden wir sowohl bei niederen Lepidopteren, z. B. Papilio, als auch bei hohen, z. B. Danaiden.

2. Bei verschiedener Ausbildung der oberen und unteren Seite steht die Unterseite fast stets auf niederer Stufe. Oft überträgt die Oberseite ihre Eigenschaften auf die Unterseite (vgl. das früher über die Brückenbildung Gesagte).

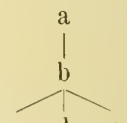
3. Auf der Unterseite schreiten die Vorderflügel oft den Hinterflügeln voran, seltener umgekehrt.

4. Für die Oberseite gilt dieser Satz im entgegengesetzten Sinne.

5. Divergierende Entwicklung ist sehr selten (vgl. auch Fischer, p. 123).

Was die phylogenetische Farbenreihe anbetrifft, die Eimer aufstellt, so ist sie fast die gleiche wie die M. v. Lindens, respektive O. Prochnowsche oben angeführte ontogenetische Farbenskala, und zwar lautet sie: wobei

a = weiß, grau oder graubraun;
b = lehmfarben oder mattgelb;
c = braun, rotbraun, mattbraun, gelbrot, braunrot oder schwarz;
d = schwefelzitronengelb, rotgelb, gelbrot, leuchtendrot oder blau;
e = blau, grün, blauviolett, schwarz.



1) Dieser letzte Satz läßt sich an meinem Material kaum halten (d. Verf.).

Weiter sagt Eimer: Häufig ist eine supero-inferiore Entwicklung. Meist liegt eine Präponderanz des Männchens vor oder die Oberseite beim weiblichen Flügel ist identisch der Unterseite der männlichen Flügel, in bezug auf Entwicklungsstadien, während die Oberseite der männlichen Flügel weit vorgeschrittener ist. (Wieweit dieser Satz für A. caja zutrifft, setze ich später auseinander.) In einer anderen Arbeit Eimers (L. N. 11) spricht er sich über die Bildung der Augenflecke wie folgt aus: Auf Längsstreifung folgt schwarze Fleckung, sodann schwarze Ringbildung und zuletzt der Farbenkern. Dagegen wende ich ein, daß bei A. caja nie eine Ringbildung ohne blauen Farbenkern vorkommt, sondern der Farbenkern entsteht direkt auf den schwarzen Flecken.

Sehr wenig günstig spricht sich Eimer hier über den Nutzen von künstlichen Experimenten aus (er steht auf dem Standpunkt der Orthogenesis), er sagt (L. N. 8 und 9): Künstliche Versuche haben nur geringe Bedeutung, denn, wenn man bestimmte Entwicklungsrichtung voraussetzt, kann der Nutzen des Resultates nur ein geringer sein, da die Typen durch ungemein langen Bestand gefestigt sind und deren Abänderungen nur durch fortgesetzte, andauernde äußere Einflüsse verursacht werden. Befördert ein künstlicher Versuch zufällig diese Richtung, so wird er das Entstehen bleibender Veränderungen leicht zur Folge haben; nicht so, wenn die Kunst der Natur zuwiderläuft.

Ferner sagt er irrtümlich: Es ist bekannt, daß durch verschiedene Nahrung der Raupen (u. a. A. caja) verschiedene Variationen des Imago in bestimmter Richtung erzielt werden. Er stützt sich dabei auf eine Arbeit G. Kochs[1]). Ferner behauptet er: Pigmentbildung steht immer unter dem Einflusse des Lichtes und der Wärme, der Feuchtigkeit und des Luftdruckes. Wärme erzeuge glänzende Färbung, Kälte matte.

Absichtlich habe ich bisher von den Arbeiten des Altmeisters der experimentellen Lepidopterologie, Prof. Dr. Max Standfuss, noch nicht gesprochen oder nur beiläufig einiges daraus erwähnt. Ich will nun last not least auch auf sie eingehen.

In Prof. Standfuss Werk (L. N. 103), welches 1894 erschien, lesen wir: Durch Einfluß von Kälte und Wärme entstehen:

---

1) G. Koch, „Die Schmetterlinge des SW.-Deutschlands", 1873.

I. A) Varietäten 1. Saisonformen.
2. Lokalformen.
B) Aberrationen, d. h. Formen, die nur hin und wieder vorkommen.

II. Phylogenetische Formen, und zwar: phylogenetisch alte, lange präzisierte Arten ergeben vorwiegend Varietäten und Aberrationen; phylogenetisch junge, erst kurz präzisierte, meist phylogenetische Rückschläge. Endlich

III. Selbständige Varianten, unabhängig von Einflüssen.

Es werden bei den Tieren niedere Temperaturen besser als hohe ertragen, die phylogenetisch früher an solche bereits akkommodiert waren. Kältewirkungen können durch Wärmewirkungen aufgehoben werden. Lange Trockenheit mit darauffolgender starker Feuchtigkeit beschleunigt die Entwicklung, gibt aber verwischte Zeichnungen.

In seiner Arbeit aus dem Jahre 1905 (L. N. 104) kommt Prof. Standfuss zu annähernd denselben Schlüssen, nur erweitert er sie noch um zwei Thesen. Es können durch Temperaturen 1. die sexuellen Färbungsunterschiede schwinden und 2. es kann eine Annäherung an andere Arten konstatiert werden. Und zwar ist von besonderer Wirkung der Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit. Fast wirkungslos ist dagegen verschiedene Nahrung und Beleuchtung (vergl. p. 481).

Im Jahre 1904 (L. N. 105) schreibt er: Die Falter zeigen Differenzen, je nachdem ihre Flügelteile dem Lichte (d. h. der Beobachtung) ausgesetzt sind oder nicht; u. a. z. B. bei Heteroceren ist sowohl die Unterseite der Vorderflügel wie die Oberseite der Hinterflügel matt, weil sie sich in der Ruhe decken und daher unsichtbar sind. Die Oberseite der Vorderflügel ist scharf gezeichnet, weil sie bei der dachförmigen Haltung der Flügel mehr gesehen wird und ebenso die Unterseite der Hinterflügel, wenn der Falter an Gräsern sitzend diese auch dem Lichte darbietet, — denn das Ruhekleid ist ein Schutzkleid. Daß die Oberseite der Hinterflügel als Schreckmittel dennoch auch scharf präzisiert und grell gefärbt ist, hat Standfuss hier nicht berücksichtigt, da diese Frage in ein anderes Kapitel der Anpassung gehört (vgl. p. 451). In Meyers großem Konversationslexikon schreibt er u. a. (L. N. 99): „Die Aberrationen sensu strictiore sind individuelle Färbungsanomalien in meist neuen Richtungen, denen im Gegensatz gegen die Mutationen eine Bedeutung für die erdgeschichtliche Entwick-

lung der Art nicht zukommt" (er warnt deshalb vor unsinniger Namengeberei).

In Prof. Dr. STANDFUSS' berühmtem Handbuch (L. N. 106) führt er obigen Gedanken noch weiter aus und bringt noch vieles dazu, wovon uns folgendes interessieren kann: „Die Experimente zeigen uns . . . klar, daß das Kleid des Falters außerordentlich abhängig ist von Temperatureinwirkungen, welche das Puppenstadium trafen . . . . aber auch, daß diese Veränderungen in hohem Grade unabhängig von den Bedingungen erfolgen, unter denen die Entwicklung der vorhergehenden Phasen der Metamorphose stattfand." Ferner: „Je größer die Zahl der Generationen ist, welche schon ein gewisses Kleid getragen haben, desto mehr ist dieses Kleid gegenüber äußeren (Temperatur-) und inneren (Hybridations-) Einflüssen geschützt und befestigt."

Ich habe hier in aller Kürze die wichtigsten Schlüsse aus den STANDFUSSschen Werken zitiert, ich habe ferner bei Zitierung anderer Werke stets eventuelle Widersprüche von Prof. STANDFUSS angeführt und endlich auch das Wesentliche seiner Theorien in der Einleitung erwähnt. Meine Arbeit, die sich nicht eigentlich mit diesen Fragen beschäftigt, soll nur suchen, so gut es irgend geht, die Variabilität der A. caja zu klären und zu definieren, um sie für die übrigen Arctiiden nutzbar zu machen[1]). Es würde darum zu weit führen, wollte ich noch weitere Literatur zitieren, und will ich deshalb ferner nur dann auf solche zurückkommen, wenn meine Befunde mit diesen kollidieren. Wir wollen deshalb aus allem Vorhergehenden die Schlüsse in einer kurzen Zusammenfassung hervortreten lassen.

c) Zusammenfassung.

Nach STANDFUSS u. a. (vgl. L. N. 1, II) sehen wir, soweit es sich bisher mit Sicherheit beurteilen läßt, daß alle Einflüsse auf Ei und Raupe, nicht auf die Imago sich erstrecken, es sei denn, daß eine Verkümmerung, d. h. eine eventuelle Abnahme der Größe eintritt infolge erschwerter Lebensbedingungen. Wir sahen, daß jedes bisher besprochene Merkmal: Zeichnung und einzelne Farben, Vorder- und Hinterflügel usw. für sich in kaum zu konstatierender Abhängigkeit voneinander auf Einflüsse der Tempe-

1) Wer Näheres darüber erfahren will, findet im Literaturverzeichnis vorzügliche Werke, von denen die STANDFUSSschen besonders empfehlenswert sind.

ratur, der Feuchtigkeit usw. reagiert. Und zwar: nach Tabelle auf p. 464/65 u. 471: Kälte, Frost und Hitze rufen eine Querverschmelzung der Vorderflügelzeichnung von A. caja hervor, während Wärme unwirksam bleibt. Wir können also, ohne uns in zu große Hypothesen einzulassen, mit STANDFUSS sagen: Da Wärmeeinfluß auf die Vorderflügelzeichnung nicht wirkt, so ist A. caja diesem Einfluß am längsten und besten angepaßt. Minus-Temperatur und Hitze gibt Verdunklung in ungefähr gleichem Maße. Bei langer Frostexposition läßt diese Verdunklung wieder etwas nach. Nach STANDFUSS und FISCHER wissen wir ferner bereits, daß intermittierende Temperaturen (vgl. auch FEDERLEY L. N. 16) stärker wirken, als konstante, langandauernde. Es ist somit der Temperatursprung der wesentlich verändernde Grund. Die Breite der Vorderflügelzeichnungsbänder nimmt bei Kälte und Wärme ab, bei Frost und Hitze zu. Bei sehr langem Frost aber wieder ab. Solche Tiere wurden nur zweimal, statt drei- oder fünfmal dem Temperatursprung ausgesetzt, allerdings einem weit größeren. Weshalb sie aus dem Rahmen herausfallen, lasse ich fürs erste dahingestellt. Die Vorderflügelgrundfarbe wird bloß bei kurzer und mittlerer Wärme nicht verändert, d. h. A. caja ist diesen Schwankungen angepaßt. Sonst wird die *VGrf* durchweg heller. Nur wieder die Frostversuche geringer Intensität zeitigen normale Tiere. Ich komme darauf am Schlusse zurück. Die Vorderflügelzeichnungsfarbe bleibt bei geringer Wärme normal, nimmt sonst aber durchweg ab. Die Hinterflügelzeichnung variiert sehr wenig gesetzmäßig, meist nimmt sie ab oder bleibt wie sie ist; nur Hitze führt zu Querverschmelzungen. Die Hinterflügelgrundfarbe bleibt bei Frost normal, bei Hitze wird sie stark dunkel und bei intensiv andauernder Kälte wird sie gelb bis rußig. Die Hinterflügelzeichnungsfarbe ist recht konstant, bei geringer Kälte und Hitze und übermittlerer Wärme jedoch nimmt sie ab. Endlich bleibt der Gelbrand bei Wärme und anderen geringen Temperatureinflüssen normal, wird aber bei allen stärkeren intensiver. Daraus folgt: Alle am normalem Tier stark variablen Eigenschaften variieren bei Temperatureinflüssen noch stärker und dabei auch weniger gesetzlich als alle mehr konstanten Eigenschaften des Normaltieres. Dem Normaltier am ähnlichsten bleiben die Tiere aus wenig- bis mittelintensiven Wärmeexperimenten, d. h., für diese ist A. caja schon im wesentlichen akkommodiert. Verhältnismäßig bestimmt gerichtet variieren die Tiere aus Kälte- und Wärmeexperimenten: in vielen Eigenschaften gleichgerichtet, in anderen

entgegengesetzt. Die Tiere aus Frost- und Hitzeexperimenten variieren recht regelmäßig im einzelnen, im ganzen aber in gleicher Richtung. Nur die *HZf* und *HGrf* variieren entgegengesetzt.

Wir können also nicht ohne weiteres sagen: Die und die Resultate sind Rekapitulationen der Phylogenie, die und die wieder Zukunftsformen, sondern ich meine, je nachdem wie eine Eigenschaft phylogenetisch im Tiere befestigt ist, reagiert sie auf äußere Einflüsse. Oder, um im Sinne von Prof. Standfuss zu reden: Phyletisch gefestigte Merkmale lassen sich durch künstliche Experimente schwer oder gar nicht verändern. Im Einklang mit Prof. Standfuss u. a. halte ich die Frost- und Hitzeformen für Aberrationen, die nur selten, und, wie Standfuss ausdrücklich bemerkt haben will, bei nur wenigen Tieren eines Experimentes vorkommen. Außerdem negiere ich hier ausdrücklich die Fischersche Hypothese: in diesen Formen Miocänformen zu sehen. Sie müßten dann in viel bestimmterer Richtung variieren. Ich sehe vielmehr in diesen Tieren Resultate eines Einflusses, der direkt auf die Somazellen (vielleicht auch mit diesen auf die Keimzellen) wirkt und diese ohne irgendeine Anpassungserscheinung, meist zu Überschwemmung mit dunklem Pigment veranlaßt. Und zwar reagiert jede Eigenschaft vollkommen unabhängig von der anderen auf diese physikalisch-chemischen Reize, etwa wie die losgelösten Pigmente allein auf Wärme, Hitze und andere Einflüsse reagieren (vgl. M. v. Lindens Arbeit L. N. 58), jedes auf seine ihm spezifische Art. Wir haben also in Frost- und Hitzeformen zwei identische Reaktionsformen vor uns: individuelle Aberranten und vielleicht Mutanten, aber keine fluktuierenden Varianten. In manchen Eigenschaften (Tabelle auf p. 471) finden wir dasselbe für Kälte und Wärme. In den meisten aber ist eine bestimmte Richtung zu erkennen, und zwar eine entgegengesetzte für jedes dieser Experimente. Dieses fällt uns besonders in die Augen, wenn wir, ohne uns auf Einzelheiten einzulassen, den allgemeinen Habitus der Tiere beachten. Von diesem Standpunkte aus muß ich dann auch die Fischersche, in der Einleitung angeführte Kurve gelten lassen. Wir wissen ferner durch Standfuss (L. N. 108) und Fischer (L. N. 20), daß Tiere nördlicher Klimate durch Wärme in Südformen und umgekehrt Südformen durch Kälte in Nordformen übergeführt werden können.

Nach Poggendorf[1]) ist in der Insektenwelt (z. B. Van. urticae) vielleicht ein farbenphotographisches Reagieren anzuerkennen:

1) Poggendorf, Annalen der Physik, 1895.

Im Norden finden wir: mehr Zeichnung, oberseits viel schwarz, die gelben Stellen stechen von den rotbraunen stark ab, die blauen Flecke werden licht und auffallend und die Unterseite ist kontrastreich.

Im Süden: mehr verschwommene Eintönigkeit, oberseits mehr rotbraun statt schwarz, mehr rotbraun statt gelb, blau wird dunkler oder schwindet.

Die Entwicklung ist im Süden schneller als im Norden.

Diese Angaben passen zum Teil frappant auf Standfuss-sche Kälte- (Nord-) und Wärme- (Süd-) Tiere.

A. caja nun läßt sich durch Wärme kaum verändern — sie wird höchstens heller in jeder Beziehung. Und tätsächlich der Südtypus A. caja var. wiskotti ist diesen Varianten sehr ähnlich. Der Nordtypus var. americana hat nach Rebel (L. N. 110) nur das unterscheidende Merkmal der weißen Schulterdecken und ist sonst bis auf eine besondere Labradorform, die ich später noch bespreche, nicht wesentlich vom Normaltypus unterschieden, nur sind die Tiere bedeutend kleiner. Durch Kälte erzielen wir allerdings kleinere Tiere, aber auch Tiere mit extremer Querverschmelzung der Vorderflügelzeichnung und gleichzeitiger Aufhellung der Vorderflügelfarbe. Außerdem beginnt das auf den Hinterflügeln hochstehende rote Pigment sich in gelbes, d. h. primitives zu verwandeln, ja sogar eine rußige Überstäubung macht sich bemerkbar (ein Merkmal, das, wenn auch selten, bei Labradortieren vorkommt). Einen konstanten Typus solcher Art haben wir heute nicht. Wollen wir auch die Zunahme von dunklem Pigment als Wärmeschutz auffassen, so können wir diesen letzteren nicht auch für die Aufhellung vieler anderer Teile verantwortlich machen. Also eine Anpassungserscheinung an künstlichen Einfluß liegt nur zum Teil vor. In den Kälteformen sehen wir eher, da sie nach Standfuss leichter zu erzielen sind als Wärmeformen, phylogenetische Rückschlagstypen, als Zukunftsformen: Einmal, weil die Variationsrichtung dahin tendiert, die primitiveren Farben und Merkmale hervorzurufen, zum anderen Male weil, unserer Erdgeschichte nach, in der Eiszeit wohl Kälteformen existiert haben mögen und endlich zum dritten, weil phylogenetisch alte, gut fixierte Formen bei gleicher Reizwirkung, unter denen sie damals fixiert wurden, wieder auf diesen Typus zurückschlagen, phylogenetisch nicht fixierte Formen aber sich in ganz unbestimmter Richtung ändern. Ferner: der Rückschlag zu einer Eiszeit- resp. nördlicheren Formen kann sich

nur dann in einer Puppe bilden, wenn diese wieder unter gleiche Temperaturverhältnisse gebracht wird, unter der sie in der Eiszeit lebte, d. h. in mäßige Kälte. Außerdem (L. N. 106): „Während sich die phylogenetisch älteren Formen: Van. c-album, urticae und polychloros nicht in sehr weitgehender Weise verändern . . ., gestalten sich die phylogenetisch jüngeren: Van. antiopa . . . so erheblich um, daß dadurch Formen entstehen, wie sie bisher niemals und nirgends beobachtet wurden und mithin etwas ganz Neues, noch nicht Vorhandengewesenes darstellen."

Nun ist aber A. caja nach Seitz (L. N. 92), Spuler (L. N. 94), Fischer (L. N. 22) u. a. eine phylogenetich sehr alte Form und da sie heute noch recht primitiv ist, so hat sie keine große Auswahl, in noch primitivere Formen zurückzuschlagen. Sie variiert, zumal in den Hinterflügeln, so, daß fortschrittliche Eigenschaften durch Kälte in primitivere zurückverwandelt werden. Nach alle diesem meine ich, ist es ziemlich sicher, daß die Kälteformen phylogenetische Rückschläge sind.

Die Hinterflügel reagieren, sowohl auf Kälte- wie auf Hitzeeinflüsse viel stärker und augenfälliger als die Vorderflügel. Letztere haben aber an und für sich eine stärkere Variationsbreite beim künstlich unbeeinflußten Tier. Ich glaube nun — die Hinterflügel, die an sich primitiver sind und eine ausgeprägte Schreckfärbung besitzen, haben diese erst in verhältnismäßig jüngerer Zeit erhalten. Ihre phylogenetisch ältere Färbung war wahrscheinlich gelb und daher kommt diese immer wieder zum Vorschein, bei Kälte mehr als bei Wärme. Die Vorderflügel sind aber ausgebildeter, und schon seit langer Zeit; daher ist ein Rückschlag auf ihnen nicht so augenfällig. Ihre trotzdem so große Variationsbreite spricht dafür, daß sich bei ihnen ein selektiver, bestimmt richtender Einfluß nicht geltend gemacht hat; sie sind aber den Hinterflügeln voraus — phylogenetisch und, wie wir später sehen werden — auch ontogenetisch. Aus diesen Gründen glaube ich bei A. caja eine antero-posteriore Entwicklung der Flügelfarbe und -zeichnung dargelegt zu haben. Für die Zeichnung hat Eimer dieses bereits nachgewiesen (L. N. 9).

Nun die Wärmeformen: wir sahen, daß durch Wärme Typen erzeugt werden, die der var. wiskotti ähneln, also südliche Tiere. Erdgeschichtlich, greifen wir nicht über die Eiszeit zurück, ist ein wärmeres Klima als heute kaum dagewesen. Wir können in diesen Formen aus diesem Grunde also keine Rückschlagsformen nachweisen. Zum Zweiten: Die Varianten zeigen

wenig Veränderung, werden aber bei höheren Temperaturen (Hitze) dunkler, d. h. streben einer phylogenetisch höheren Stufe zu. Es wäre nun möglich, in ihnen Zukunftsformen, d. h. neue Formen zu sehen; dennoch will ich dieses vermeiden und in ihnen, besonders deshalb, weil sie relativ wenig von der Normalform abweichen, Anpassungsformen sehen, die heute schon im Süden vorkommen — also Südformen. Wie eine solche Anpassung zustande kommen kann, haben viele Forscher sich bemüht zu erklären, wie ich in der Einleitung zeigte.

Verlassen wir nun die Temperaturexperimente und beschäftigen uns kurz, ohne uns lange dabei aufzuhalten, mit anderen künstlichen äußeren Reizeinflüssen.

Daß die Nahrung, welche ja nur auf Raupen direkt wirken kann, indirekt nicht auch auf die Imago wirkt, habe ich schon mehrfach gesagt und stütze mich dabei auf die Tabelle, die Bachmetjew (L. N. 1. II, p. 870) aufstellt, in welcher alle damit gemachten Versuche aufgezählt sind. Jeder einzelne Versuch und der daraus gefolgerte Schluß des einen Forschers findet einen vollkommen entgegengesetzten eines anderen und es ist deshalb nicht ein einziger Einfluß sicher nachzuweisen. Professor Standfuss hat allerdings durch Fütterung mit in Salzwasser gestellten Pflanzen Varianten erzielt, aber diese waren sehr wenig vom Normaltypus entfernt. Nach M. v. Linden, Pictet, Prof. Standfuss (L. N. 103, 106, 104 und 54) ist das einzig nachzuweisende Resultat: eine Verkümmerung, hervorgerufen durch unzureichende oder unpassende Nahrung, trotz der entgegengesetzten Eimerschen Behauptung. Eben in diesem Werke (L. N. 11) hat Eimer auch Lichtwirkungen auf Raupen studiert. Er sagt, daß Lichtwirkungen oft verblassend wirken, wenn das Tier tot ist oder Wärme fehlt. Lebt das Tier aber, so ruft z. B. Sonnenlicht glänzende, leuchtende Farben hervor (L. N. 8). Es kommt dabei aber nicht allein die unmittelbare Kraft der Sonne in Betracht, sondern auch die kumulative, d. h. mit der Zeitdauer wachsende Wirkung derselben. Daher können phyletisch-alte Formen auch im hohen Norden glänzende Farben haben. Ebenso ist die physikalisch-chemische Wirkung der Sonne nicht zu unterschätzen. Versuche von Schröder (L. N. 87) u. a. ergaben zwar Varianten bei Raupen und Puppen, nie aber solche von Imagines.

Trockenheit und Feuchtigkeit wirken auf die Entwicklungszeit, wie Fischer (L. N. 22, T. III.) nachweist, — und dadurch

auf die Imago. Ebenso wirkt Narkose, Elektrisierung, Druck, Zentrifugieren usw., wie ich weiter oben bereits auseinandersetzte.

Wir haben nun genau die Varianten in der Färbung durchgesprochen und wollen nun noch zusehen, wozu das ungleiche Verhalten von Männchen und Weibchen führt. Wir wissen bereits, daß die Männchen mehr zum Hellerwerden neigen, d. h. in folgenden Fällen: in bezug auf Grundfarbe der Vorderflügel, deren Zeichnungsfarbe, Grundfarbe der Hinterflügel, deren Zeichnungsfarbe und in bezug auf die Zeichnung selbst beider Flügel. Dieses Hellerwerden ist aber durchweg ein Zurückgreifen auf ein primitiveres Stadium. Oder umgekehrt: In allen diesen Fällen geht das Weibchen in der Ausbildung der Eigenschaften voran. Wir konstatieren also bei A. caja den relativ selteneren Fall, der nach Eimer (L. N. 10) oft die Ursache der Homoeogenesis, d. h. der unabhängigen Entwicklungsgleichheit, ist, den Fall einer weiblichen Präponderanz. Wir haben also bei A. caja:

I. Auf den Vorderflügeln eine supero-inferiore Entwicklungsrichtung.

II. Auf den Hinterflügeln eine infero-superiore.

III. In bezug auf beide Flügel eine antero-posteriore Entwicklung (vgl. das Eimersche Undulationsgesetz, L. N. 10).

IV. Fast stets konstatieren wir eine weibliche Präponderanz.

V. In den Frost- und Hitzeformen sehen wir: individuelle Aberranten, deren Variabilität auf direkten physikalisch-chemischen Einfluß basiert.

VI. In den Kälteformen: meist Rückschlagsformen, etwa Eiszeittypen. Besonders deutlich ist dieses auf den Hinterflügeln zu erkennen. Manchmal aber ist auch hier direkter Einfluß anzuerkennen, z. B. bei der Überrußung der Hinterflügel mit dunklem Pigment.

VII. In den Wärmeformen: Südtypen, also Lokalrassen.

VIII. In den Wärme- und Kälteformen konstatieren wir eine fluktuierende Variabilität, in den Frost- und Hitzeformen oft eine diskontinuierliche, vielleicht mutierende.

IX. Veränderungen, die auf der Raupe oder dem Ei durch äußere Einflüsse hervorgerufen werden, erstrecken sich nicht auf den Imago.

X. Jedes einzelne Merkmal variiert für sich in der ihm eigenen Richtung.

Wir haben nun zur Genüge unsere Aufmerksamkeit einzig und allein auf die Farbe und Zeichnung der Flügel gerichtet und wenden uns nun einem anderen Abschnitt zu.

III. Abschnitt.

Variabilität in Farbe und Zeichnung des Körpers.

a) Eigene Untersuchungen.

In bezug auf die Farbe des Körpers ist wenig Neues zu berichten. Die Farbe des Kopfes und Thorax ist stets genau dieselbe wie die Zeichnungsfarbe der Vorderflügel. Nur die beiden Schulterblätter können, wenn sie sich vom Thorax in der Farbe unterscheiden, der Farbe der Vorderflügelgrundfarbe analog sein. Die Farbe des Abdomens wiederum entspricht der Farbe, die wir als Grundfarbe der Hinterflügel bezeichnen und ist nur bei ca. 10% aller Falter um einen Grad dunkler. Unter Grad verstehe ich hier die nächstfolgende Nuance zum Dunklen resp. Hellen zu, die ich in der Klassifizierung fixierte (vgl. Taf. XVIII). Die Zeichnung des Abdomens ist in der Färbung dieselbe, wie die der Hinterflügel, nur fehlt ihr fast stets der Blauschiller. Oft, und zwar in selbem Maße wie dort, tritt auch hier eine gelbe Umrandung der Abdominalzeichnungsflecke ein. Mit Ausnahme bei Tieren, deren Zeichnungsbänder sich derart verbreitert haben, daß der Vorderflügel die Einfarbigkeit erreicht hat, und zwar in einer recht hellen Farbennuance — etwa H — hat jedes Tier zwischen Nackenschild und Mesothorax einen dunkelkarminroten Halsstreifen, der für gewöhnlich durch die dichten, dunkelbraunen Haarschuppen verdeckt wird. Wird das Tier aber erschreckt, so beugt es den Kopf mit dem Prothorax und der rote Streifen wird sichtbar. Es entsteht dadurch ein überraschender Kontrast und wir erkennen leicht, daß es sich hier wieder, wie auf dem Hinterflügel, um eine Schreckfarbenwirkung handelt.

Es findet also eine Korrelation mit wenigen Ausnahmen statt zwischen: der Färbung des Thorax und der der Vorderflügel, wie auch zwischen dem Abdomen und den Hinterflügeln in bezug auf deren Färbung. Die selten vorkommenden Abweichungen von dieser Regel hängen weder vom Geschlecht der Tiere, noch sonst von einem erkennbaren Faktor ab, wenigstens habe ich keinen Grund dafür finden können. Damit hätten wir die Färbung des Körpers besprochen und wenden uns der Zeichnung derselben zu.

Fassen wir zunächst einzig und allein die Zeichnung des Abdomens ins Auge. Die Imago stellt, von der Raupe aus betrachtet, das ontogenetisch letzte nur mögliche Stadium dar. Es

muß auf ihr nicht nur eine Zeichnungslosigkeit, sondern überhaupt ein primitives Stadium sehr selten vorkommen, falls Raupen- und Imagozeichnung voneinander abhängen. Und tatsächlich, wenn wir unserer Einteilung in Kapitel: Material und Methode eingedenk, die Textfig. 10 betrachten, und die dazugehörige Textfig. 25, so sehen wir die primitiveren Stadien der Zeichnung des Abdomens, z. B. 1 (1) und 2 relativ sehr selten auftreten. Daß die Imagozeichnung trotzdem, wie auch nach der eben erwähnten Zusammenfassung zu erwarten war, von der Raupe unabhängig ist, werden wir noch sehen. Sehen wir nun genau zu, wie sich das Verhältnis der Imagozeichnung zu der der Raupe verhält.

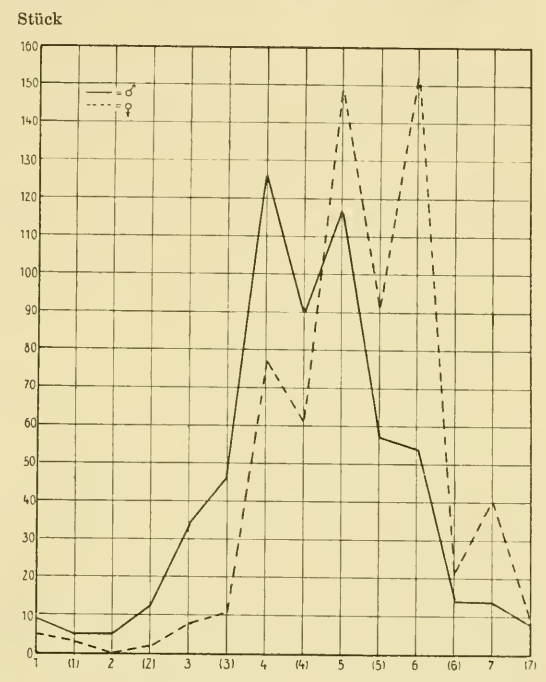


Tabelle des vorherrschenden Geschlechts für jeden Ort:

♂ ♂ ♂ ♂ ♂ ♂ ♂ ♂ ♀ ♀ ♀ ♀ ♀ ♀

Textfig. 25. Tabelle der Hinterleib-Zeichnungsformel mit eingetragener Stückzahl pro Geschlecht aller Arctia caja L.

Die Raupenzeichnung von A. caja ist dorsal so gut wie einfarbig schwarz, ventral hellbraun bis zinnoberrot, die Thorakalsegmente mehr rötlich, mit kurzen Haaren besetzt, die Abdominalsegmente schwarz mit langen grauschwarzen Haaren. Wollen wir nun von der Raupe auf die Imago schließen, so müssen wir entweder sagen: Die Raupe ist einfarbig (vorzüglich in bezug auf dorsale Abdominalsegmente), hat also das höchste Stadium der Zeichnung erreicht und die Imago müßte also, da ein höheres Stadium unmöglich ist, auch einfarbig sein; oder wir sagen: die Raupe ist zeichnungslos einfarbig und somit bliebe für die Imago jedes Zeichnungsstadium frei. Es ist aber nicht anzunehmen, daß, wie es tatsächlich auch nicht der Fall ist, der primitivsten

Zeichnung das höchste Pigment entspricht. Es ist für uns auch gleich, ob wir von der Raupe ausgehend oder von der Imago aus allein die Zeichnung betrachten. Wir sehen, daß die Zeichnungslosigkeit beim Imagoabdomen durchaus das primitivste ist. Primitiver aber kann die Raupe nicht mehr sein. Infolgedessen ist ein direkter Zusammenhang zwischen Raupe und Zeichnung und imaginaler Abdominalzeichnung nicht zu konstatieren und die Zeichnungen beider Teile entwickeln sich in voller Unabhängigkeit voneinander. Unter allen Tieren, die ich von A. caja gesehen, ist mir nur ein einziges mit zeichnungslosem Abdomen in die Hände gefallen. Wir sehen daraus, daß diese primitivste Form der Zeichnung nicht mehr oder nur äußerst selten (1 $^0/_{00}$), bei A. caja wenigstens, zu finden ist. Die nächste Stufe der Zeichnungsbildung der Raupe wäre die Ausbildung der Längsstreifen (nach Schröder, L. N. 87).

Richten wir zunächst unser Augenmerk auf den dorsalen Abdominalstreifen des Imago. Wir sehen hier (vgl. Textfig. 10), wie sich nach und nach, erst auf einem, dann auf den direkt darüber oder darunter liegenden Segmenten ein Zeichnungsfleck bildet. Es können scheinbar diese Flecke der Abdominallänge nach zusammenfließen und dadurch würden sie einen regelrechten Längsstreifen bilden; aber dieses Stadium wird bei A. caja so gut wie immer übersprungen. Wohl scheinen die Flecke sich, namentlich in der Mitte, zu nähern, es überwiegt aber eine seitliche Verbreiterung und die „Längsstreifenstückchen“ (Schröder) gehen direkt zur Querstreifung über. Es ist dadurch ein Sprung in der Reihenfolge zu verzeichnen. H. Weismann sagt darüber folgendes (L. N. 116): „Neue Zeichnungscharaktere erscheinen zuerst im letzten Stadium der Ontogenie; dieselben rücken dann allmählich in frühere Stadien der Ontogenie zurück und verdrängen so die älteren Charaktere bis zum völligen Verschwinden.“ Tritt in der Entwicklung (sagt daran anknüpfend Schröder, L. N. 87) plötzlich ein Sprung in der Reihenfolge der Zeichnungsbildung ein, so erklärt sich das so, daß der im letzten Stadium zuerst aufgetretene Rückschlag (Neubildung nach Weismann) zu einer phyletisch älteren Zeichnungsform, das erste Zeichnungsstadium bei seinem Zurückrücken noch nicht erreichte. Damit wäre das Überspringen der echten Längsstreifen am A. caja-Abdomen zu erklären. Wenn wir nun noch sehen, daß genau dasselbe seitliche Verbreitern sich in der Bildung anderer Streifen, nicht nur des dorsalen, vollzieht, so muß die quere Verbreiterung

der Längsstreifenstückchen endlich zur seitlichen Verschmelzung aller Streifen führen und wir erhalten rund um das Abdomen eine Querzeichnung. Und tatsächlich: Bei A. caja lassen sich alle die Zwischenstufen finden. Allerdings ist die letzte Stufe unter normalen Freilandtieren nur selten vertreten. Sie entspricht etwa der Formel (6) in unserer Textfig. 10. Noch seltener ist das Stadium der allgemeinen Verschmelzung bis zur Einfarbigkeit (am Freilandtier). An Temperaturtieren (Hitze- und Frostformen) und anderen, welche auch an den Flügeln ganz ins Dunkele aberrieren, ist diese Zeichnungsform nicht ganz selten, wie uns Taf. XIX, Fig. 10 u. 12 lehrt. Jedenfalls — und das bezwecke ich — sind die folgenden Ausführungen Schröders, obwohl sie sich bloß auf die Raupe beziehen, fast wörtlich auf das Abdomen der A. caja-Imagos anzuwenden. Und wäre es interessant zu eruieren, inwieweit andere Arten diesem Gesetze folgen.

b) Befunde anderer Forscher.

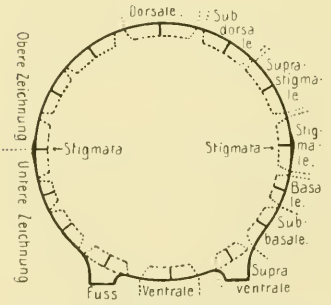
Christoph Schröder gibt in einer Arbeit aus dem Jahre 1894 (L. N. 87) ein genaues Bild der Raupenzeichnung, speziell der der Geometriden. Er selbst schon meint, daß seine Ausführungen sich ebenso gut auf Raupen anderer Arten ausdehnen lassen; ich glaube sogar, das Prinzipielle davon auch auf die Imagines, d. h. deren Abdominalzeichnung übertragen zu können. Ich will deshalb Schröders Aufzeichnungen hier in gekürzter Form wiedergeben, soweit sie auf die Abdominalzeichnung des A. caja-Imagos in Anwendung gebracht werden können. Er sagt:

Zeichnungslosigkeit tritt selten ein und nur in den jüngsten (ontogenetisch gemeint) Stadien, weil die Zeichnung des letzten Stadiums vor der Verpuppung, wenn sie eine hochentwickelte ist, auch eine höhere Stufe des ersten bedingt.

Die einfachste Zeichnungsform (bei Raupen) ist die ununterbrochene Längsstreifung. Es werden alsdann die Streifen auf jedem Segment an einer bestimmten Stelle breiter, während sie sich an den anderen Stellen bis zum Verschwinden verengern. So erhalten wir die Fleckzeichnung. Die Längsstreifstückchen können auch von ihrem geraden, einander parallelen Verlauf abweichen und divergieren, und es entsteht eine Rauten- oder Knotenzeichnung oder ein X-artiges Muster. Die Verbreiterung der Längsstreifung an gewissen Stellen führt zu seitlichen Verschmelzungen = Netzzeichnung und — wenn die Verbindung mit den anderen Längsstreifenstückchen unterbrochen wird — zur Quer-

streifung. Der höchste Entwicklungsgrad ist die Einfarbigkeit, oft unterstützt durch die Nachdunklung des Grundtones bis auf die Nuance des Zeichnungstones. Am genauesten verläuft die Entwicklung auf den Abdominalsegmenten (also auf denen, die an der Imago später auch das Abdomen sind. K. S.). Die Analsegmente geben meist andeutungsweise — aber oft — phyletisch ältere Charaktere wieder. Thorakalsegmente sind einer höheren Zeichnung als einfacher Längsstreifung scheinbar nicht fähig.

Es muß einem jeden auffallen, wie übereinstimmend diese, an Raupenkörper studierten Resultate, auf die Abdominalsegmente der Imagos passen. Ein Blick auf die uns schon bekannte Textfig. 10, in der ich alle wesentlichen Abdominalzeichnungsmöglichkeiten des Schmetterlings verzeichnet, zeigt uns die große Analogie. Allerdings ist die Zeichnung stark schematisiert. Man nehme aber mehrere beliebige Arctiiden-Falter und sehe sie auf obige Schröderschen Ausführungen hin genau durch und man wird mir recht geben, wenn ich sage: Das, was Schröder für die Raupenzeichnung nachweist, paßt fast ausnahmslos auch auf die Zeichnung des Imago-Abdomens. Nur sind die Regeln im ersten Falle vom ontogenetischen Standpunkte gefunden, die des zweiten Falles wären phylogenetisch zu denken.



Textfig. 26. Verteilung der Längszeichnungsbänder auf dem Raupenkörper, entworfen nach einer Arbeit von Chr. Schröder (L. 87).

Christoph Schröder spricht sich in dieser selben Arbeit auch noch weiter über die Zeichnung der Raupe aus, wobei wieder obige Analogie mit der Imago zu konstatieren ist:

Zunächst teilt er die Zeichnung den Längsbändern nach ein und benutzt die Bezeichnung, die ich auf beiliegender Figur eingetragen: Textfig. 26. Diese Figur stellt den Querschnitt eines Raupenabdomens vor, wobei die punktierten Vierecke die Längsbänder darstellen sollen, als wenn sie sich in die Tiefe erstreckten und vom Schnitte getroffen seien. Die bisherigen Betrachtungen bezogen sich fast ausnahmslos auf das in dieser Textfig. 26 mit Dorsale bezeichnete Längsband und die danebenliegenden Subdorsale und Suprastigmale.

Wir wollen nun sehen, ob die Reihenfolge, in der diese einzelnen Streifen am Raupenkörper auftreten, nicht vielleicht auch für die Imago paßt. Schröder sagt: „Zuerst erscheint die Dorsale“ — und tatsächlich, wir finden bei A. caja oft nur diese, wenn auch noch nicht vollständig vor, nie aber sind andere Streifen vorhanden bei fehlender Dorsale. „Es folgt die Basale“ und darauf die „Stigmale“. Ich konnte wohl nachweisen, daß, ist einmal die Stigmale vorhanden, auch die Basale stets vorhanden ist. Wahrscheinlich aber tritt letztere mit ersterer nahezu gleichzeitig auf, denn eine Basale ohne Stigmale habe ich nicht finden können. „Die Ventrale“, sagt Schröder, „entsteht erst später, weil die meist unsichtbare Bauchseite fürs erste keine Zeichnung verlangt“. Auch hier finde ich die erwartete Analogie mit der Imago. Die Ventrale, meist matter gefärbt, tritt erst zuletzt auf, wenn Dorsale und Stigmale bereits wohl ausgebildet sind. „Es folgen nun Subdorsale usw.“ Auch das stimmt, jedoch treten einige Bänder bei der A. caja-Imago nur ausnahmsweise auf und zwar nur, wenn die Zeichnung bereits der Einfarbigkeit nahe kommt. Diese seltenen Bänder sind vor allem die beiden Suprastigmale. Es liegt das wahrscheinlich am gleichen Zweck, den das Abdomen in seiner Zeichnung erfüllen soll wie die Hinterflügel. Wie ersteres mit letzteren in bezug auf die Farbe gleich ist, d. h. beide suchen möglichst große Kontraste zwischen Grundfarbe und Zeichnungsfarbe zu gewinnen, so trachten sie wohl auch diese Kontraste in ihrer Zeichnungsausbildung zu erhalten, da der Körper in der Ruhe von den Vorderflügeln bedeckt, bei Spreizung derselben wohl auch als Schreckmittel dient. Wären nun alle Streifen vorhanden, so wäre die Grundfarbe bereits derartig verdrängt, daß eine Kontrastwirkung nicht mehr vorläge.

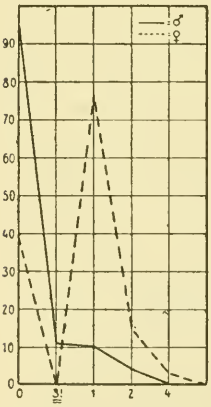
c) Zusammenfassung.

Nachdem wir die Entwicklung der Abdominalzeichnung kennen gelernt, sowie ihre Zusammensetzung, wollen wir zusehen, auf welchem Zustande A. caja sich zumeist befindet. Wir nehmen deshalb Textfig. 25 zur Hand. Wir sehen hier wieder recht deutlich, daß die Formen, die ich mit eingeklammerten Zahlen bezeichnet habe, Übergangsformen sind. Scheiden wir diese aus, so erhalten wir, sowohl für die Männchen als auch für die Weibchen, je eine ziemlich regelmäßige, eingipfelige Kurve. Die Männchen erreichen mit 4, die Weibchen mit 6 ihren höchsten Stand und fallen davon zu beiden Seiten ab. Beide variieren

zur helleren primitiveren Seite stärker als zur dunkleren, höheren. Wir sehen also wieder:

In bezug auf die Zeichnung und Färbung (da letztere identisch mit der Flügelfärbung) des Abdomens tendiert das Männchen zur helleren primitiveren, das Weibchen zur dunkleren höheren Entwicklungsstufe. Daraus folgt auch hier wieder eine weibliche Präponderanz. Im ganzen ist aber A. caja bereits auf einer recht hohen Stufe der Entwicklung angelangt.

In bezug auf die Thorakalzeichnung dagegen scheint die Imago der an Raupen gefundenen Gesetzlichkeit nicht zu folgen: Schröder sagt ja — die Thorakalsegmente seien einer höheren Zeichnung als einfacher Längsstreifung nicht fähig. Wohl haben wir bei primitiveren Faltern eine solche deutliche Längsstreifung des Thorax, ich erinnere nur an die mit primitiver Längsstreifung der Flügel versehenen Arctiiden wie: Ocnogyna pudica Esp., diva Stgr. und verschiedene andere. Sobald aber die Flügelzeichnung eine höhere wird, beginnen auch die Thorakallängsstreifen, wenn auch in langsamerem Tempo, seitlich zu verschmelzen. So finden wir denn auch bei A. caja, einem in der Flügelzeichnung sehr hochstehenden Tier, bereits eine totale Einfarbigkeit, — mit Ausnahme der Schulterdecken, die am längsten der allgemeinen Verdunklung Widerpart halten. Diese Stelle des Thorax entspricht ja auch der auf dem Abdomen am seltensten von Streifen überdeckten, d. h. den Grundfarbenlängsstreifen zwischen Subdorsale und Suprastigmale. Also auch am Körper der A. caja findet eine antero-posteriore Entwicklung statt.



Textfig. 27. Häufigkeitstabelle für das Vorkommen der 5 verschiedenen Schulterblattzeichnungen der Pilzschen A. caja L.

Wenden wir uns nun dem Schulterblatt zu und fassen dazu Textfig. 27 ins Auge[1]). Auf dieser Figur sehen wir, daß alle unsere Schlüsse in bezug auf das gegenseitige Verhalten von Männchen und Weibchen umgekehrt werden müßten, denn die meisten Männchen sind in 0, die meisten Weibchen in 1. Das heißt die Männchen neigen mehr dazu, die Längsstreifung ins höhere Stadium der Farblosigkeit überzuführen als die Weibchen. Nach unseren bis-

1) Ich habe auf dieser Tafel nachträglich die Formel 3 vor 1 gestellt, weil 3 einen dunkleren Eindruck als 1 macht.

herigen Betrachtungen wäre also hier eine männliche Präponderanz. Warum sich in diesem einzigen Merkmal die Regel dennoch nicht umkehrt, wäre nun zu erklären: Daß unsere früheren Schlüsse richtig sind, glaube ich zur Genüge belegt zu haben. Es könnte also hier nur ein Versehen vorliegen, und zwar darin, daß wir die Einfarbigkeit des Thorax der Männchen höher stellen als die Zeichnung der Weibchen. Wenden wir uns zur Lösung dieser Frage wieder den Standfuss'schen Experimenten, d. h. der Tabelle auf p. 464 und 465, zu und verfolgen nach ihr die Variabilität der Schulterblätter. Wir sehen die normalen Tiere in den Weibchen mit 1, in den Männchen mit 0 bezeichnet, analog unserer Textfig. 27. Bei Kälteexperimenten, die wir nur für Rückschläge in Betracht ziehen konnten, erreichen wir fast durchweg 0, d. h. also, das ältere Stadium ist die Einfarbigkeit. Um diesen Schluß zu erhärten, müssen durch Wärmeexperimente Formen mit mehr Zeichnung auftreten, und tatsächlich, wir finden öfters Formel 2 und 4, und zwar 4 weitaus mehr bei den Weibchen. Wärmeexperimente können, wenn sie phyletische Formen bilden, nur fortschreitende event. auch Zukunftsformen hervorrufen. Es ist also wahrscheinlich, trotz des ursprünglichen scheinbaren Widerspruches, auch auf dem Thorax in bezug auf die Zeichnung (und Farbe) eine weibliche Präponderanz zu finden.

Welcher selektive Einfluß hier im Gegensatz zu anderen Stellen wieder das Vortreten eines an sich primitiveren Stadiums hervorruft, vermag ich nicht zu erklären. Wir haben es hier wahrscheinlich mit einer kleinen rückläufigen Entwicklung zu tun, die einsetzte, als das höchste Stadium der Einfarbigkeit erreicht war. Fassen wir nun unsere hier gefundenen Schlüsse kurz zusammen:

1. Es besteht eine ausgeprägte Korrelation in der Färbung des Thorax einerseits und der der Vorderflügel andererseits, des Abdomens und der Hinterflügel.
2. Wie sich ontogenetisch und phylogenetisch die Raupenzeichnung entwickelt — so entwickelt sich phylogenetisch die Körperzeichnung der Imago.
3. Die Imago hat ontogenetisch eine von der Raupenzeichnung vollkommen unabhängige Zeichnung.
4. A. caja hat sowohl als Raupe wie auch als Imago eine auf hoher Stufe stehende Zeichnung, die vielleicht nur am Thorax der Imago sekundär wieder einfacher geworden ist.

5. Wir erkennen auch in bezug auf die Farbe und Zeichnung des A. caja-Abdomens eine weibliche Präponderanz sowie eine anteroposteriore Entwicklung an.

IV. Abschnitt.

Variabilität der chitinösen Teile des A. caja-Körpers.

Wir wollen uns nun mit den Chitinteilen des Thorax, der Fühler, der Schuppen, Beine und des Abdomens befassen. Diese Teile sind allerdings von mir recht knapp berührt worden; einmal weil dazu eine große Zahl von Tieren anatomisch zu untersuchen gewesen wären, welche ich mir nicht verschaffen konnte, und zweitens, weil die zu dem Zwecke angestellten Versuche mir so gut wie ganz fehlschlugen, diese aber am deutlichsten etwaige Befunde erläutert hätten. Tiere, z. B. Standfussscher Versuche, durfte ich natürlich nicht zu diesem Zwecke benutzen. Es ist dieses ein sehr bedauerlicher Mangel meiner Arbeit, da gerade diese Falterteile sehr wenig bekannt sind und das Wenige erst in allerneuester Zeit mitgeteilt worden ist. Es stützt also die daraus gezogenen Schlüsse noch nicht das große Erfahrungsmaterial, welches zur Bearbeitung der Flügel und Thorakalteile die wesentlichste Hilfe leistete. Ich will deshalb jedesmal nach einer kurzen Darstellung meiner eigenen Untersuchungen mich, um ein klares Bild dieser Frage zu geben, hauptsächlich auf die Befunde anderer Forscher berufen.

A. Variabilität der Schuppen.

a) Eigene Untersuchungen.

Bei Durchsicht meines Materials in bezug auf die Variabilität der Schuppen folgte ich demselben Programm, wie es M. von Linden in einer später zu erwähnenden Arbeit tat.

Zunächst achtete ich auf die allgemeine Struktur und Pigmentierung der Schuppen und fand, gleich Urech, Linden und Fischer, daß zur Beurteilung namentlich der letzteren es sehr auf die verschiedene Beleuchtung ankommt, der die Schuppen während der Beobachtung unterworfen werden. Jede gefärbte Schuppe verhält sich in dieser Beziehung anders als eine andersgefärbte und bin ich deshalb gezwungen, die Schuppen nach ihrer Färbung gesondert zu untersuchen. Da es mir hierbei zunächst auf Form und Größe weniger als auf die Farbenwirkung der

Schuppen ankam, achtete ich nicht auf den Ort, von welchem ich die Schuppe den Flügeln entnahm. Ich erhalte folgende Resultate:

1. Die Schuppen des weißen Grundfarbenbandes der Vorderflügel

zeigen sich dem unbewaffneten Auge, auf dunklem Grunde, als kleine, weiße bis weißgelbe Gebilde. Bei geringer Vergrößerung im trockenen Zustande (Vergr. 1 : 12) erschienen sie weißglänzend. Bei stärkerer Vergrößerung (Vergr. 1 : 79) unterschied man deutlich das das Licht stark reflektierende, silberig glänzende Chitin und darunter eine milchweiße, matte Schicht. Hier schon sah man, daß letztere aus einer großen Anzahl einzelner Körner bestand. Wurde diese Schuppe mit derselben Vergrößerung bei durchfallendem Licht untersucht, so trat diese Sonderung noch deutlicher zutage: Das Chitin zeigte sich als eine gelbbraune, stark gefaltete resp. mit Leistchen versehene und durchsetzte klare Membran, das Innere des Schuppensäckchens aber war von einer gelblichen hyalinen Masse — dem Plasma — ausgefüllt, in welcher eine große Anzahl nun schwarz erscheinender Körnchen — Pigmentkörper — eingelagert war. Die Leistchen erschienen hell, von dunklen Linien parallel bekleidet, welch letztere bei Drehung des Kreuztisches bald schwanden, bald wieder erschienen und sich somit als Schatten dokumentierten. Wurde nun eine noch stärkere Vergrößerung (1 : 125) angewandt, so erschien alles deutlicher, ohne sich jedoch zu verändern. Wurde das durchfallende Licht abgeblendet — so daß nur noch auffallendes zur Perzeption kam — erschien das Schüppchen dunkelgelbbraun mit starkglänzender Chitinhaut. Wurde endlich die Schuppe in Kanadabalsam konserviert und dann in obiger Reihenfolge denselben Beobachtungen unterworfen, so zeigte sich ein ganz anderes Bild. Mit bloßem Auge gesehen war die Schuppe ganz durchsichtig weiß, bei schwacher Vergrößerung blieb sie ebenso, zeigte aber bei stärkerer silberige Randreflexe. Wurde nun wieder durchfallendes Licht benutzt, so bot sie sich dem Auge zwar wieder nur als durchscheinend weißes Gebilde, doch ließ sich schon die Granulation, infolge der Pigmenteinlagerung erkennen, wobei das Pigment grauweiß erschien, vorzugsweise am Vorderrande abgelagert war und an der Basis fast fehlte. Bei der stärksten angewandten Vergrößerung wurde das Bild, benutzte man durchfallendes Licht, nur deutlicher, ohne sich wesentlich zu verändern. Es fehlten bloß die die Leistchen begleitenden Schattenstreifen.

Auf dunklem Grunde waren die Schuppen gar nicht zu sehen, bei Anwendung der Sternblende erschienen sie milchweiß gerieft, und bei Benutzung des Vertikalilluminators stark silbrig, was durch totale Lichtreflexion an der Chitinmembran verursacht wurde.

2. Braune Schuppen der Zeichnungsbänder der Vorderflügel.

Beobachtung a: Auf dunklem Grunde mit bloßem Auge (als Trockenpräparat wie alle nächstfolgenden) = braun, etwa H.

Beobachtung b: Auf dunklem Grunde mit Vergr. 1 : 12 = hellerbraun, etwa M.

Beobachtung c: Auf dunklem Grunde, mit Vergr. 1:79 = an der Basis silbrigweiß zum Vorderrande zu brauner, etwa M.

Beobachtung d: Bei durchfallendem Licht mit Vergr. 1:79 = ganz analog dem Verhalten der weißen Schuppen bei gleicher Beobachtung, nur erschien die Granulation dunkler und dichter, ohne eine spezifische Farbe.

Beobachtung e: Bei durchfallendem Licht mit Vergr. 1:125 = ebenso, nur deutlicher.

Beobachtung f: Auf dunklem Grunde mit Vergr. 1:125 = unsichtbar oder total reflektierend.

Als Kanadabalsampräparat präsentieren sich die Schuppen durchweg durchsichtiger und daher in den Farben um eine Nuance heller und lebhafter. Bei den Beobachtungen a und b war kein wesentlicher Unterschied mit den entsprechenden (der Versuchsreihe bei trockenen Präparaten) zu konstatieren. Bei Beobachtungen c und f waren die Schuppen silbrigglänzend, aber ohne eine ausgesprochene Farbe. Beobachtung d zeigte eine Aufhellung der Färbung bis zum Ton M und bei Beobachtung e zeigte sich die starke Riefung resp. Leistchenbildung, ferner die weißlichgelbe Chitinfarbe, das gelbe Plasma und die dunkle Granulierung. Bei dieser Beobachtung ließ sich ein weißes Schüppchen von einem braunen überhaupt nicht unterscheiden, da die Pigmente — lichtundurchlässig — in jedem Falle nur als schwarze bis grauschwarze Pünktchen erschienen. Betrachten wir nun in analoger Weise:

3. Die roten Schuppen der Hinterflügelgrundfarbe.

Beobachtung a: Rot bis rotgelb.

Beobachtung b: Etwas heller.

Beobachtung c: An der Basis ist die Farbe überdeckt durch das silbrige Glänzen des Chitins.

Beobachtung d: Das Bild ist genau dasselbe, wie bei der gleichen Beobachtung der weißen Schüppchen. Die Granulation ist dichter am Vorderrand und zeigt einen rötlichen Schimmer.

Beobachtung e: Das Bild gleicht wieder dem analogen weißen und braunen Schuppenbild.

Beobachtung f: Unsichtbar oder total reflektierend.

Diese Versuche wurden mit trockenen Präparaten angestellt.

Bei Canadabalsam-Präparaten ergab sich etwa folgendes Bild: Bei

Beobachtung a: hellrot durchscheinend mit schwach bräunlicher Deckung, die durch die Eigenfarbe des Chitins hervorgerufen wurde.

Beobachtung b: Rotbraun milchig.

Beobachtung c: Rotbraun milchig, nur dunkler.

Beobachtung d: Rosa milchig, nur die Adern entlang gelblichbraun.

Beobachtung e: Analog allen anderen Schuppen bei der gleichen Beobachtung.

Beobachtung f: Unsichtbar oder schwach-silbrig reflektierend.

Wenden wir uns nun den nächsten dunklergefärbten Schuppen zu:

4. Die schwarzen Schuppen der Hinterflügelzeichnung.

Trockene Beobachtung a: Tiefmatt braunschwarz.

Trockene Beobachtung b: Tiefmatt braunschwarz.

Trockene Beobachtung c: Tiefmatt braunschwarz mit silbrigglänzenden Rändern.

Trockene Beobachtung d: Granulation stark und besonders am Vorderrand; sonst wie die anderen Schuppen.

Trockene Beobachtung e: Analog den anderen gleichsinnigen Beobachtungen.

Trockene Beobachtung f: Unsichtbar.

Canadabalsampräparat.

Beobachtung a: Mattgrau-schwarz.

Die übrigen Beobachtungen b—f ebenso wie die analogen Beobachtungen der Trockenpräparate, nur ist der schwarze Ton etwas heller wegen seiner Durchsichtigkeit.

5. Schuppen des Blauschillers der Hinterflügelzeichnung.

Zunächst im trockenen Zustande untersucht.

Beobachtung a: Blauviolett schillernd.

Beobachtung b: Grünlich, bläulich und rötlich bis schwarz, in der Färbung wechselnd, je nachdem das Licht die Schuppen trifft.

Beobachtung c: Grünlich, bläulich und rötlich bis schwarz mit leichtem Glänzen des Chitins.

Beobachtung d: Analoges Verhalten wie bei allen anderen Schuppen. Bei Drehung des Kreuztisches erscheint über der dichten schwarzen Granulation ein zartes Schillern der oberen Chitinschicht.

Beobachtung e: Ganz identisch den schwarzen Schuppen.

Beobachtung f: Fast unsichtbar, nur bei Drehung des Kreuztisches schwaches Aufleuchten der lichtbrechenden Schicht.

In Canadabalsam eingebettet geht fast durchweg das Schillern verloren. Wir haben hier eine Interferenzwirkung vor uns: Die mit dunklem, wohl schwarzem Pigment gefüllten Schuppensäckchen haben eine stark lichtzerlegende Chitinoberhaut und darunter eine Luftschicht, welche bei der Durchführung der Schuppe durch die Alkohol-Xylol-Reihe verdrängt wurde und deshalb die Interferenzwirkung nicht mehr hervorrufen kann. Die Beobachtungen a—f unterscheiden sich von allen vorherigen, mit andersfarbigen Schuppen angestellten, nur insofern, als die Granulation eine ungleich dichtere ist und zumal am Vorderrande das Schüppchen vollkommen lichtundurchlässig macht. Suchen wir nun aus allen Vorstehenden den Schluß zu ziehen:

Die Schuppen aller Farben wirken (exkl. den blauschillernden) verschieden — nur so lange schwache Vergrößerungen auf dunklem Felde bei der Beobachtung benutzt werden. Bei stärkerer Vergrößerung und durchfallendem Licht sehen wir in allen Fällen: hellgelbbraunes Chitin, gelbliches Plasma und eine Granulation von lichtundurchlässigen, daher schwarz erscheinenden Körnchen des jeweiligen Pigmentes. Je dunkler die Schuppenfarben, desto dichter diese Granulation. Sowohl blau wie auch, zum Teil wenigstens weiß sind Interferenzerscheinungen, wobei allerdings eine Pigmentschicht als Untergrund dient. Die Lichtbrechung erfolgt einerseits durch eine eigentümliche Chitinstruktur (vgl. Urech, L. N. 112 u. 113), andererseits durch die Ausfüllung der Schuppensäckchen mit Luft (vgl. Mayer 1896 in L. N. 16 und Spuler 1895, L. N. 97). Bei stärkster Vergrößerung auf dunklem

Grunde überwiegt die Lichtreflexion der oberen Chitinschicht derart die Farbenwirkung, daß letztere nicht mehr zu sehen ist. Wurde dagegen durchfallendes Licht zugelassen, so sah man bei Trockenpräparaten die dicht gestellten, einander fast parallelen Chitinleistchen, die deutliche Schatten werfen. Letztere verschwanden bei der analogen Kanadabalsampräparat-Beobachtung, weil die Leistchen hier durchsichtig wurden.

Nun wenden wir uns dem äußeren Bau der Schuppen zu. Wir wissen nach Kettelhoid [vgl. weiter Kap. II, Abschn. 4 A b) Fußnote 1)], M. v. Linden (L. N. 53, 58—60), Urech (L. N. 112, 113), Federley (L. N. 16), Kosminsky (L. N. 47) u. a. m., daß die Schuppen auf jedem Bereich des Flügelfeldes in ihrer Form und Ausbildung wechseln. Wir müssen deshalb bei einer Untersuchung derselben einige ganz bestimmte Gebiete des Flügels wählen, aus denen wir, bei allen Versuchstieren in gleicher Weise, die Schuppen entnehmen. Als solche 4 Gebiete liegen folgende von mir ausgewählten vor:

1. Das Wurzelgebiet zwischen Ader I und V, nicht über das Grundband b und b′ hinaus.
2. Das Diskoidalfeld, exkl. der Wurzelgegend.
3. Das Gebiet zwischen Ader II_5 und IV_2, von der Diskoidalquerader bis zum Saume der Flügelmembran.
4. Das äußere, seitliche Saumgebiet (Saumfransen).

Es ist klar, daß bei der Entnahme der Schuppen aus einem dieser 4 Gebiete, sei es auf den Vorderflügeln, sei es auf den Hinterflügeln — oberseits oder unterseits —, es nicht zu vermeiden war, mit dem Pinsel auch benachbarte Gebiete zu streifen und somit versehentlich auch von diesen Gebieten einzelne Schüppchen ins Präparat einzuführen. Ich habe deshalb in jedem Präparate taxationsweise das Vorkommen einzelner Schuppentypen bestimmt und gewann dadurch die Einsicht: welche Schuppen nicht und welche wohl zu dem zu behandelnden Gebiete gehören. An Totalflügelpräparaten ließ sich dann auch noch das Urteil korrigieren.

Wie bereits wiederholt erwähnt, sind mir meine Temperaturversuche faßt mißglückt und konnte ich deshalb, abgesehen von einigen Freilandaberrationen, nur normale oder annähernd normale Tiere zu diesen Untersuchungen verwenden und auch solche nur in sehr geringer Zahl. Ich verweise deshalb häufig notgedrungen auf fremde Literatur, die sich vorwiegend mit Temperatureinflüssen auf die Schuppen befaßt.

Ich selbst ging bei diesen Untersuchungen folgendermaßen vor: Ich sah mein mir zur Verfügung stehendes Material mit Lupe und Mikroskop so genau wie irgend nur möglich durch. Alsdann wählte ich die typischsten Tiere heraus und entnahm diesen erst die Schuppen. Die an diesen Präparaten gefundenen Resultate verglich ich wiederum mit dem ungestörten Material. Durch diese Arbeitsweise hoffe ich, trotz des Mangels an einer genügenden Anzahl mikroskopischen Materials, recht genaue Daten geben zu können.

Zunächst betrachten wir die Merkmale, die allen A. caja in gleicher Weise zukommen: Die Schuppen variieren auf jedem der Flügel oberseits wie unterseits in ihrer Größe. Und zwar sind die Schuppen am größten an der Flügelwurzel, nehmen zum Diskoidalfeld ab und sind im Saumfeld am kleinsten. Die Saumfransenschuppen sind jedoch von diesen Schuppen zu trennen, sie differieren nicht nur bedeutend in der Form, sondern auch in der Größe; sie sind die längsten Schuppen am Körper der A. caja, wenn wir von allen echten Haarschuppen absehen. Die Wurzelfeldschuppen (nicht Haare) variieren in der Länge von 520 μ bis 800 μ, sind schlank und noch recht haarähnlich, sie haben keine oder sehr wenige Processus; ihre größte Breite liegt in der Höhe des basalen Drittels. Bei der Maßangabe der anderen Schuppen müssen wir unterscheiden zwischen den Grund- und Deckschuppen. Erstere variieren im Diskoidalfeld von 200 bis 280 μ Länge, letztere von 240 bis 480 μ. Die größte Breite beider Schuppenarten liegt am Vorderrand, wobei die der Grundschuppen die Breite der Deckschuppen oft um das Doppelte übertrifft. Die Grundschuppen des Saumfeldes variieren von 145 bis 200 μ, die Deckschuppen von 240 bis 305 μ in der Länge. Deck- und Grundschuppen kommen sich also ein wenig näher, zumal in ihrer Breite, die letzteren sind nur ca. um $^1/_4$ bis $^1/_2$ breiter als erstere. Die größte Breite beider liegt wieder am Vorderrande. Als letzte kommen die Saumfransenschuppen in Betracht. Diese zerfallen zwar nicht in Grund- und Deckschuppen, werden aber zu denen des Saumfeldes durch kleinere Zwischenformen übergeleitet. Ihre Länge variiert demgemäß in einer großen Variationsbreite, und zwar von 296 bis 1040 μ. Sie zeichnen sich durch die allmählich spitzwinklig zunehmende große Breite aus, die das vier- und fünffache der Deckschuppenbreite betragen kann. Maße für die Breite gebe ich absichtlich nicht, denn dieses

hängt mit der Zahl der Processus zusammen und variiert in ganz unbestimmbaren Grenzen an allen Schuppen der Flügel.

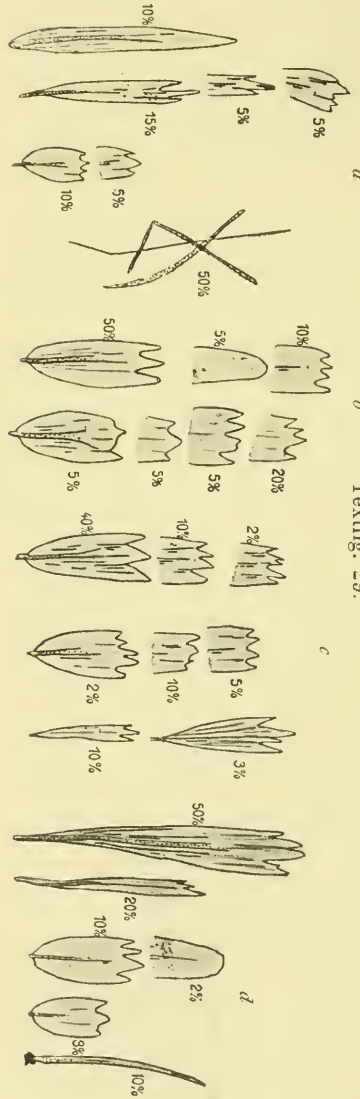
Ein Sinus ist bei den A. caja-Schuppen nie vorhanden. Ein Stiel nur in sehr geringem Entwicklungsgrade, er fehlt aber nirgends und nimmt etwas zu, je weiter man zur Wurzel der Flügel kommt.

Was nun die innere Struktur betrifft, so sehen wir an allen Schuppen (mit Ausnahme einiger haarähnlicher im Wurzelfeld) eine Anzahl paralleler Leistchen. Diese Anzahl nimmt von der Wurzel zum Außenrande zu und wird in den Saumfransenschuppen sehr groß. Hier sind die Leisten auch weit stärker, so daß die ganze Schuppe stark geriefelt erscheint (vgl. weiter unten die H. Federley'sche Erklärung dafür).

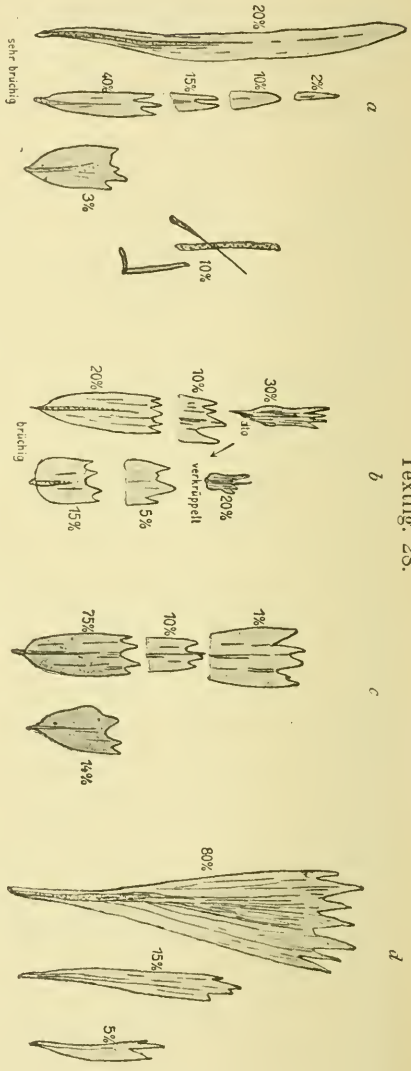
Durch die Mitte der Schuppe, vom Stiel aus gerechnet, scheint ein Hauptzufuhrkanal zu führen, etwa wie der Mittelnerv eines Blattes. Durch den hohlen Stiel wird wohl durch diesen Kanal Plasma und Pigment in die Schuppen getrieben. Ersteres verteilt sich dann seitlich in der ganzen Schuppe (letzteres mehr am Vorderrand) und bleibt besonders dicht in diesem Kanale zurück. Der Kanal erweist sich bei stärkerer Vergrößerung als ein breiter Zwischenraum (breiter als normal) zwischen zwei Leistchen, der, da die Schuppe in der Mitte dicker ist, auch in der Höhe einen größeren Durchmesser hat als die anderen Kanäle, die durch die lateralwärts liegenden Leistchen gebildet werden. Da sich die Leistchen zum Vorderrande zu etwas mehr spreizen, zugleich auch flacher werdend, allmählich sich verlieren, geschieht dasselbe auch mit den Kanälen, die dadurch ihren geschlossenen Charakter verlieren. Wirklich geschlossene Röhren sind diese Kanäle allerdings nicht, da die Leistchen nicht ihrer ganzen Länge nach die obere und untere Schuppenmembran berühren, sondern diese nur stellenweise zäpfchenartig voneinander abspreizen.

Am Wurzelfelde sitzen haarähnliche Gebilde in der Nähe der oberen und vorwiegend der unteren Saumpartie, sowohl der Vorder- als auch der Hinterflügel. Sie erreichen eine Länge, besonders am Wurzelrande der Hinterflügel, von 5 mm, haben höchstens 3 bis 4 Leistchen und verbreitern sich nach und nach (saumwärts), wodurch sie zu den Wurzelfeldschuppen überleiten. Die Haarschuppen sind processuslos. Mit abnehmender Größe der Schuppen von der Wurzel zum Saum nimmt die Zahl der Processus zu. Einige Zahlen, die von einem Normal-A. caja-Typus stammen, mögen das beweisen (vgl. Textfig. 28—35):

Wurzelfeldhaarschuppen: besitzen 0 bis 3 Processus.
Echte Wurzelfeldschuppen: haben 1 bis 4 Processus.
Die Deckschuppen des Diskoidalfeldes: 1 bis 5 Processus.



Textfig. 29.

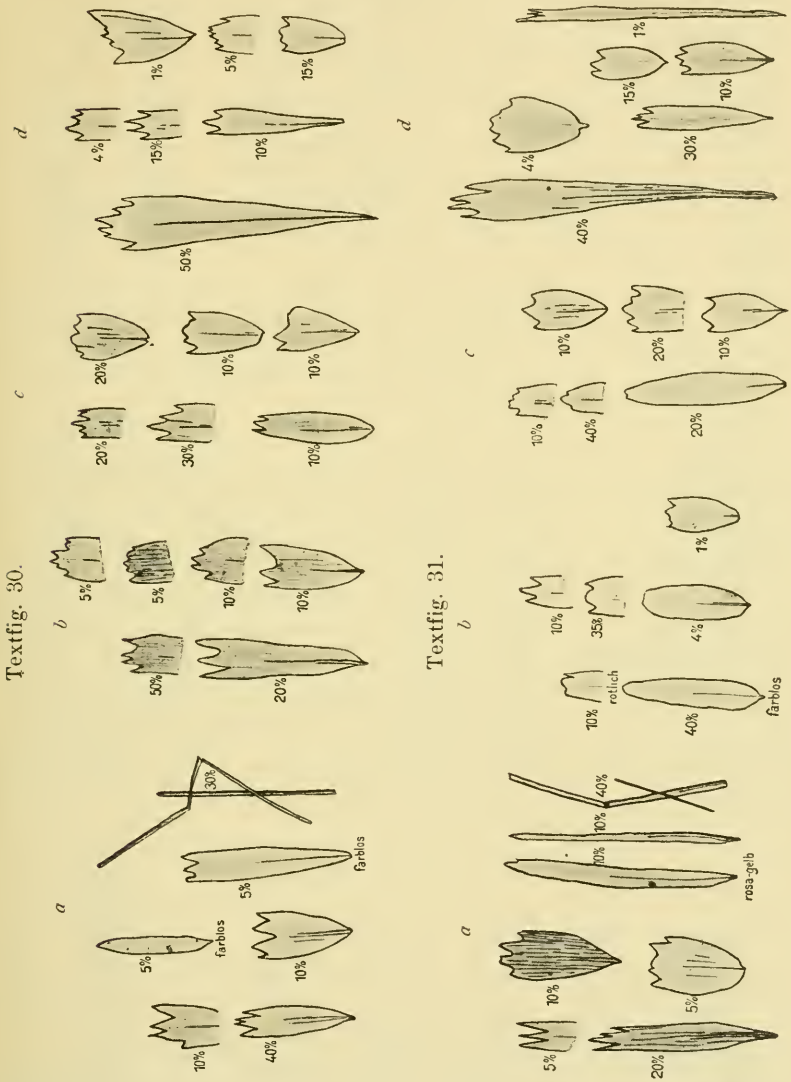


Textfig. 28.

Textfig. 28. Arctia caja L., Normaltier (meine Zucht, Nr. 101), ♀. *a* V. O. Wurzel. *b* V. O. Discoid. *c* V. O. II_5—IV_2. *d* V. O. Saum. — Oc. 2*, Obj. C, Vergr. 1 : 125.

Textfig. 29. Arctia caja, Normaltier (meine Zucht, Nr. 101). *a* H. O. Wurzel. *b* H. O. Discoid. *c* H. O. II_5—IV_2. *d* H. O. Saum. — Oc. 2*, Obj. C, Vergr. 1 : 125.

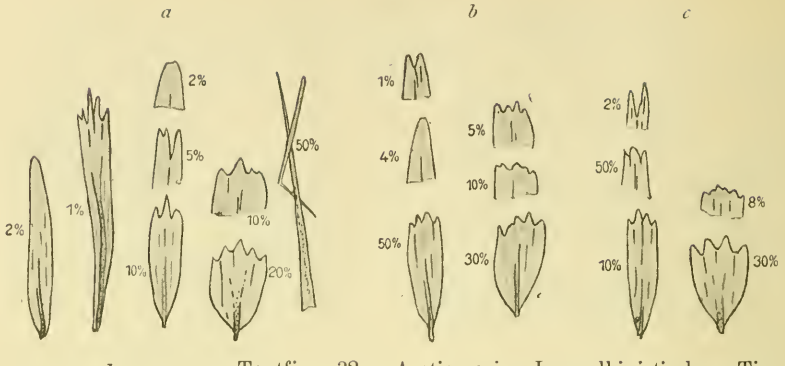
Die Grundschuppen des Diskoidalfeldes: 3 bis 6 Processus.
Die Deckschuppen des Saumfeldes: 2 bis 5 Processus.

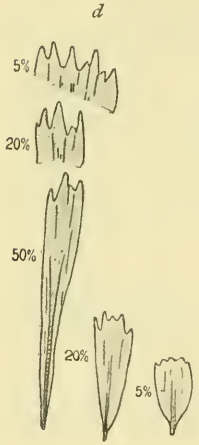


Textfig. 30. Arctia caja, Normaltier (meine Zucht, Nr. 14), ♀. *a* V. O. Wurzel. *b* V. O. Discoid. *c* V. O. IV_2—II_5. *d* V. O. Saum. — Oc. 2*, Obj. C, Vergr. 1 : 125.

Textfig. 31. Arctia caja, Normaltier, (meine Zucht, Nr. 14). *a* H. O. Wurzel. *b* H. O. Discoid. *c* H. O. II_5—IV_2. *d* H. O. Saum. — Oc. 2*, Obj. C, Vergr. 1 : 125.

Die Grundschuppen des Saumfeldes: 3 bis 6 Processus.
Die Saumfransenschuppen: 4 bis 8 Processus.

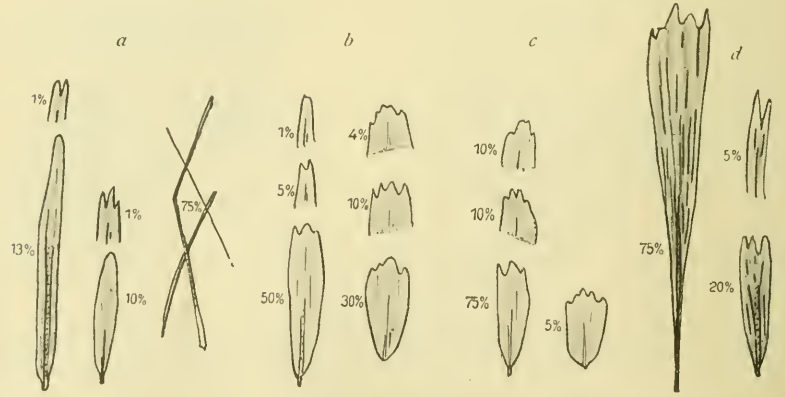




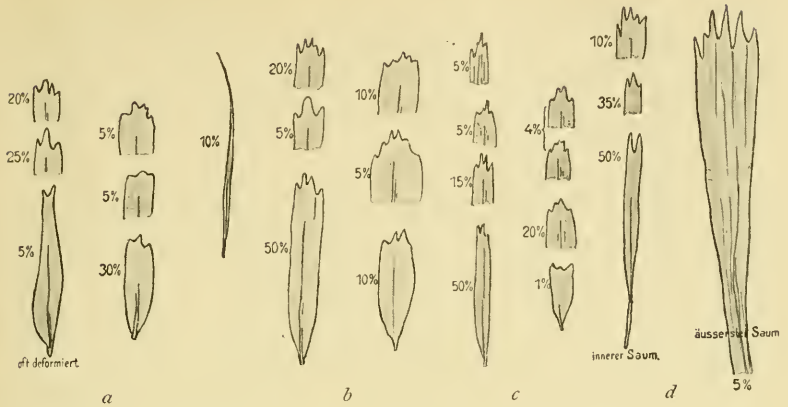
Textfig. 32. Arctia caja L., albinistisches Tier, (Nr. 1250), ♂. *a* V. O. Wurzel. *b* V. O. Discoid. *c* V. O. II_5—VI_2. *d* V. O. Saum. — Oc. 2*, Obj. C, Vergr. 1 : 125.

Je mehr Processus eine Schuppe trägt, desto breiter ist sie am Vorderrande, desto stumpfer aber werden die Processus mit Ausnahme derjenigen an den Saumfransenschuppen.

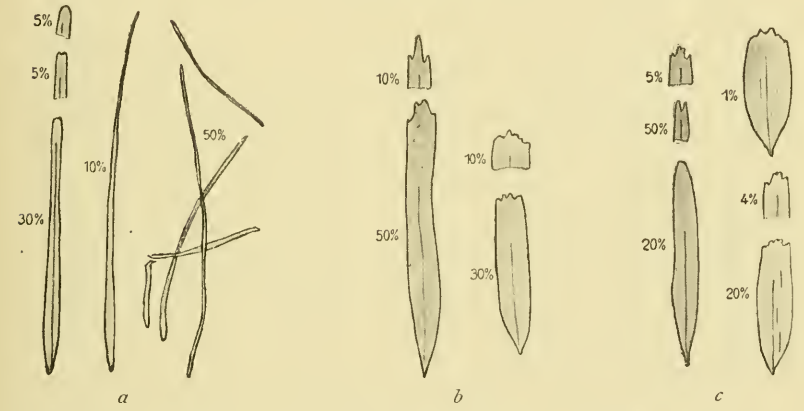
Die Zahlen und Maße beziehen sich sowohl auf die Vorder- wie auch auf die Hinterflügeloberseite. Auf allen diesen Textfiguren bedeutet: V. O. = Vorderflügeloberseite, V. U. = Vorderflügelunterseite, H. O. = Hinterflügeloberseite, H. U. = Hinterflügelunterseite. Nur sind die Schuppen der Hinterflügel ein wenig breiter mit spitzeren Processus versehen und auf dem Wurzelfeld stehen



Textfig. 33. Arctia caja L., albinistisches Tier (Nr. 1250). *a* H. O. Wurzel. *b* H. O. Discoid. *c* H. O. II_5—IV_2. *d* H. O. Saum. — Oc. 2*, Obj. C, Vergr. 1 : 125.

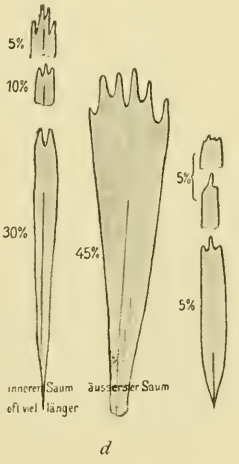


Textfig. 34. Arctia caja L., melanistisches Tier (Nr. 1251), ♂. *a* V. O. Wurzelfeld. *b* V. O. Discoid. *c* V. O. II_5—IV_2. *d* V. O. Saum. — Oc. 2*, Obj. C, Vergr. 1 : 125.



Textfig. 35. Arctia caja L., melanistisches Tier (Nr. 1251), ♂. *a* H. O. Wurzel. *b* H. O. Discoid. *c* H. O. II_5—IV_2. *d* H. O. Saum. — Oc. 2*, Obj. C, Vergr. 1 : 125.

eine größere Anzahl Haarschuppen, welche zugleich auch die der Vorderflügel in der Länge übertreffen. Die Textfiguren 28—35 mögen dieses veranschaulichen. Aus diesen Figuren, die immer typischen Stücken entnommen sind, ersehen wir noch einiges andere Wesentliche, u. a. daß auf dem Wurzelfeld die Grundschuppen fast ganz fehlen und erst auf dem Diskoidalfeld be-



trächtlich an Zahl zunehmen, wo sie auch ihre höchste Ausbildung erreichen, um am Saumfelde wieder zu schwinden. Die Deckschuppen dagegen sind gerade hier auf dem letzteren am besten entwickelt. Aus diesen bilden sich saumwärts nach und nach die Saumfransenschuppen.

Die Schuppen der Unterseite sind in allen Punkten denen der Oberseite gleich, nur stehen sie weit unregelmäßiger und undichter. Am Wurzelfeld sind sie dazu noch schief genagelt (besonders am Haftfeld der Hinterflügel), d. h., während die Oberseitenschuppen aus den Interkostalräumen in einem spitzen Winkel von ca. 30° zu den Adern zusammenlaufen — in der Richtung von Flügelwurzel zum Saum —, stellen sich die Haftfeldschuppen steiler und stoßen unter einem Winkel von 45 bis 50° auf die Adern.

Vergleichen wir nun die Schuppen der Männchen und Weibchen miteinander:

Die Schuppen weiblicher Individuen sind meist größer als die der Männchen, weil die Flügel ersterer (wie ich schon früher in Kapitel II, Abschnitt 1a, nachwies), fast stets größer sind. Außerdem ist die Variationsbreite in bezug auf die Anzahl der Processus eine größere. Ich vermute, ohne es allerdings mit Bestimmtheit nachweisen zu können, daß die Schuppen der Weibchen dichter granuliert und mit mehr Leistchen versehen sind als die der Männchen. Das mir zu Gebote stehende Material ist zu gering, um daraus in dieser Richtung sichere Schlüsse ziehen zu können.

Wir wollen nun Vergleiche anstellen zwischen den normal gefärbten Tieren und solchen, die entweder zum Albinismus oder zum Melanismus neigen. (Man vergleiche dazu die Textfiguren 28—31 einerseits mit denen 32—33, anderseits mit denen 34 bis 35.) Zu diesen Untersuchungen benutzte ich nur Freilandtiere; die ersten kamen aus der Pilzschen, Standfussschen und der Berliner Sammlung, wovon ich mikroskopisch nur ein mir von Prof. Standfuss überlassenes Tier und einige aus meiner Zucht untersuchen konnte. Die melanistischen Tiere (Textfig. 34 und 35) stammen durchweg aus der Philippschen Sammlung, wovon mir der Besitzer selbst in zuvorkommendster Weise ein Pärchen zu mikroanatomischen Zwecken dedizierte. Diese letzteren stammen aus Frankfurt a. M., wo sie im heißen Sommer 1911 von einem Freunde des Herrn Fabrikanten Philipps, Herrn Helbig (Köln), am Südhange eines Eisenbahndammes als Puppen gefunden wurden;

es dürften somit natürliche Hitzeformen sein. Eines dieser Tiere ist auf Taf. XIX, Fig. 11 abgebildet. Ebenso finden sich mit den eben erwähnten Tieren indentische dort abgebildet, und zwar: albinistische durch Fig. 1 und 2, melanistische durch die Figuren 9, 10, 11 und 12.

Betrachten wir die Flügel solcher Formen unter der Lupe, so sehen wir, daß sowohl die albinistischen (Textfig. 32 und 33) wie auch die melanistischen Tiere von der Norm abweichende Schuppen haben. Entweder sind dieselben asymmetrisch oder sie stehen von der Membran ab, oder endlich, wie das besonders an meinem Kölner melanistischen Exemplar zu sehen ist: die Schuppen stehen sehr undicht und unregelmäßig, wodurch die Flügel fast durchsichtig werden. Vgl. Taf. XIX, Fig. 11.

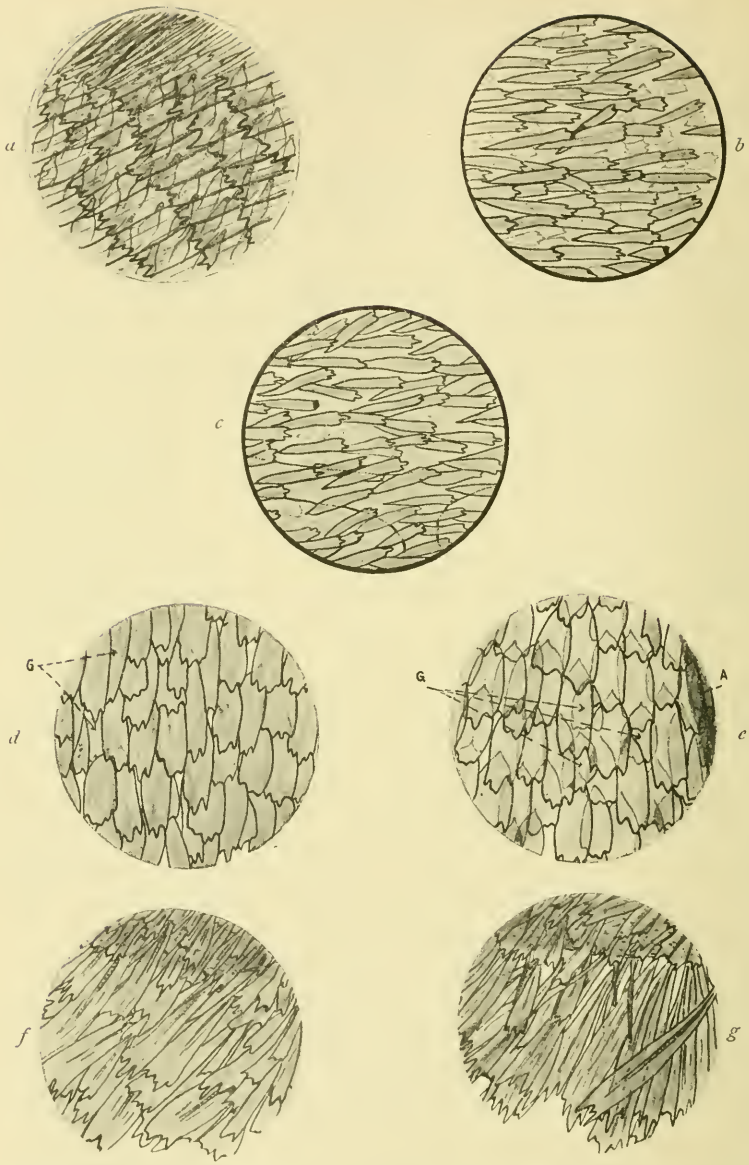
Das helle Tier, wohl durch mäßige Wärme entstanden zu denken, besitzt kleinere Schuppen als normal mit geringeren, stumpferen Processus. Das dunkle Hitzetier ebenso, nur daß die Schuppen zugleich schmäler werden, was besonders an den Grundschuppen des Saumfeldes zu bemerken ist. Zum Vergleiche lege ich diesen Ausführungen die Textfig. 36 bei, in der Fig. *a*, *d* und *e* die Schuppen einem Normaltiere, bei Fig. *f* und *g* einem albinistischen und bei Fig. *b* und *c* einem melanistischen Tiere entnommen sind [1]). Um nun diese Umänderungen verstehen zu können, wollen wir uns klar werden, auf welche Weise die Schuppen entstehen und welche Kräfte, die bei deren Bildung verwendet werden, durch Temperatur und andere Reize gehemmt resp. verändert werden. Ich will deshalb die in Federleys Arbeit (L. N. 16) genannte Untersuchungen Alfred Goldsborough Mayers [2]) in aller Kürze wiedergeben:

Während des Wachsens der Flügelzellen in der Raupe scheiden diese ein Sekret aus, welches zu der künftigen Chitinschuppenbildung dient und langsam erhärtet, und zwar in Säckchenform. Aus den so gebildeten primären Schuppensäckchen zieht sich der Zellinhalt wieder zurück. Innen sind die Säckchen durch

---

1) In diesen Figuren kam es mir nicht darauf an bestimmte Flügelstellen für alle Varianten gleich zu wählen. Wohl tat ichs für meine Schlüsse. Hier aber wollte ich nur den allgemeinen Charakter der einzelnen Typen darstellen.

2) A. G. Meyer, „The development of the wing scales and their pigment in butterflies and moths". Bull. of the Museum of Compar Zool. at Harvard College XXIX, Nr. 5, p. 209—236, Cambridge (Mass.) 1896.



Textfig. 36. Arctia caja L. *a* (Nr. 101). H. O. Wurzel mit Borsten und Haarschuppen bis zur Mitte. V. O. Wurzelfeld. Oc. 2*, Obj. C, Vergr. 1 : 125. — *b* (Nr. 1251). Grund- und Deckschuppen des Discoidalfeldes d. Vord. Obers. Oc. 2, Obj. A, Vergr. 1 : 54. — *c* ♂ (Nr. 1251). Hinterfl. Obers. Discoid. Oc. 2, Obj. A, Vergr. 1 : 54. — *d* (Meine Zucht Nr. 14). V. O. Ader II_5. — *e* (Meine Zucht Nr. 14). H. O. Ader II_5. Oc. 2, Obj. C, Vergr. 1 : 125. — *f* (Nr. 1250). V. O. Saum an der Vorderspitze. Oc. 2, Obj. C, Vergr. 1 : 125. — *g* (Nr. 1250). H. O. Vorderspitzesaum. Oc. 2*, Obj. C, Vergr. 1 : 125. — Bemerkung: V. O. = Vorderflügeloberseite, V. U. = Vorderflügelunterseite, H. O. = Hinterflügeloberseite, H. U. = Hinterflügelunterseite.

besondere Zellausscheidungen in Form von Leisten verfestigt. In die nun hohle Schuppe wandert das Pigment in einer Flüssigkeit — der Hämolymphe — suspendiert ein. Bei weißen Schuppen wird das Pigment oft durch Luft ersetzt. Die restierende Zellmasse bildet die Flügelmembran, auf der senkrecht zu den Adern kleine Leistenwülste sitzen. Auf diesen letzteren stehen die Schuppen zu Reihen geordnet. Auch die Flügel selbst entstehen durch analoge, abgeflachte Chitinsäcke, deren dorsale und ventrale Seiten miteinander verschmelzen. Nur die Adern oder Rippen bleiben als zuführende Kanäle erhalten. Die Verwachsung erfolgt durch Zwischenlagerung von Zellbündeln, um beim „Wachsen" der Flügel, wobei auch wieder Hämolymphe hineingepreßt wird, nicht ballonartig aufzutreiben.

Nach Federley (L. N. 16) sind die Schuppen analog den Flügeln beim Eindringen der Hämolymphe einem starken Druck ausgesetzt. Das läßt sich aus dem Unterschiede zwischen den leeren weißen und den gefüllten pigmentierten Schuppen ersehen. Besonders letztere sind durch Chitinbrücken verhindert, sich in die Dicke auszubreiten, wie es auch bei den Flügelsäcken der Fall ist. Aus Mangel des inneren Druckes sind die weißen Schuppen meist lang und schmal, pigmentierte dagegen, da hier Hämolymphe als Trägerin des Pigments eindringt, breit und kurz. Im äußersten Fall, d. h. wenn der Druck bei letzteren am größten ist, verlieren sie sogar die Processus und die Leisten. Die Rippenschuppen sind zumeist lang und schmal, weil sie erst gebildet werden, wenn die anderen schon fertig sind, der Druck aber da, wie Urech nachwies, mit fortschreitender Entwicklung geringer wird.

Das, was Federley von den weißen Schuppen sagt, trifft bei A. caja nur bedingt zu. Hier wird, ebenso wie in den braunen, roten und schwarzen Schuppen, Pigment neben der Luft abgelagert. Daher sind die weißen Schuppen in der Form auch nichts anderes als die pigmentierten. Allerdings, das wäre hier nachzutragen, habe ich auch pigmentlose weiße Schuppen gefunden, aber nur bei abnormer Ausbildung der Farben. Die weiße Zeichnung ist dann ganz klar durchscheinend und sehen solche Tiere, da auch die anderen Farben stark aufgehellt sind, wie ausgeblichen aus. Ein solches Tier ist auf Taf. XIX, Fig. 1, wenigstens in bezug auf das weiße Grundfarbenband, wiedergegeben.

Da die Veränderungen in der Färbung bereits in Kap. II, Abschnitt 2 in bezug auf die Flügel besprochen wurden, über die der Schuppen sich aber nichts Neues in dieser Beziehung sagen

läßt, blieben nur noch die Formveränderungen der letzteren zu ergründen, d. h. die Ursache zu suchen, wodurch diese sich ändern.

Dieses haben Kosminsky, Urech und besonders Federley in ausführlichstem Maße getan. Letzterer fragte sich z. B., können nicht künstliche Einflüsse die Druckverhältnisse ändern und dadurch zugleich Form und Farbe der Schuppen? Und tatsächlich, er so wie andere fanden unter anderem, daß bei:

Trockener Hitze infolge von Verdunstung der Hämolymphe der Druck sich reduziert und die Schuppen kleiner werden. (Wie es bei meinem melanistischen Kölner Tier geschehen.)

Feuchte Hitze steigert den Druck und damit den Größenzuwachs der Schuppe.

Mäßige Temperaturen steigern den Stoffwechsel — die Zirkulation der Hämolymphe —, wodurch sich das Chitin festigt usw. Bei Besprechung der Befunde anderer Forscher komme ich darauf zurück.

Wir haben also bei der Schuppenbildung einen dreifachen Einfluß zu verzeichnen: Direkte und indirekte Wirkung äußerer Faktoren bewirken eine Änderung der Farben in analogem Sinne, wie dieses bereits für die Gesamtfärbung der Flügel dargelegt wurde. Durch Temperatur und Feuchtigkeit wird der innere Druck gesteigert oder gemildert und es wird dadurch eine Formveränderung der Schuppen erzielt. Und endlich: künstlicher Einfluß verbessert respektive verschlechtert das Chitin, wodurch es anders als normal auf den Druck reagiert und die Schuppe deswegen wiederum einer Formveränderung unterliegt.

Jetzt wollen wir die Abdominal- und Thorakalschuppen besprechen. Auf dem Abdomen der A. caja unterscheiden wir vier Arten von Schuppen. 1. Lange dünne Haargebilde ohne Processus und Leisten, ohne Stiel und Sinus, meist rötlich pigmentiert (diese Schuppen fehlen unterseits). 2. Kürzere deckschuppenähnliche processuslose oder processusarme (0—2) Schuppen, die fast denselben Bau haben, wie die Wurzelfeldschuppen. Auch bei ihnen liegt, wie bei diesen, die größte Breite im basalen Drittel. Sie messen in der Länge etwa 180—260 μ. 3. Ganz kleine lanzettliche, meist sehr dünnwandige und stets processuslose Schuppen, deren Länge von 136—220 μ schwankt. 4. Eine Kategorie verschrumpft erscheinender Schuppen von wechselnder Gestalt und Form, bald den Grundschuppen, bald den Saumfransenschuppen ähnlich, mit keinem bis sieben Processus. Diese treten selten auf und in einer spezifischen Form nur vereinzelt.

Auf dem Thorax der A. caja unterscheiden wir nur eine Art von Schuppen, und zwar von $^1/_8$ bis zu $^1/_2$ cm lange, innen hohle, mit wenigen ganz feinen Leistchen versehenen stark granulierten Haargebilde. Sie sitzen direkt auf dem Chitinskelett auf. Sogenannte Grundschuppen gibt es nicht. Zur Unterseite, zum Kopf, zum Abdomen und zu den Flügeln hin nehmen diese Schuppen an Länge ab und leiten dadurch zu den Haargebilden dieser Teile über.

Damit schließe ich die Wiedergabe meiner eigenen Beobachtungen und nenne nun die

b) Befunde anderer Forscher.

Wir wenden uns jetzt den wenigen, zum Teil schon angedeuteten Nachrichten zu, die wir in der Literatur verstreut vorfinden. Da ist zunächst wieder eine Arbeit A. Spulers zu nennen (L. N. 97). Hören wir, was er in morphologisch-anatomischer Hinsicht von den Schuppen sagt (p. 525 und seine Tafel XXXVI, Fig. 1, 3 und 4): „Die Schuppen bestehen . . . aus zwei Schichten, einer hinteren (. . .), glashellen, dünnen, zumeist leicht gefalteten Membran und einer vorderen Platte . . . Auf der Vorderfläche stehen Längsreihen kleiner kegelförmiger Zäpfchen . . . Mit der hinteren Membran ist die vordere Schicht durch leistenförmige Chitinbrücken verbunden, die bei Normalschuppen regelmäßig zwischen den Kegelleistchen stehen . . . (p. 526). Eine stärkere Isolierung der Kegel findet sich . . . bei weißen Schuppen. Diese Struktur bedingt nicht nur weiße, sondern auch bläuliche Töne. Zwischen den Leistchen können Querverbindungen sein . . . . “ Der Stiel der Schuppen ist hohl. Der Hohlraum des Stieles steht in Verbindung mit dem Schuppenhohlraum. Sein Ende sitzt in einem Säckchen des Schuppenbalges (p. 529—530). Die Haftdornen auf den Hinterflügeln der Männchen sind modifizierte verwachsene Haare. Auf p. 533 bespricht er auch die chemisch-physikalischen Eigenschaften der Pigmente, so u. a.: gelb, rot, braun und schwarz seien Färbungen, die in erster Linie auf Pigmentierung der Schuppen beruhen. Entweder ist das Chitin selbst rötlich, gelbgraulich usw. gefärbt oder das Pigment ist in Körnern abgelagert. Die dünne Membran ist stets pigmentlos. Die optischen Farben können entstehen entweder durch besonderen Bau der Schuppen oder durch die Wirkung zweier übereinander liegender differenter Schuppen. Ebenso ist weiß oft eine Interferenzfarbe, deren optische Wirkung durch besondere Schichtungsverhältnisse

hervorgerufen wird. Sind die Schuppen mit Interferenzerscheinungen sehr glänzend, so fehlen ihnen gewöhnlich die Processus, sind sie dagegen matt, so sind große Processus eine häufige Erscheinung. Außer den Schuppen sind noch Haare und kleine Schuppen zu finden. Je primitiver eine Form, desto häufiger treten letztere auf (p. 534—535). In diesem Spulerschen Werke wird noch eine vergleichende morphologische Arbeit Kettelhoits[1]) erwähnt, in welcher sich folgende Daten finden:

1. Bei allen Tagfaltern finden sich Schuppen, an deren Ende ein Sinus sitzt, deren seitliche Strahlen konvex verlaufen, wobei die oberen und unteren Schuppen gleich breit sind.

2. Bei allen Nachtfaltern fehlt ein Sinus an den Schuppen, dagegen ist der Grund als ganzer gestrahlt:

A) Ist das Ende der Schuppen scharf, die seitlichen Strahlen wenig konvex und die Schuppen an der Basis enger als an der Spitze, so gehören alle Nacht- und Dämmerungsfalter mit Ausnahme der Noctuidae an (z. B. u. a. den Arctiiden KS.).

B) Ist das Ende der Schuppen halbkreisförmig oder ganz rund, die Seitenstrahlen gerade und die oberen Schuppen in der Breite mit den unteren identisch, so haben wir Noctuidaeschuppen vor uns.

Spuler erkennt zwar diese Schlüsse an, kennt aber Ausnahmen. Weiter bespricht er eine Arbeit R. Schneiders[2]), der schon Genaueres mitteilt, und zwar:

1. „Die Schuppen sind am Leibe am stärksten entwickelt, mit dem bedeutendsten Processus, bei Rhopaloceren mit kleinstem, oft ganz fehlendem Sinus, sinken auf den Wurzelfeldern schon an Größe, auf den Mittelfeldern noch mehr und werden auf den Randfeldern am kleinsten, bei Rhopaloceren (und den wenigen Heteroceren) mit bedeutendstem Sinus, allgemein mit abnehmenden Processus."

2. „Die freien Randschuppen sind immer sehr lang und dünn mit einigen sehr spitzen Processus und stets fehlenden Sinus und schließen sich entweder unmittelbar an die typischen Randfelderschuppen an oder werden durch einige Lagen schmäler werdender Übergangsschuppen aus diesen vermittelt" (z. B. bei den Arctiiden KS.).

1) Kettelhoit, „De squamis lepidoptarum", Diss. Bonnae 1860.

2) R. Schneider, „Die Schuppen an den verschiedenen Flügeln und Körperteilen der Lepidopteren", Zeitschr. f. gesamte Naturwiss., Bd. III. Diss. Inaug. Zool., Halle 1878.

3. „Die Cellula suprema (das Haftfeld) der Hinterflügel zeigt die eigentümlichen, assymetrischen Schuppen: bei Rhopaloceren schief genagelt, bei Heteroceren schief gerandet, die dann in symmetrische aber noch fortsatzlose Schuppen übergehen, welch letztere sich auf der Area basalis immer, auf der Area intima teilweise erhalten; diese gehen dann auf der Area media wieder in normale Schuppen über, die sich auf der Area limbalis völlig wie die der Vorderflügel stellen."

4. „Die Schuppen der unteren Seite sind gegen die der oberen kräftiger entwickelt, sowohl was allgemeines Volumen als auch Größe der Processus betrifft."

5. „Auf dem Haftfeld der Vorderflügel verhalten sich die Schuppen wie auf dem der Hinterflügel."

6. „Die Cellula suprema der Vorderflügel zeigt meistenteils durch Größe und Processus ausgezeichnete Schuppen." Um diese Zitation nicht zu unterbrechen, will ich noch zwei weitere Schlüsse Schneiders mitteilen, obgleich sie erst später Berücksichtigung finden.

7. „Die Thoraxschuppen werden repräsentiert, bei Rhopaloceren, erstens durch die kleinen, stark schwarz pigmentierte, zweitens durch die sehr unregelmäßig gebildeten, mit besonders scharfspitzigen Processus versehenen Schuppen, mit oft fehlenden Sinus und von schwankender, meist verhältnismäßig unbedeutender Größe; bei den Heteroceren — sind die Thoraxschuppen ebenfalls durch sehr bedeutende Processus, zugleich aber durch die allgemeine Größe ausgezeichnet, worin sie die Schuppen aller übrigen Körperteile übertreffen. Die größten aller beobachteten Schuppen waren Thoraxschuppen von Heteroceren (Macroglossa).

8. „An den Füßen zeigen die Schuppen des Femur gegen die der Tibia eine kräftigere Ausbildung, welches Verhältnis bei den Rhopaloceren konstant, bei den Heteroceren allerdings nicht immer mit Sicherheit zu erkennen ist" (p. 523—524).

Diese Ausführungen Schneiders werden in einer Arbeit M. v. Lindens (L. N. 60) ebenfalls, und zwar noch ausführlicher wiedergegeben, kommen aber für uns nicht mehr in Betracht und lasse ich sie deshalb fort. Wir wenden uns jetzt der speziell sich mit Schuppeneigenschaften befassenden Arbeit Dr. Harry Federleys zu (L. N. 16):

Federley zitiert zunächst eine Arbeit Tutts, in welcher gesagt wird, die Beschuppung der Flügel von Mel. aurinia variiert infolge des Futters, aber auch der Temperatur und der Feuchtig-

keit, desgleichen die Pigmentierung derselben. Merrifield (L. N. 63) sagt auf p. 141 seiner Arbeit: Höhere Temperatur liefert dünnere Beschuppung, wobei (speziell bei Selenia illustraria) die Sommerpuppen noch immerhin dichtere Beschuppung als die Herbstpuppen haben. Federley (L. N. 16 p. 10) macht die Form der Schuppen auch von der Pigmentierung abhängig, wie ich schon weiter oben anführte. Das Weibchen hat variablere Schuppen als das Männchen. Stehen die Schuppen von der Membran ab, so sei das pathologisch. Die Wirkung der Temperaturen ist fast dieselbe wie auf dem gesamten Flügel. So haben mäßige Kälte und Wärme nach Federley den gleichen Einfluß, höhere Temperaturen reduzieren die Dichtigkeit und Größe der Schuppen. Mäßige Hitze scheint ein Breiterwerden des Korpus und eine Reduktion der Processus zu bedingen. Starke Hitze das Umgekehrte. Haarschuppen werden durch Kälte breiter. Schlechte Flieger haben weniger feste Schuppen, wie bereits Kellogg, Schneider und Fischer nachwiesen. Federley zitiert ferner außer den Arbeiten von Mayer und Tutt noch die von Chapman, Friedmann, Poulton und Urech, in denen über die Entstehung der Schuppen Wesentliches mitgeteilt ist, doch verzichte ich, in dieser Arbeit darauf einzugehen.

Weiße Schuppen sind (nach Federley) infolge des inneren Druckes und des Fehlens von inneren Chitinbrücken meist lang und schmal, pigmentierte, — weil in ihnen solche Brücken vorhanden sind — breit und kurz. Analog wie die weißen verhalten sich die Rippenschuppen (vgl. Vorhergesagtes). Durch Veränderung des inneren Druckes der Hämolymphe, wie sie bei Feuchtigkeits- und Trockenheitsexperimenten erzielt werden, werden auch Veränderungen der Schuppenformen hervorgerufen. Bei Steigerung des Stoffwechsels, etwa (nach Bachmetjew) bei + 37 ° C, verdickt sich das Schuppenchitin, während größere Hitze wiederum die Hämolymphe verdickt, welche ihrerseits dann nur schwer in die Schuppensäckchen eindringen. Durch Kälte wird der Druck erhöht, da die Feuchtigkeit bei solchen Versuchen eine große ist. Größere Kälte stört die Chitinbildung und bringt die Hämolymphe zum Erstarren. Daher wirken Kälte und Wärme zum Teil analog.

Federley bestreitet ferner den Eimerschen Grundsatz der postero-anterioren Entwicklung der Schuppen, wie es auch Krodel tut. Fischer und Urech aber geben Eimer zum Teil recht.

Wir wenden uns nun den Arbeiten Peter Kosminskys zu (L. N. 47 und 48). Dieser kritisiert in manchen Punkten die

Arbeiten von FEDERLEY und versucht durch eigene Experimente seine Ansichten zu stützen. Diese will ich hier nun kurz durchsprechen, da sie einigen Wert für uns haben (L. N. 47).

Versuche mit Feuchtigkeit: Lym. dispar. Während bei den Weibchen die Zeichnung und die Deckschuppen (ausgenommen am Kostalrande) schwanden, werden bei Männchen die Processus reduziert. Bei Versuchen mit Kälte werden die Schuppen der Männchen und Weibchen (Van. io.) schmal und (Van. urticae) klein und die Processus reduziert (Lym. dispar.). Die Schuppen sind gering an Zahl und stehen winklig von der Membran ab; die Deckschuppen gehen dabei verloren (FEDERLEY). Auch die Haare werden kleiner. Alte Puppen, die einer kurzen Exposition ausgesetzt wurden, weisen eine Verschmälerung der Schuppen auf und zugleich ein Größerwerden derselben. Analoges fand FEDERLEY für junge Puppen, die lange exponiert wurden. Bei Malocosoma neustria L. trat eine Verschmälerung und Zuspitzung der Schuppen auf, wobei die Grundschuppen undicht zu werden begannen. Bei A. villica wurden, zumal bei den Männchen, die Schuppen schmäler und es bildeten sich statt drei bis vier, zwei bis drei Processus auf jeder Schuppe aus. KOSMINSKY schließt daraus: Das Schmäler- und Kleinerwerden der Schuppen ist proportional der Reduktion der Anzahl und Größe des Processus.

Versuche unter 0° C. Bei Van. antiopa werden die Schuppen undicht, aber oberseits größer mit rundem Processus. Während bei FEDERLEYS mäßigen Kälteversuchen verbreiterte Schuppen auftraten, bei seinen Frostversuchen aber verschmälerte, kann KOSMINSKY in beiden Fällen nur ein Kleinerwerden zugeben.

In seiner zweiten Arbeit (L. N. 48) sucht KOSMINSKY diese Befunde noch zu festigen und zu vervollständigen. Unter anderem erzielt er durch Wärme keine Veränderungen; sowohl die Zeichnung als auch die Schuppen blieben normal, während FEDERLEY die Reduktion der Zeichnung und eine schwache Entwicklung der Schuppen erreichte. Bei Mal. neustria wurden durch Kälte und Wärme die Haare breiter, die Grundschuppen kleiner und die Processus nehmen an Zahl zu. Auch konstatierte KOSMINSKY bei Kälteversuchen ein Aneinanderrücken der Querlinien (Zeichnungsbänder *KS*), während FEDERLEY dasselbe durch Wärme erhielt. Das Schwinden der Schuppen bei normal ausgebildeten Schuppenbälgen erklärt KOSMINSKY im Gegensatz zu FEDERLEY (der darin eine pathologische Erscheinung sieht), mit dem Aneinanderkleben derselben während des Schlüpfens und dem Ausreißen bei der

Entfaltung der Flügel. Beim Vergleich von Kälte- und Frostwirkungen kommt Kosminsky zu folgenden Resultaten: Bei $+8^{0}$ entwickeln sich auch während des Versuches die Schuppen noch weiter, während schon bei 0^{0} eine Entwicklung nicht mehr zu konstatieren ist. Das Chitin wird sowohl durch Kälte wie Wärme verdickt, besonders bei Tieren, die die Haare und Schuppen verloren haben.

Zum Schluß möchte ich noch eine M. v. Lindensche Arbeit nicht unerwähnt lassen, in welcher die Ontogenie der Schuppen besprochen wird (L. N. 60). Mit Pap. podalirius arbeitend, kommt sie zu folgenden Schlüssen: Die Schuppen nehmen langsam in der Größe zu. Der größte Durchmesser befindet sich anfangs in der Mitte des Korpus, verschiebt sich aber bis zur Entwicklungsvollendung an den Vorderrand, d. h. die Schuppen werden schaufelförmig. Die Processus, anfangs spitz zulaufend, werden erst abgerundet und neigen zuletzt zum völligen Schwinden. Verschiedenfarbige Schuppen sind anfangs alle gleich weißgelblich. Weiter sagt sie (p. 593): . . . „So sehen wir, daß die Schuppen von ursprünglichen, einspitzigen, lanzettförmigen Gebilden abzuleiten sind. Zu der Zeit, wo der Flügel der Puppenhülle entnommen werden kann, verlieren die Schuppen schon den haarigen Bau“, die Processus verschmelzen, die Schuppe wird ganzrandig. (p. 594) „An den Flügelstellen mit schlechter Ernährung werden auch die Schuppenzellen später zur Entwicklung gelangen, früher zu wachsen aufhören und einen weniger kräftigen Habitus tragen“ — und umgekehrt. Die Schuppen, meint M. v. Linden, sind dem Schmetterling zur Assimilation von Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) dienlich, weil ihre Granulation reduzierende Eigenschaften hat (etwa wie bei Drüsenzellen). Mit wechselnder Oxydation wechselt auch die Granulation.

Hiermit will ich die Literaturbesprechung, soweit sie sich auf Schuppenfragen erstreckt, schließen, obgleich es noch mehrere Arbeiten, die ich oben dem Titel nach erwähnte, gibt. Diese aber bringen im Prinzip nichts Neues. Wir wollen deshalb uns obige Schlüsse nochmals vereint vor Augen führen in Form einer

c) Zusammenfassung.

Da das Wesentliche bereits gesagt worden ist, können wir uns kurz fassen: Wir sahen, daß sich die Hinterflügel von den Vorderflügeln dadurch unterscheiden, daß die Schuppen breiter sind, spitzere Processus haben und daß mehr haarähnliche Ge-

bilde auf dem Wurzelfelde stehen — alles Merkmale, die nach M. v. Linden, wie wir sahen, ontogenetisch jüngere sind, also auch höchstwahrscheinlich phylogenetisch. Infolgedessen können wir sagen:

1. Analog den Flügeln folgen die Schuppen der Vorder- und Hinterflügel einer antero-posterioren Entwicklung.

2. Am Thorax und auf den Vorderflügeln oberseits scheinen die Schuppen etwas ausgebildeter zu sein als unterseits, wenn man von den Beinschuppen im ersten Fall absieht. Es ist also, wenn auch wenig ausgesprochen, eine supero-inferiore Richtung der Schuppenentwicklung zu erkennen.

3. Am Abdomen und den Hinterflügeln folgen dagegen die Schuppen ganz entschieden einer infero-superioren Entwicklung.

4. Die Weibchen variieren, wie wir hörten, mehr als die Männchen. Ihre Schuppen sind größer, sind, wie es scheint, dichter granuliert und haben mehr Leistchen als die der Männchen. Ich glaube hierin auch wieder eine weibliche Präponderanz erkennen zu dürfen. In bezug auf Änderungen der Schuppenformen durch Temperaturexperimente können wir sagen:

5. Durch Frost und Hitze wird eine Hemmung ausgeübt, der innere Druck wird vermindert und die Schuppen werden kleiner, wobei allerdings individuelle Unterschiede nicht zu verkennen sind.

6. Durch Kälte werden die Schuppen kleiner und schmäler und die Differenzierung in Grund- und Deckschuppen schwindet. Wir sehen durchweg eine Rückkehr zu primitiveren Formen eintreten.

7. Wärme erzeugt große Schuppen infolge erhöhten Stoffwechsels und der damit verbundenen Erhöhung des Hämolymphendruckes. Wir sehen also eine Tendenz zum Fortschritt.

8. Aus allen diesem schließen wir:

Alle Schlüsse, die aus dem Verhalten einzelner Flügel- und Körpermerkmale sich folgern lassen, haben in analoger Weise Geltung für die Schuppen eben dieser Körper- und Flügelteile.

Verlassen wir nun die Schuppenvariabilität und besprechen die

B. Variabilität des chitinösen Kopulationsapparates.

a) Eigene Untersuchungen.

Zunächst sei in Kürze die Präparationsmethode erwähnt: Die letzten 4—5 Segmente des Abdomens wurden abgetrennt

und in eine nicht über 10% starke kalte, wässerige Ätzkalilösung getan (stärkere oder heißere Lösung verursacht den Ausfall feinerer Haare nach Dr. R. Standfuss), worin sie, je nach dem Alter und der Größe des Materials, 3—10 Tage verblieben. Ließen sich alle Weichteile leicht von den Hartteilen lösen, so wurde das Präparat mehrfach ins Wasser ausgespült, die Chitinteile von den Weichteilen befreit und nochmals in ein gleiches aber frisches Ätzkalibad gelegt, wodurch sich ein Bleichen als unnötig erwies. Nach 2—3 Stunden wurde das Präparat wieder ausgespült und nach sorgfältiger Durchführung durch die Alkoholreihe, wobei alle Luftblasen vorsichtig entfernt wurden, in Kanadabalsam eingebettet, und zwar mit Hilfe eines Papperähmchens derart, daß das Deckglas sich gerade über dem Präparat befand, dieses leicht festhielt, aber nicht quetschte.

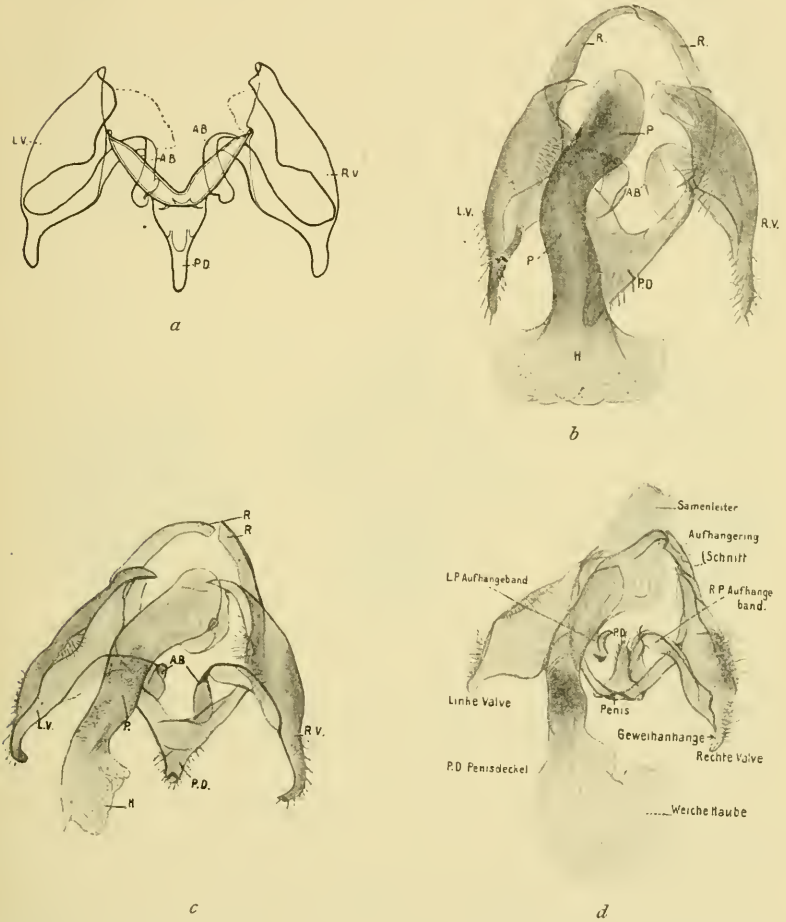
Zum Material dienten mir dieselben wenigen Tiere, die ich schon zur Schuppenuntersuchung benutzte. Leider konnte ich zu diesem Zwecke keine Var. wiskotti und auch keine Var. americana schaffen, welche gerade hier sehr dankbare wichtige Objekte gewesen wären. Das normale A. caja-Individuum ist in seinem Kopulationsapparat völlig konstant.

Textfig. 37 stellt die männlichen, Textfig. 38 die weiblichen Skeletteile dieses Organs dar. Wir sehen, daß das weibliche gewissermaßen ein Ausguß des männlichen ist. Letzteres ist recht kompliziert:

Der Penis, an dessen Spitze eine mit feinen Höckern und Dornen versehene „Haube“ sitzt, und der die direkte Fortsetzung des Vas deferens ist, wird durch zwei sogenannte Penisaufhängebänder in seiner Lage gehalten. Die Penisbänder sind Teile der beiden festen Chitinvalven, die durch einen Chitinring miteinander in Verbindung stehen. Die Penisbänder stehen mit Muskeln in Verbindung und dienen dazu, den Penis während der Copula vorzustoßen. Der Aufhängering erweitert sich unterhalb der Ansatzstelle der Valven an diesen und bildet den sog. Penisdeckel. Die Valven laufen in spitze Hörner aus. Diese Hörner, sowie die Spitze des Penisdeckels und ein besonderer, nach innen liegender Wulst auf jeder Valve tragen steife Borsten und Haare. Alle anderen Teile des Kopulationsapparates sind aus glatten, haarlosen Chitinmembranen gebildet.

Valven, Aufhängering, Penisaufhängebänder, Deckel und das Mittelstück des Penis sind starkwandig und braunrot gefärbt. Eine dünne farblose Membran verbindet alle diese Teile mit-

einander und fehlt nur da, wo der Penis durch sie hindurch muß. An dieser Stelle bildet sich ein etwas verstärktes trogartiges Gebilde, Schaltstück genannt, in welchem der Penis gleitet (in vorliegenden Abbildungen ist diese Membran weggelassen, kommt



Textfig. 37. Arctia caja L. *a* Valvenring und Penis fehlen. (Stfss.-Präparat.) Oc. 3, Obj. a*5, Vergr. 1 : 13. — *b* (Exemplar Nr. 1252). Oc. 3, Obj. a*5, Vergr. 1 : 13. — *c* (Melanistisches Exemplar Nr. 1251). Oc. 3, Obj. a*5, Vergr. 1 : 13. — *d* ♂, (Albinistisches Exempl. Nr. 1250). Oc. 3, Obj. a*10, Vergr. 1 : 13.

aber weiter unten in der Abbildung der Textfig. 62 zur Darstellung). Der Penis läuft nach beiden Seiten dünnwandig aus; nach innen zum Vas deferens, nach außen zu der mit Höckern versehenen Haube. Letztere ist fast glasklar und so zart, daß

sie bei der Präparation reißt. Sie hat einen feinen Ausflußporus und ist meist prall gefüllt.

So wie ich diesen Apparat schildere, ist er mit nur ganz geringen Ausnahmen bei allen von mir untersuchten Tieren, d. h. die Variationsbreite des männlichen chitinösen Kopulationsapparates ist annähernd = 0. Eine schematische Skizze sei daher mit beigefügt: Textfig. 37*a*.

Auf derselben Tafel sehen wir den vollen Apparat eines Normalmännchens (Fig. *b*), eines albinotischen (Fig. *d*) und eines melanistischen (Fig. *c*) dargestellt. Die Herkunft des albinistischen Tieres (es ist dasselbe, dessen Schuppen wir bereits näher besprachen) ist mir nicht näher bekannt. Höchstwahrscheinlich ist es eine Wärmeform. Das melanistische Exemplar ist dagegen

a *b* *c*

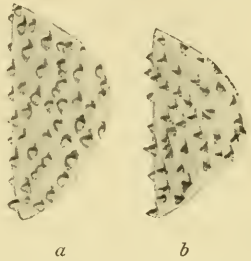
Textfig. 38. Arctia caja L. *a* ♀, normales Böttchertier. *b* ♀, Böttchertier. *c* ♀, Böttchertier. Kopulationsapparate. — Oc. 2*, Obj. a*10, Vergr. 1 : 12.

dasselbe Hitzetier aus Frankfurt a. M., welches uns auch bereits bekannt geworden ist.

Aus diesen Textfiguren ersehen wir die große Konstanz der Kopulationsapparate und das einzige variable an ihnen scheint nur die mehr oder minder starke Beborstung resp. Behaarung zu sein. Beim albinistischen Männchen sehen wir im Vergleich zum Normaltypus die Beborstung des Penisdeckels, der Valvenhörner und Valvenwülste etwas stärker und dichter ausgebildet. Ist dieses Tier ein Wärmetypus, so ist dieses Merkmal nicht verwunderlich, steigert sich doch durch die Wärme der Stoffwechsel und dient damit der kräftigeren Entwicklung sämtlicher Körperteile. Das Hitzetier dagegen hat eine recht spärliche Behaarung

an allen oben genannten Partien und wäre das mit der durch Hitze hervorgerufenen Stoffwechselstörung zu erklären.

Wenden wir für die einzelnen Präparate eine stärkere Vergrößerung an, so finden wir noch eine Variabilität, und zwar in der Ausbildung der Dornen und Höckerchen auf der Penishaube. Textfig. 39 *a* und *b* mögen zu folgenden Daten Erläuterung schaffen. Fig. *a* stellt ein Stück der Penishaube eines Normaltieres dar. Wir sehen hier große stumpfe, im Querschnitt halbkreisförmige Warzen oder Dornen sitzen. Fig. *b* stellt ein analoges Stück des melanistischen Tieres dar. Die Warzen sind meist kleiner, spitzkegelförmig und unregelmäßig gestellt. Von einer Wiedergabe der Warzen des albinistischen Tieres sah ich ab, weil sie denen des melanistischen in Form und Größe äußerst ähnlich sind und nur durch dichtere regelmäßigere Verteilung sich von diesen unterscheiden. Und noch eines wäre erwähnenswert: Vom albinistischen — über das normale — zum melanistischen Tiere steigt die Dichte der Pigmentierung des Chitins, besonders an den Valven.



a *b*

Textfig. 39. Arctia caja L. *a* (Nr. 1252), Schweizer Normaltier. *b* (Nr. 1251) ♂, melan. Oc. 2*, Obj. C, Vergr. 1:125.

Aus allem diesen ersehen wir: Wärme und Hitze verkleinern die Penishaubenwarzen, Hitze aber verursacht eine Reduktion ihrer Zahl und eine Störung ihrer regelmäßigen Anordnung. Die Pigmentänderung, die wir durch Wärme- und Hitzeeingriffe an den Flügeln finden, sind wahrscheinlich von identischen Färbungsvariationen am männlichen chitinösen Begattungsorgan begleitet.

Der weibliche Kopulationsapparat ist dem männlichen in vielen Beziehungen ähnlich. Auch er hat, wie Textfig. 38 *a* uns zeigt, einen chitinösen Ring, der, umfaßt von einem anderen, stark mit Borsten besetzten, die Vaginalöffnung umgibt. Auch dieser Ring erweitert sich zu einem analogen Gebilde, wie es der männliche mit dem Penisdeckel tut. Lateral von diesem, dort, wo am männlichen Organ die Valven und die Penisaufhängebänder sich ansetzen, trägt das weibliche zwei flache, den Aufhängebändern analoge Anhängr, die an der Außenseite gerieft sind. Ihre Funktion konnte ich nicht bestimmen. Der ganze Ring wird durchspannt von einer dünnen Membran, die nur die Vaginalröhre mit dem äußeren Klammerapparat durchläßt. Dieser

besteht aus einer zweiteiligen, nach außen breiter werdenden Röhre, die an den Außenseiten stark mit Borsten und Haaren besetzt ist. Der ganze weibliche Begattungsapparat macht den Eindruck eines Ausgusses des männlichen, was ja auch dem Zweck entspräche. Auch ist es hier naheliegend anzunehmen, daß die Differentiation der Geschlechter sich erst auf einem ontogenetisch späteren Stadium ausbildet, denn die große Analogie der Organe fällt in die Augen.

NB. In all diesen Figuren bedeutet: P = Penis resp. äußere Vaginamündung. R^1 = Aufhängering. R^2 = Aufhängering des Weibchens, der z. T. R^1 umgreift. RV und LV = rechte und linke Valve, respektive die entsprechenden Anhänge am weiblichen Organ. PD = Penisdeckel oder das entsprechende Stück am weiblichen Ring. AB = Aufhängebänder des Penis. H = Valvenhörner oder denen ähnliche Gebilde.

Was nun die Variation des weiblichen chitinösen Kopulationsapparates anbetrifft, so kann ich darüber nichts aussagen. Von allen meinen Präparaten stammt keines von irgend einem auffälligen varianten Tier und es war mir nicht möglich, ein solches zu anatomischen Zwecken zu beschaffen. Innerhalb aber der von mir untersuchten Normaltiere habe ich keinerlei Variabilität entdecken können. Deshalb will ich nun verweisen auf die:

b) Befunde anderer Forscher.

Schon lange ist es eine bekannte Tatsache, daß die Kopulationsorgane eine sehr geringe Variabilität innerhalb einer Art aufweisen. In neuerer Zeit wurde aber diese Ansicht dahin berichtigt, daß nicht innerhalb der Art die Kopulationsorgane konstant seien, sondern bloß innerhalb einer geographisch zusammenhängenden Art. Diese Korrektur und deren Begründung verdanken wir C. Jordan (L. N. 45). In dessen Werke wird zunächst eine Ansicht Th. Eimers kritisiert, welche dieser in seinem Buche: „Orthogenesis“ (L. N. 8) anführt. Eimer gibt an, daß Papilio rhesus als eine aus Amerika eingewanderte Art angesehen werden muß. Daran anknüpfend sucht Jordan den Unterschied zwischen geographischer und nichtgeographischer Variation klarzulegen. Er sagt u. a. p. 161:

Jede Art und jedes Organ ist variabel. Das Adersystem der Schmetterlinge ist aber nur sehr geringen individuellen Schwankungen unterworfen, mit Ausnahme bei Chalcosiiden und Lithosiiden. Die Paarungsorgane beider Geschlechter sind auch

variabel, aber diese Variabilität ist eine eigenartige und überaus geringe. Ausnahmen gibt es auch hier z. B. bei Sphingiden (p. 165). Extreme Farbenvariation, sog. „Sports" haben zwar kaum Chance sich zu erhalten, d. h. Mutanten zu werden, wegen der Fülle normaler Tiere. Tun sie es aber doch, so ist das gewiß ein Kriterium ihrer individuellen Vererbungsstärke und Festigkeit (K S). Trotzdem fehlt ihnen jede Variabilität der Paarungsorgane (p. 167). Ob Pigment — Geäder — oder andere Variationen auftreten oder nicht, das Verhalten der Paarungsorgane bleibt davon unberührt. Und umgekehrt: Die größeren, wie die geringeren Abweichungen in den Paarungsorganen sind nicht von entsprechenden Schwankungen in der Zeichnung oder Form der Flügel begleitet (p. 173). Bei Saison-Dimorphen-Tieren allerdings ist (z. B. bei Pap. xythus) ein Unterschied gefunden, aber bisher nur bei diesen (p. 179). Variieren dagegen die Kopulationsorgane, so variiert meist auch die Form und Farbe des übrigen Tieres (p. 185).

Bisher spricht JORDAN nur von sog. „Nichtgeographischen Varianten", d. h. Tieren, die geographisch innerhalb ihrer Art nicht getrennt sind, und deren Art nicht allzusehr geographisch verbreitet ist und sich nicht in Lokalformen zersplittert. Die Varianten aber, bei denen alle obigen Daten eintreffen, nennt JORDAN: „Geographische Varianten". Von diesen sagt er p. 184: Geographische Farben und Formvarianten variieren auch bei gleicher Farbe und Form. Doch tritt eine solche Variation selten auf. Häufig ist aber auch hier der Fall, daß bei diesen Formen eine Variabilität in Farbe und Form die Variabilität der Paarungsorgane nicht nach sich zieht. Weibliche Kopulationsorgane sind meist konstanter als männliche (p. 201) — soweit JORDAN. Es gibt nun noch eine Reihe anderer Spezialarbeiten über die Kopulationsorgane; teils sind sie aber ganz speziell eine Art betreffend, ohne allgemeinere Gesichtspunkte, teils sind sie uns hier nicht interessierende. Solche sind z. B. die von: ESCHERICH, GAEDE[1]), HAASE, HEYMONS[2]), teils ganz andere Tierklassen besprechende, z. B. Prof. Dr. OTTO

---

1) K. ESCHERICH, „Geol. Bedeut. d. Genitalanhänge der Insekten", Wien. 1892; H. M. GAEDE, „Beitr. z. Anat. d. Insekten (Darmkanal und Genitalien)", Altona 1815.

2) E. HAASE, „Abdominalanhänge der Insekten", Leipzig 1889; R. HEYMONS, Zur Morphol. d. Abdominalanhänge bei den Insekten, Leipzig 1896.

Nüsslins Arbeit[1]). Soweit mir diese Arbeiten zugänglich waren, konnte ich für unsere Zwecke nichts Neues in ihnen entdecken, nur in einer Arbeit von Prof. Standfuss (L. N. 107) ist u. a. folgendes gesagt: p. 3 „Die Arten werden unterschieden: 1. . . . auf Grund morphologischer Eigentümlichkeiten und 2. . . . auf Grund biologischer Merkmale." p. 5 „Die große Schwierigkeit der geschlechtlichen Mischung nicht zur selben Art gehörender Individuen . . ." beruht „. . . auf der Eigenartigkeit und Kompliziertheit ihres Genitalapparates, ist also . . . morphologisch-mechanischer Natur. Er ist

1. selbst bei sehr nahestehenden Arten, recht greifbar verschieden,
2. sehr eigenartig und kompliziert bei aller Kleinheit und
3. ungemein konstant, selbst bei hoher Variabilität der zu einer Art gehörenden Individuen.

(p. 6) „Der Penis ist um so einfacher, je komplizierter die Greiforgane und umgekehrt."

Es ist also der Genitalapparat ein Artenmerkmal, ein physiologisches Merkmal, denn er erlaubt nur seinesgleichen eine erdgeschichtlich-bildungsfähige und entwicklungsfähige Brut zu zeugen. Es ist daher bisher unmöglich gewesen Hybridationskunstprodukte ferner verwandter Arten zu erzeugen.

Auf Grund dieser Befunde wurde schon früher und auch jetzt die Systematik der Schmetterlinge immer besser, d. h. natürlicher ausgebaut. Einige Gelehrte benutzen die Sexualorgane schon seit Jahren zum „Entdecken!" neuer Spezies und tun dieses in so ausgiebigem Maße, daß es bald mehr Arten als Abarten geben wird. Sie wollen jede noch so kleine Abweichung, auch individueller Art, berücksichtigt wissen, und wozu solch ein Unfug führen kann, wird derjenige, der diese Arbeit durchschaut, einsehen. Von der Nutz- und Sinnlosigkeit einer solchen systematischen Haarspalterei sei hiermit dringend gewarnt.

Und dennoch ist vielleicht gerade das Studium der Sexualorgane dazu berufen, die Systematik in vernünftige Bahnen zu leiten. Die enorme Vielgestaltigkeit derselben innerhalb verschiedener, wenn auch verwandter Arten, andererseits die große Konstanz derselben innerhalb einer Art, hat gewiß seine natürliche Bedeutung. Wie ich z. B. in Zürich von Herrn R. Standfuss

1) Prof. Dr. Otto Nüsslin, „Phylogenie und System der Borkenkäfer". Zeitschr. f. wiss. Insektenbiologie, Berlin 1911/12.

erfuhr und sah, bedeutet jede Anomalie des Kopulationsorganes, und sei sie auch gering, für den Träger den Untergang und somit auch den seiner Eigenart, d. h. er ist rein mechanisch verhindert, die Begattung zu vollziehen, sich fortzupflanzen und seine Eigenschaften zu vererben. Eine schiefe Stellung der Valven, z. B. eine zu geringe oder zu entwickelte Ausbildung der Borsten und Dornen, kurz jede kleine Abänderung kann leicht dazu führen, daß der Versuch zur Kopula mißlingt — es passen die männlichen und weiblichen Genitalien nicht mehr ineinander. Deshalb muß man äußerst vorsichtig sein bei Aufstellung von Verwandtschaftshypothesen und darf solche nicht eher zum Dogma erheben, ehe man die Kopulationsfähigkeit der Zwischenglieder studiert hat. Prof. Standfuss ist es gelungen, zwei gewiß weit verwandte Arten miteinander fruchtbar zu kopulieren. Zufällig paßten aber die Kopulationsorgane zueinander, und zwar kam es dabei sehr darauf an, welches Geschlecht jeder Art entnommen wurde. Manchmal kann das Weibchen einer Art vom Männchen einer anderen befruchtet werden, nicht aber ein Weibchen der zweiten von einem Männchen der ersten Art oder umgekehrt. Häufig geschieht es auch, daß die Nachkommen solcher Hybridation infolge Übernahme sowohl mütterlicher als väterlicher Merkmale in ihren Kopulationsorganen derart abgeändert wurden, daß eine Rückkreuzung oder eine Kreuzung untereinander mechanisch unmöglich war, obwohl der Befruchtung sonst nichts im Wege stehen konnte.

Aus all diesem ist ersichtlich, wie interessant es gewesen wäre, in den Bereich meiner Untersuchungen auch die geographischen Varianten der A. caja zu ziehen, wie z. B. Var. wiskotti und Var. americana. Vorwiegend aus pekuniären Gründen war mir aber dieses, für jetzt wenigstens, unmöglich. Betrachten wir nun alles hier Gesagte kurz in Form einer

c) Zusammenfassung.

1. Männliche und weibliche Kopulationsorgane sind entwicklungsgeschichtlich identische, aber schon seit langer Zeit spezialisierte und differenzierte Organe.
2. Männliche und weibliche Kopulationsorgane variieren fast gar nicht innerhalb einer nicht in geographischen Rassen gespaltenen Art, wie A. caja eine ist. Die einzige Variabilität liegt in der mehr oder weniger starken Entwicklung der Borsten und Dorne.

3. Diese Variabilität hindert nicht die normale Begattung und führt darum allein als solche normalerweise nicht zur Bildung neuer Subspezies.
4. Temperatureinflüsse machen sich nur fördernd oder hemmend — also indirekt wirkend bemerkbar.
5. Der Kopulationsapparat dient neben dem Geäder am besten zur strengen systematischen Sonderung der Arten, da er der mechanische Hinderungsgrund zur Verschmelzung divergenter Arten sein kann. Er ist somit ein Mittel zur Erhaltung der Art und damit zur Erhaltung deren Eigentümlichkeiten.

Nun aber wollen wir uns dem letzten Abschnitt unseres Kapitels zuwenden, und zwar auch nur in kurzen Zügen, dem Abschnitt:

C. Variabilität der Fühler, Beine und des chitinösen Thorakal-Skeletts.

a) Eigene Untersuchungen.

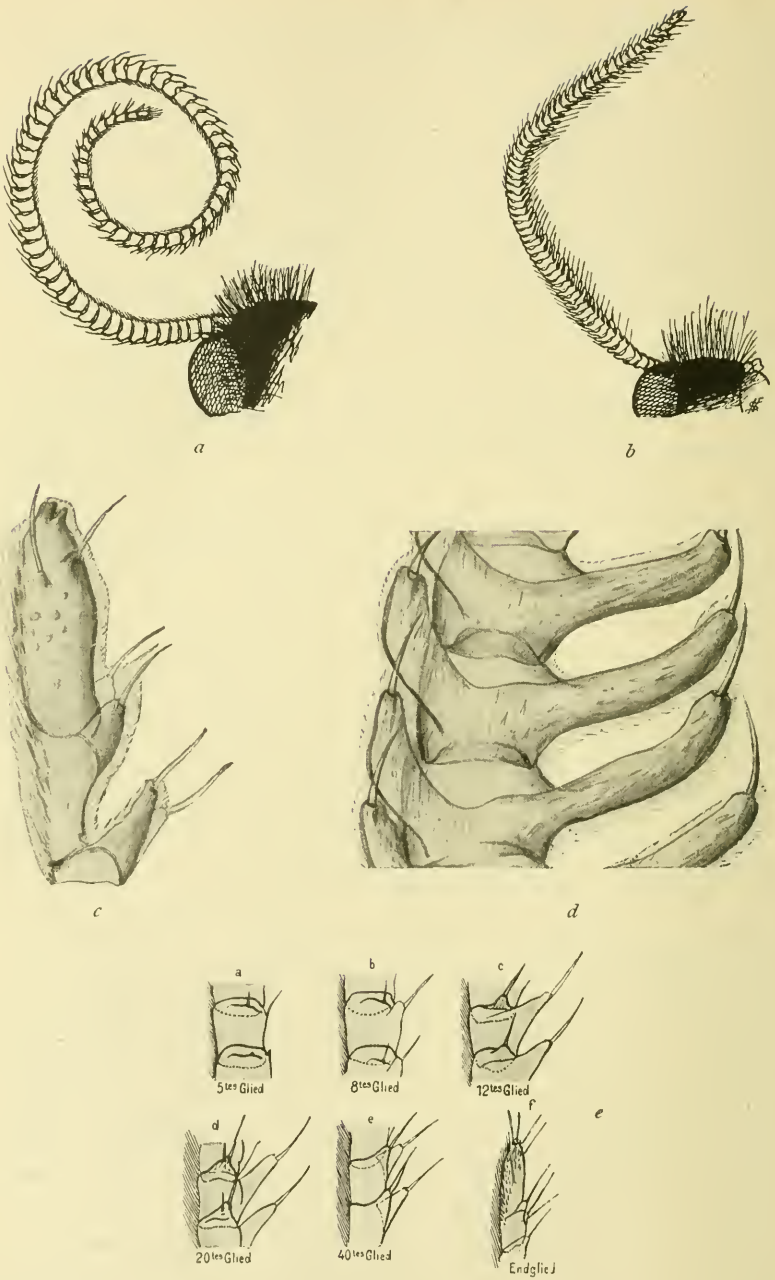
Derselbe Mangel an Material und Zeit, der meinen Untersuchungen der Kopulationsorgane anhaftete, macht sich hier, wenn nicht gar in noch viel weiterem Maße, bemerkbar. Dennoch darf ich dieses Thema nicht unberücksichtigt lassen, da ich die oberflächliche Kenntnis der Verhältnisse bei A. caja brauche, um später Vergleiche zwischen dieser Art mit anderen Arctiiden ziehen zu können. Wenden wir uns deshalb zunächst kurz den Fühlern der A. caja zu.

Die Form der Fühler ist, wie bekannt, bei Männchen und Weibchen der Arctiiden ganz verschieden. Bei beiden sitzen an jedem Fühlergliede zwei sog. Fiedern, eine kürzere, nach innen zugewendete und eine längere, nach außen gerichtete. Beim Männchen sind diese Fieder zwei bis dreimal länger als beim Weibchen. Beide Arten von Fiedern sind von hinten nach vorn gebogen, manchmal so, daß eine die nächstvorstehende andere berühren kann. Die Fühler sind nicht nur gelenkig an jedem Gliede, sondern auch gelenkig am Kopfe befestigt. Von diesem ersten Kopfgelenkglied an inklusive zählt die Zahl der männlichen Fühlerglieder im Durchschnitt 68 (die Schwankungsbreite ist $72 - 62 = 10$), die der Weibchen 64 (die Schwankungsbreite ist $71 - 60 = 11$). Ich kann nicht mit Sicherheit sagen, von welchen Bedingungen die Länge, d. h. die Gliederzahl abhängt.

Sowohl Hitze- wie Wärmetiere, die einzigen, welche mir zur Verfügung standen, weisen eine Reduktion der Gliederzahl auf: 65 bis 67 gegen die normalen 67—72 bei Männchen, und 60—63 gegen die normalen 63—71 bei Weibchen. Jedoch kommen auch ganz unbeeinflußte Tiere mit 62 und 60 Fühlergliedern bei Männchen und Weibchen vor. Die vorher erwähnten Fühlerfiedern beginnen nicht gleich an der Basis der Fühler: Unterscheiden wir, um sie näher zu präzisieren, erstens die Fieder I. Ordnung, d. h. die großen lateral nach außen gerichteten und die Fieder II. Ordnung, d. h. die lateral nach innen gerichteten. Die Fieder I. Ordnung des Männchens beginnen erst wohlentwickelt zu sein vom 6. bis zum 10. Gliede, die Fieder II. Ordnung erst viel später am 16. Gliede. Die Fieder I. Ordnung des Weibchens beginnen schon am 5. Gliede und die II. Ordnung am 15. Gliede.

An diesen genannten Fühlergliedern sind die Fieder gut und und normal ausgebildet. Sie beginnen sich aber viel früher schon aus kleinen Warzen, zwischen denen sich Einsenkungen bilden, zu differenzieren. Die ersten Andeutungen davon finden wir bereits vom 4. bis zum 5. Gliede (vgl. Textfig. 40*e*, *a*). Am breitesten und mächtigsten sind die Fieder beider Ordnungen nach dem ersten basalen Drittel, und nehmen an Stärke zur Spitze hin ab. An dem äußersten, letzten Gliede sind sie nur noch kleine warzenähnliche Gebilde (vgl. Textfig. 40*e*, *f*). An den weiblichen Fühlern ist dieser Unterschied weniger bemerkbar (vgl. Textfig. 40 *a* und *b*), da die Fieder überhaupt schwächer, dafür aber gleichmäßiger ausgebildet sind.

Am Ende der Fieder beider Ordnungen stehen bei A. caja mindestens eine Sensillae chaetica, sehr selten zwei an der Zahl. Bei Männchen, mehr zur Spitze des Fühlers zu, an der Basis der Fieder I. Ordnung stehen ein bis zwei Sensillae styloconica, die bei Weibchen an dieser Stelle fehlen, dagegen manchmal, aber selten, als stark verkümmerte Höckerchen an der Basis der Fieder II. Ordnung zu finden sind. Zwei bis drei Sensillae styloconica stehen fast regelmäßig an der äußersten Spitze des männlichen sowohl wie des weiblichen Fühlers. Sensillae coeloconica sind sowohl bei Männchen als auch bei Weibchen vorhanden, liegen aber nur an den letzten Distalgliedern der Fühler, und zwar nach innen zugekehrt, bei Männchen in weit größerer Menge als bei Weibchen. Sensillae basiconica habe ich weder bei Männchen noch bei Weibchen mit Sicherheit nachweisen können, dagegen ist die Anzahl und örtliche Verbreitung der Sensillae trichodea sehr groß. Im



Textfig. 40. Arctia caja L. (Nr. 1251). *a* ♀ (Böttcher), Fühler. Oc. 2*, Obj. a*7, Vergr. 1 : 10. — *b* ♂, linker Fühler. Oc. 2*, Obj. a*O, Vergr. $^1/_5$. — *c* ♂, äußerste Fühlerspitze. — *d* ♂, Antennen-Mittelstück. — *c* und *d* Oc. 2*, Obj. C, Vergr. 1 : 125.

ganzen ist der männliche Fühler weitaus reicher mit diesen Sinnesorganen besetzt als der weibliche. Auch stehen letztere, mit Ausnahme der S. coeloconica vorzugsweise die Innenseite der Fieder entlang, während sie bei Weibchen auch häufig auf dem Fühlerkörper zu finden sind.

Temperatureinflüsse machen sich dadurch bemerkbar, daß durch Hitze die S. coeloconica, kleiner und an Zahl geringer werden, die S. chaetica dicker und fester, aber seltener und die S. trichodea stark zunehmend, aber lange nicht mehr so lang als normal sind. Durch Wärme wird das Chitin überall viel mächtiger, so daß z. B. die Fieder II. Ordnung denen der I. Ordnung an Größe nahekommt, die S. trichodea sind mächtig lang und dicht, besonders an den letzten Fühlergliedern, außerdem stehen sie auch auf den Fiedern (Textfig. 40 *d*) selbst, deren Richtung eine weniger nach vorne geneigte geworden ist. Die S. coeloconica sind klein, aber in großer Zahl an der Spitze der Fühler verteilt (Textfig. 40 *c*). Kälte und Frostexperimentwirkungen waren mir, aus Materialmangel, zu untersuchen nicht möglich, und wollen wir aus solchen Versuchen gezogenen Resultate bei Besprechung der Befunde anderer Forscher kennen lernen.

Die Extremitäten der A. caja variieren bloß in ihrer Pigmentierung, die sich analog der des Thorax verhält und in der Ausbildung der Haarschuppen. Abnorme Verkümmerungen des Chitinskeletts will ich nicht unter die Variationen fassen. Bei Wärme werden die Beinschuppen länger und dichter, bei Hitze undichter und die Krallen der Füße stumpfen etwas ab. So große Abweichungen, wie sie Kosminsky fand, konnte ich nicht konstatieren, da mir Material fehlte, sowie auch Zeit, um eigene Untersuchungen anzustellen.

Ähnlich verhält es sich mit dem chitinösen Skelett des Thorax. Durch Wärme wird dieses dicker, durch Hitze zarter. Auch hier hat Kosminsky gute Resultate gefunden. Wir verlassen jetzt die eigenen Untersuchungen und wenden uns zu dem

b) Befunde anderer Forscher.

Eine rein morphologisch-anatomische Arbeit von Dr. O. Schenk (L. N. 84) beschäftigt sich ganz besonders mit den Sinnesorganen auf den Fühlern der Lepidopteren. Er fand fünf verschieden differenzierte Arten derselben und zwar (p. 578):

1. S. coeloconica — Grubenkegel.
2. S. basiconica — ebenständige Sinneskegel.

3. S. styloconica — Endzapfen oder Kolben.
4. S. chaetica — borstenartige Sinnesorgane.
5. S. trichodea — haarartige Sinnesorgane.

Die S. coeloconica fand er meist an der Spitze der Fühler und zwar nur distal; meist ist ihre gute Ausbildung mit dem Fehlen der Beschuppung des Fühlers verbunden. Der Ort des Standes der S. styloconica ist bei Männchen und Weibchen verschieden. In bezug auf die biologische Bedeutung dieser Sinnesorgane vermutet SCHENK folgendes:

Die Sensillae coeloconica sind Geruchsorgane, welche für die Ferne dienen. Daher sind sie bei Männchen stärker ausgebildet als bei Weibchen, besonders bei denen, deren Weibchen selbst schwerfällig sind und daher von ihnen aufgesucht werden müssen. Die Sensillae styloconica sind dagegen Geruchsorgane für die Nahwirkung und sind deshalb auch in beiden Geschlechtern mit Ausnahme der Lage gleich gebaut. Die Sensillae trichodea sind Bewegungstasthaare, die bei den lebhafteren Männchen in Mehrzahl vorhanden sind und dichter stehen als bei den trägeren Weibchen. Endlich dienen die Sensillae basiconica und Sensillae chaetica zur Reizwahrnehmung mechanischer Art (p. 613). Ferner (p. 612): „Die Entwicklung der Antennen steht in inniger Beziehung zur Ausbildung gewisser Sinnesorgane“ und „für die Größe der Funktionsfähigkeit eines Fühlers ist nicht nur die Zahl, sondern auch die Verteilung der Sinnesorgane auf demselben maßgebend.“ Ferner zitiert DR. SCHENK zwei Arbeiten, die analoge Verhältnisse bei den Bienen konstatieren.

HERMANN MÜLLER[1]) fand auf den Fühlern der Bienen „borstentragende“ Sinnesorgane, besonders bei Weibchen und deutete sie als Tastorgane. Sie entsprechen etwa bei den Lepidopteren den Sensillae chaetica. Ferner unterschied MÜLLER „größere, borstenlose, mit Schlingen bildenden Nerven versehene“ Gruben, besonders bei Männchen, die er für Riechorgane ansprach. Sie würden etwa bei Schmetterlingen den Sensillae coelonica gleichzustellen sein.

SCHIEMENZ, der zweite von SCHENK zitierte Autor, fand bei Bienen noch als drittes: „kleine, rundliche Gruben mit Papillen“, die dieser auch für Riechorgane hielt und ein häufigeres Vor-

1) H. MÜLLER, „Anwendung der DARWINschen Lehre auf Bienen“, Lippstadt 1871.

kommen derselben bei Männchen konstatierte. Diese sind sicher biologisch und morphologisch den S. coeloconica kongruente Gebilde. Doch wenden wir uns nun den vorhin erwähnten Arbeiten P. Kosminskys zu: Dieser untersuchte u. a. die Wirkung verschiedener Temperatureinflüsse auf die chitinösen Teile der Falter, als z. B. der Schuppen der Flügel, des Abdomens, der Beine, des Thorakalskeletts und der Fühler.

In der ersten hier zu erwähnenden Schrift (L. N. 47) werden speziell Vanessen und Lymantriiden verschiedenen Einflüssen der Feuchtigkeit, der Kälte und des Frostes ausgesetzt. Durch diese Versuche fand P. Kosminsky u. a. bei Lymantria dispar Weibchen, daß durch Kälte die Fühlerfieder länger wurden je mehr man an die Mitte des Fühlers kam, während bei Normalweibchen die längsten Fiedern mehr am Ende des Fühlers saßen. Außerdem wurden die S. trichodea kleiner, es trat also hier das entgegengesetzte Resultat ein wie bei meinen Wärmevariationen (vgl. p. 533) — eine Tatsache, die uns weiter nicht befremden kann. Die S. coeloconica richten sich noch mehr der Spitze der Fühler zu und veranlassen die nach den Seiten gerichtete Stellung. Bei meinen Wärme- und Hitzeformen ist es mir nicht möglich gewesen, eine wesentliche Richtungsänderung dieser Sensillae zu konstatieren. Ich kann mir auch nicht vorstellen, wieso Kälte auf diese Art wirken soll. Kosminsky sucht auch nicht nach einer Erklärung. Sollte eine partielle Chitindicken-Ab- oder Zunahme eine solche Verzerrung hervorrufen können? Diese Frage bliebe zu lösen anderen vorbehalten. Weiter konstatiert in diesen Versuchen P. Kosminsky eine große Variationsbreite der S. chaetica, was, wie wir sahen, auch für Wärme- und Hitzeformen gilt. Allerdings variieren auch diese am normalen Tiere. Weiter meint Kosminsky, daß sich durch Temperatur- resp. Feuchtigkeitsexperimente der Dimorphismus zwischen Männchen und Weibchen verringert und knüpft daran einige, die Fühler betreffende, phylogenetische Fragen.

Er meint u. a., daß die Weibchen phylogenetisch wohl breitere, besser entwickelte Fühler gehabt haben. Nachträglich erst seien sie schmäler geworden, mit ihnen auch ihre Hülsen des Puppengehäuses, letztere aber nicht in dem Maße wie erstere; es ist deshalb die Puppenhülse weiter, als die Fühler des Raumes bedürfen. Die Männchen dagegen, glaubt Kosminsky, hätten früher schmälere Fühler gehabt und deshalb standen sich in dieser Beziehung Männchen und Weibchen näher als heute. Standfuss kam (vgl.

sein Handbuch L. N. 106) bei Untersuchungen an Saturnia spini auf einen ähnlichen Gedanken.

In einem auf dieses folgenden Werke (L. N. 48) gibt Kosminsky den normalen Zustand der L. dispar-Fühler an, den wir hier wiedergeben, um obige Ausführungen über die Variation derselben recht würdigen zu können: L. dispar-Weibchen hat u. a. schmale, schwache Fieder und die S. trichodea sind rudimentär. Bei Männchen jedoch sind die Fiedern lang und breit und die S. trichodea gut entwickelt. Durch eine Exposition von Stilpnotia salicis in $+1^0$—0^0 C, die 29 Tage währte, erzielte Kosminsky u. a. ein Dicker-, aber nicht Kleinerwerden der Fühler. An dieser Lepidopterenart studierte er auch die Veränderungen anderer chitinöser Skeletteile. Durch die eben angeführte Exposition verdickte sich bei dieser Art das Chitin. Dadurch wurde der Kopf breiter und der Vertex trat weniger hervor. Die Augen richteten sich mehr nach vorn. Der Thoraxquerschnitt war nicht mehr ein Dreieck mit abgerundeten Ecken, sondern ein Viereck. Auf dem Prosternum stellte sich die Querlamelle senkrecht zur Längslamalle, während beim Normaltiere die erstere stark nach vorn geneigt steht. Das Pronotum wird eng. Patagium und Tegula werden kürzer und massiver, ebenso die Beine und Valven[1]). Dornen und Krallen — alles nimmt an Dicke zu. An den Beinen tritt diese Erscheinung am stärksten zutage: am merklichsten an den Vorderbeinen, am wenigsten an den Hinterbeinen. Kurz — eine Änderung des Chitins in seiner Stärke ändert den äußeren Bau der verschiedensten Körperabschnitte. Diese Änderung wird durch Temperaturen hervorgerufen. Es wirken also Temperaturen direkt formumgestaltend. Auf zwei kleinen Tafeln stellt Kosminsky die extremsten Veränderungen einzelner Körperteile dar. Diese Veränderungen machen durchaus den Eindruck von Verkümmerungen oder gar Verkrüppelungen. An meinem geringen Material war es mir unmöglich, mehr als verschwindende Andeutungen einer solchen Veränderung festzustellen. Leider habe ich auch nicht die Zeit gehabt, selbst noch Versuche anzustellen und ebenfalls nicht, mir noch weitere Literatur über diese Fragen zu suchen. Für unseren ferneren Zweck genügt aber obiges Tatsachenmaterial, welches wir nun noch kurz zusammenfassen wollen:

---

1) Nach W. Petersen sind bei A. caja die Mundteile auch am Normaltier verkümmert (L. N. 71, p. 79).

c) Zusammenfassung.

1. Die Anzahl der an den Fühlern sitzenden Fieder ist bei Männchen und Weibchen variabel. Zieht man den ungefähren Durchschnitt ihrer Zahl, so erhält man für die Männchen — 68, für die Weibchen — 64. Die Männchen sind also, berücksichtigt man, daß gerade an den Fiedern die Sinnesorgane sitzen, besser ausgerüstet als die Weibchen, was bei der Lebensweise der Falter auch verständlich ist. Erhöhte Temperaturen reduzieren die Zahl der Glieder, Kälte verdickt und verfestigt sie.

2. Die Verteilung und die Zahl der verschiedenen Sensillae ist ebenfalls verschieden bei Männchen und Weibchen. Da, um mit Schenk zu reden, „für die Größe der Funktionsfähigkeit eines Fühlers . . . nicht nur die Zahl, sondern auch die Verteilung der Sinnesorgane auf denselben maßgebend" ist, — können wir sagen: A. caja ist eine recht hochstehende, fein differenzierte Art, deren Männchen in dieser Hinsicht die Weibchen übertreffen, doch hängt diese Präponderanz von der Lebensweise der Geschlechter ab.

3. Durch Hitze (und wohl auch Frost) wird zum größten Teil eine Hemmung der Entwicklung, d. h. eine weniger gute Ausbildung der Sinnesorgane hervorgerufen. Durch Kälte wird eine derbere, massigere Form erzielt — vielleicht eine primitive. Wärme dagegen fördert die gute Ausbildung der Sinnesorgane weniger an Größe (wie es die Kälte tut) als an Zahl.

4. Durch Kälte wie Wärme wird das Chitin an allen Körperstellen dicker, durch Kälte wird zugleich eine derbere Form der betreffenden Teile hervorgerufen. Durch Frost und Hitze dagegen leidet das Chitin in seiner Ausbildung.

Hiermit verlassen wir dieses Kapitel — den beschreibenden Teil der A. caja Variabilität — und wenden uns zu dem:

Kapitel III.

Korrelationen innerhalb der A. caja.

Korrelationen innerhalb einer Tierart zu suchen, ist fast durchweg ein unfruchtbares Unternehmen, innerhalb einer Variante nicht minder. Dennoch können wir einige Korrelationen bei A. caja konstatieren, die bereits im Verlaufe der Arbeit genannt worden sind.

So besteht, wie wir bereits wissen und wie es uns aus Vertretern der verschiedensten Klassen der Tierwelt bekannt ist, eine Abhängigkeit der Größe eines Tieres von seinem Geschlecht.

In Kap. II Abschn. 1 finden wir unter a) diese Tatsache so genau beschrieben und besprochen, daß ich hier auf Näheres nicht mehr einzugehen brauche. Der Grund dafür, daß die Männchen im Durchschnitt kleiner als die Weibchen sind, wird wohl auf rein mechanischem Gebiete zu suchen sein: Das Weibchen, welches für die Fortpflanzung der Art besonders zu sorgen hat, indem es den enormen Eierschatz in sich beherrbergt, hat ein dementsprechend massigeres Abdomen. Dieses will, soll das Weibchen sich überhaupt durch Fliegen fortbewegen können, durch dementsprechend größere Flügel getragen werden. Größere Flügel aber hindern in diesem Falle wenigstens den gewandten Flug. Das Weibchen, welches während der Fortpflanzungszeit sich mehr passiv verhält, ist deshalb auch nicht so sehr darauf angewiesen, ein guter Flieger zu sein, sondern benutzt seine Flügel nur, um sich vor Feinden retten zu können und den Ort der Nahrungsaufnahme und Eiablage aufsuchen zu können. Das Männchen dagegen ist durch leichteren Bau und kleinere Flügel zu einem dauernden gewandteren Fluge mehr geeignet, was ihm beim Aufsuchen des Weibchens zu Nutzen kommt.

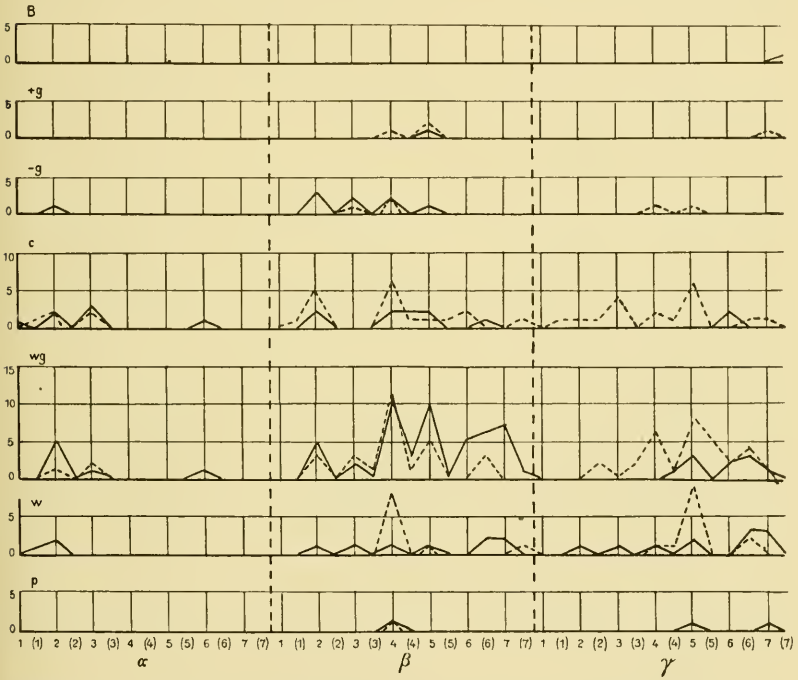
Eine Korrelation zwischen diesen Tatsachen und den Sexualdrüsen vermag ich nicht zu finden, etwa in dem Sinne wie Prof. Plate in seinem Werke (L. N. 77, p. 226) es für die Säugetiere meint. Ich glaube, eine sexuelle korrelative Abhängigkeit ist schon aus dem Grunde nicht wahrscheinlich, weil, wie Prof. Meisenheimer in seinem Werk [1]) nachweist, durch Konstrationsversuche Aenderungen dieser Art nicht auftreten.

Zweitens sahen wir bereits, daß eine fast durchgehende Korrelation besteht: einerseits zwischen der Färbung der Vorderflügel und der des Thorax, andererseits zwischen der Färbung der Hinterflügel und der des Abdomens. Der Grund hierfür ist physiologisch kaum zu finden. Biologisch aber ist es verständlich und wahrscheinlich, daß dieses Resultat durch Selektion erreicht worden ist. Wie ich bereits früher erwähnte, strebt A. caja auf

1) J. Meisenheimer, „Experimentelle Studien zur Soma- und Geschlechtsdifferenzierung". I. Beitrag: Über den Zusammenhang primärer und sekundärer Geschlechtsmerkmale bei Schmetterlingen und den übrigen Gliedertieren, Jena 1909.

den Vorderflügeln zur Auslöschung der Kontraste. Eine verschiedene Färbung des Thorax von der der Flügel würde aber dieses Ziel illusorisch machen. Umgekehrt streben die Hinterflügel zur Hebung der Kontraste und bilden sich dadurch zu schreckerzeugenden Organen aus. Die gleiche Bedeutung kommt wohl auch den Abdomen zu, denn auch hier werden Kontraste erhalten resp. gefördert.

Drittens besteht, wie ich glaube und wie ich bereits zu Anfang dieser Arbeit anführte, eine Korrelation des Geäders mit der Zeichnung und Flügelform, insofern eine Veränderung des ersteren

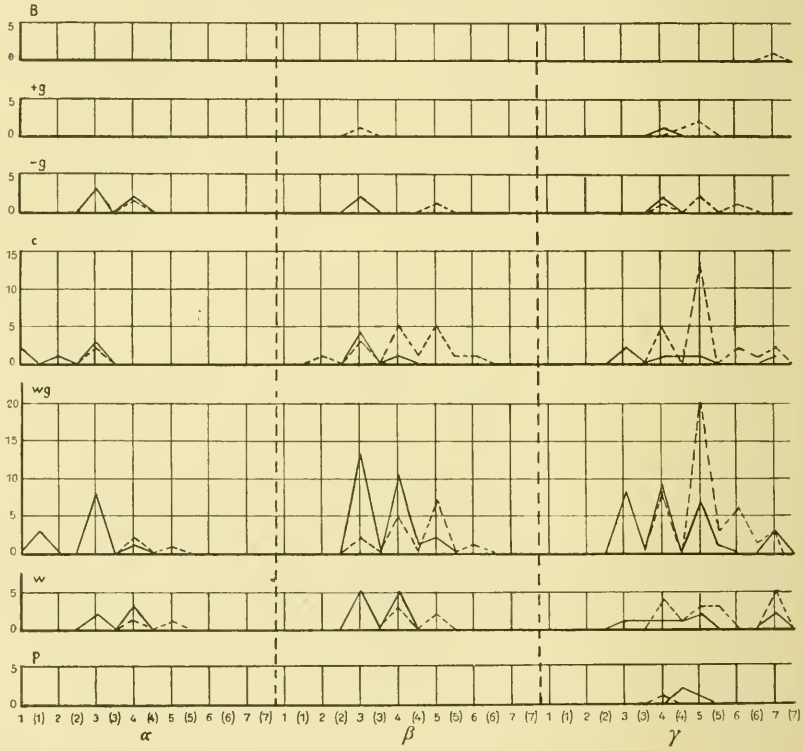


Textfig. 41. Vorderflügeltabelle der II. und III. Zeichnungssonderung mit eingetragener Anzahlkurve der Vorderflügel-Grundfarbenformel.

stets eine solche der letzteren nach sich zieht und, daß die Zeichnung in ihrer Anlage direkt vom Geäder abhängt.

Wie steht es nun mit einer Korrelation der Vorder- und Hinterflügelzeichnung? Um diese Frage zu beantworten, ziehen wir die Tafel XX und XXI zu Rate. Wir sehen in diesen Figuren die Hinterflügelzeichnungsformeln in Vorderflügelzeichnungstabellen eingetragen und umgekehrt Vorderflügelzeichnungsformeln in Hinterflügelzeichnungstabellen.

Nehmen wir z. B. in Tafel XX ein Feld zu näherer Untersuchung vor, welches eine häufig vorkommende VZF. darstellt, z. B. IV β 4, so sehen wir nicht weniger als 12 verschiedene Hinterflügelformeln eingetragen. Ein ähnliches Resultat ergibt sich uns bei Betrachtung irgendeines anderen Feldes dieser Figur. Und umgekehrt: fassen wir ein Feld der Tafel XXI ins Auge, z. B. VI′ γ 5, so ist hier diese Tatsache noch augenfälliger. Wir haben zu dieser HZF nicht weniger als 27 dazugehörige

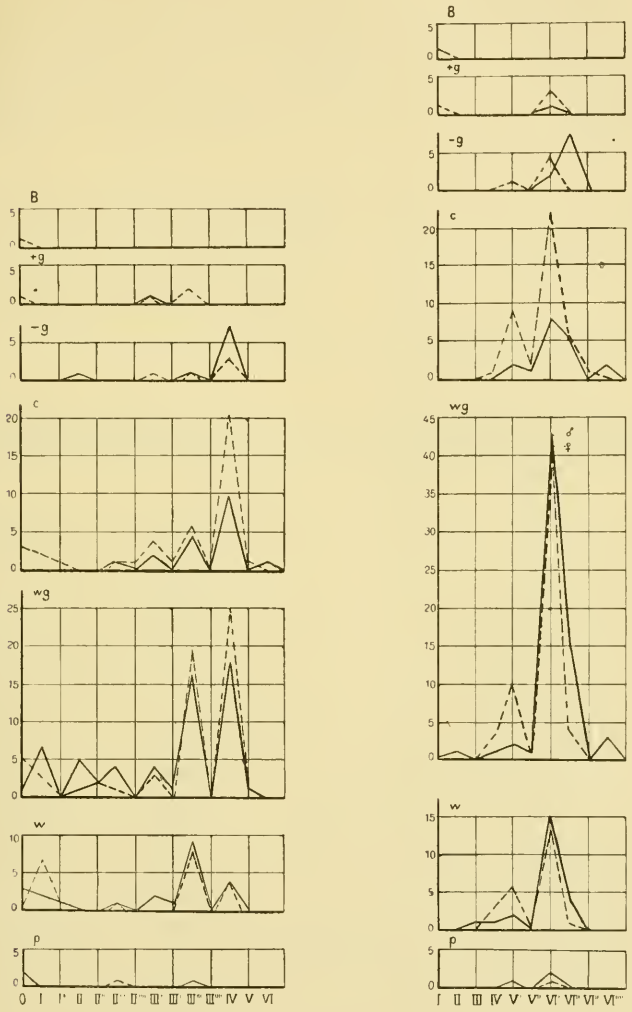


Textfig. 42. Hinterflügeltabelle der II. und III. Zeichnungssonderung mit eingetragener Anzahlkurve der Grundfarbenformel der Vorderflügel an jedem Ort. — = Männchen, ···· = Weibchen der Pilzschen A. caja L.

Vorderflügelformeln aus allen Graden der Variabilität, von O γ (6) bis IV γ 5 schwankend. Ebenso verhalten sich alle anderen Befunde aus der Tafel XXI.

Wir können also sagen: Zwischen der Zeichnung der Vorderflügel von A. caja und den Hinterflügeln dieser Art besteht keinerlei Korrelation. Eine ganz schwache Abhängigkeit des einen vom

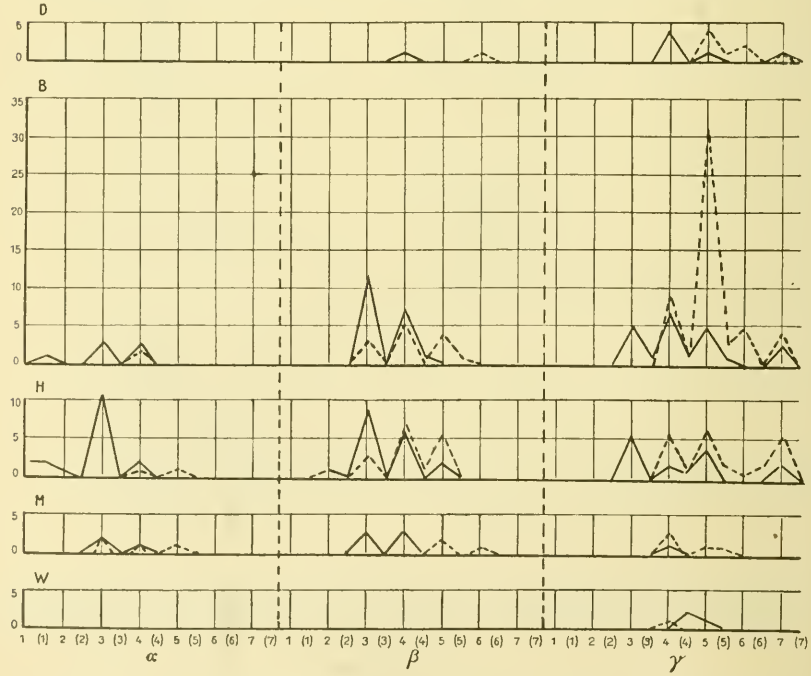
anderen ist aber doch nicht zu leugnen: Wir sehen auf Tafel XX z. B. in irgendeinem Felde mehr Formeln derselben oder verwandter Art, als fremder Art, d. h. z. B. im Teil *a* der Vorderflügel-



Textfig. 43. *a* Vorderflügeltabelle, *b* Hinterflügeltabelle der I. Zeichnungssonderung mit eingetragenen Anzahlkurven der Vorderflügel-Grundfarbenformeln für jeden Ort. — = Männchen, ··· = Weibchen der Pilzschen A. caja L.

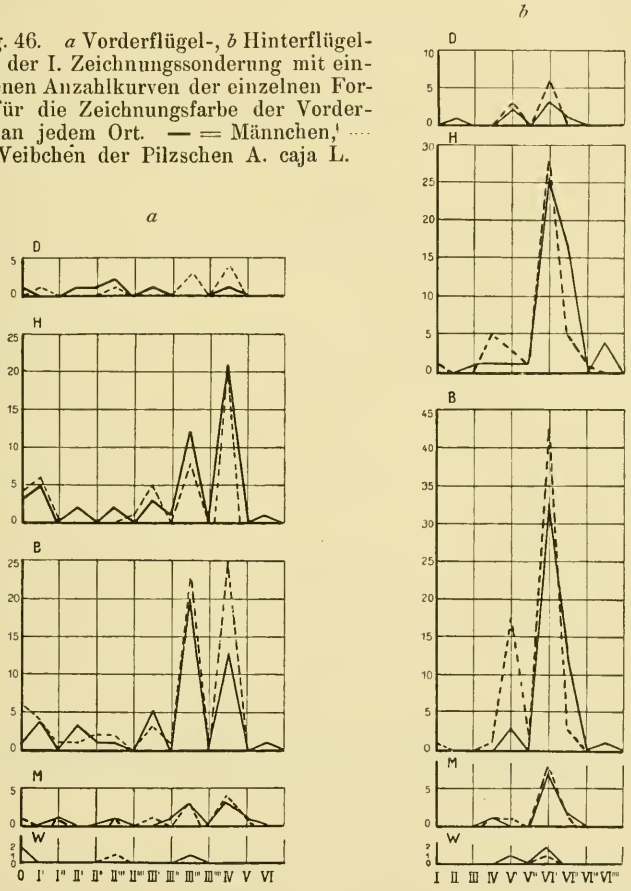
tabelle kommen mehr Formeln der Hinterflügel mit eben diesem *a* vor, als in den Teilen β und γ; im Teil γ mehr solche mit γ.

Textfig. 44. Vorderflügeltabelle der II. und III. Zeichnungssonderung mit eingetragenen Anzahlkurven der einzelnen Vorderflügelzeichnungs-Farbenformel für jeden Ort.



Textfig. 45. Hinterflügeltabelle der II. und III. Zeichnungssonderung mit eingetragenen Anzahlkurven der einzelnen Formeln für die Zeichnungsfarbe der Vorderflügel an jedem Ort. — = Männchen, = Weibchen der Pilzschen A. caja L.

in der Rubrik I mehr solche mit I und II als in höheren, weniger verwandten Rubriken usw. Das gleiche Verhalten ist auf Tafel XXI zu konstatieren. Also: Ist z. B. der Vorderflügel schwach gezeichnet, so ist es oft auch der Hinterflügel, ist ersterer dicht gezeichnet, so ist das häufig auch bei letzterem der Fall — und umgekehrt. Seltener ist ein entgegengesetztes Variieren, aber dennoch häufig genug, um eine Aufstellung eines Gesetzes nicht zu erlauben.



Textfig. 46. *a* Vorderflügel-, *b* Hinterflügeltabelle der I. Zeichnungssonderung mit eingetragenen Anzahlkurven der einzelnen Formeln für die Zeichnungsfarbe der Vorderflügel an jedem Ort. — = Männchen, ···· = Weibchen der Pilzschen A. caja L.

Desgleichen war es mir unmöglich, irgendeine Korrelationserscheinung zwischen Flügel-Ober- und Unterseite zu konstatieren in bezug auf Zeichnung und Färbung. Auch die Farbenverhältnisse beider Flügel wiesen keine Korrelationserscheinungen auf. Also: Der Abnahme irgendeines Zeichnungsteiles oder einer Farbe an einem Ort der Flügel entspricht keine gesetzmäßige

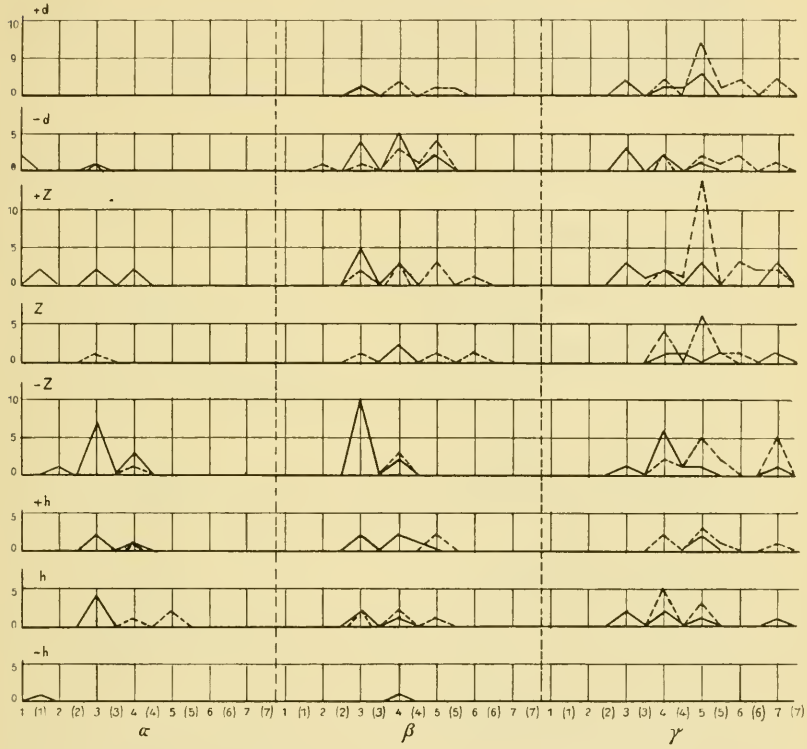
Zunahme dieser Merkmale an einem anderen Orte der Flügel. Nicht als Korrelation kann ich die Tatsache ansehen, daß beim Breiterwerden der Zeichnungsbänder, die Grundfarbenbänder sich verschmälern, dieses beruht ja nur auf rein mechanischen Raumverhältnissen. Wir sehen allerdings manche Farben mit Vorliebe bei gewisser bestimmter Zeichnung auftreten, aber auch diese Erscheinung hat viele Ausnahmen. Statt besonderer Erläuterung

Textfig. 47. Vorderflügeltabelle der II. und III. Zeichnungssonderung mit eingetragener Anzahlkurve der Hinterflügel-Grundfarbenformel für jeden Ort.

lege ich die Textfig. 41—58 bei, auf denen im Koordinatensystem sämtliche Farben in Stückzahl ihrer Träger eingetragen sind an Orten der Flügelformeln dieser Träger. Danach können wir sagen: Es besteht eine, aber sehr geringfügige Korrelation zwischen einzelnen Farben und einzelnen Zeichnungstypen der Flügel.

Ähnlich verhält es sich zwischen der Abdomen- und Flügelzeichnung. Wir können auf Grund von Tafel XXII und XXIII sagen: Den heller gezeichneten Flügeln entspricht meist ein heller ge-

zeichnetes Abdomen; aber diese Tatsache ist weit von einer Gesetzmäßigkeit entfernt. Allerdings entspricht eine Abdominalzeichnungsformel mit Vorliebe einer bestimmten Flügelzeichnungsform: Man beachte in Tafel XXII bei IV β 4 das häufige Vorkommen von 4 und 5 oder in Tafel XXIII bei IV′ γ 5 die Häufigkeit der Formel 5. NB. In diesen Tafeln läßt sich besonders

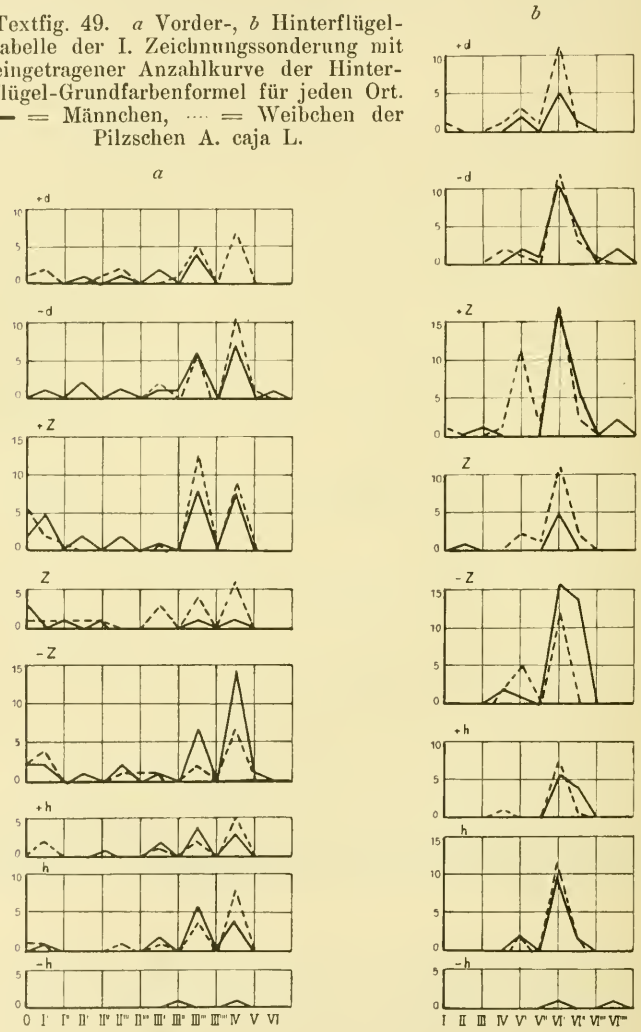


Textfig. 48. Hinterflügeltabelle der II. und III. Zeichnungssonderung mit eingetragener Anzahlkurve der Hinterflügel-Grundfarbenformel für jeden Ort der Hinterflügel-Zeichnungstabelle. — = Männchen, ···· = Weibchen der Pilzschen A. caja L.

klar die Regel erkennen: Das Weibchen von A. caja ist meist dunkler als das Männchen, das Männchen meist heller als das Weibchen. Auch läßt diese Figur uns am leichtesten die enorme Variationsbreite dieser Art erkennen und zugleich die vollkommene Richtungslosigkeit der Variabilität.

Da mir Herkunft, Entstehungsweise, kurz die ganze Biologie des in den Tafeln XX und XXI verarbeiteten Materials nicht bekannt war, fürchtete ich auf Grund dieser Unkenntnis, fälschlich

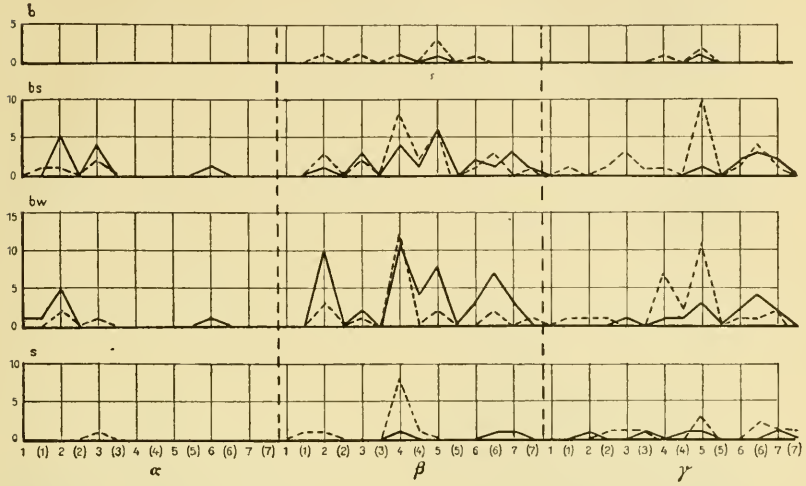
auf diese negativen Resultate in bezug auf eventuell vorkommende Korrelationen gekommen zu sein. Ich stellte deshalb zwei weitere Tabellen zusammen (die ich allerdings nicht veröffentlichen will) dieses Mal nur Standfusssches Material verwendend. Das Resultat war dasselbe. Nun suchte ich, ob nicht eine Korrelation zwischen



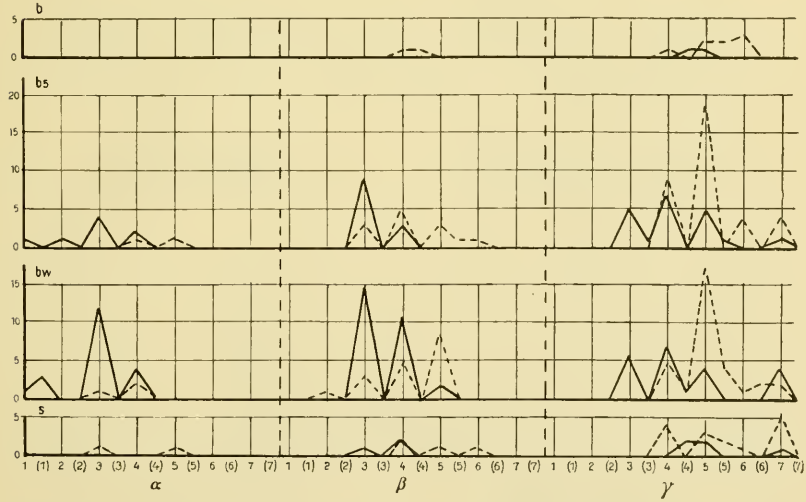
Textfig. 49. *a* Vorder-, *b* Hinterflügeltabelle der I. Zeichnungssonderung mit eingetragener Anzahlkurve der Hinterflügel-Grundfarbenformel für jeden Ort. — = Männchen, ···· = Weibchen der Pilzschen A. caja L.

der Zeichnung des Thorax und der Flügel vorläge. Textfig. 56, 57, 58 zeigen, wie wenig oder fast gar nicht dieses zutrifft. Ebensowenig konnte ich irgendeine Beziehung zwischen Variabilität der Fühler, des Kopulationsapparates, der Beine und den Flügeln — oder zweier dieser Teile untereinander — feststellen.

Das einheitliche oder divergierende gesetzliche Verhalten zweier Körperteile unter Einfluß besonderer Temperaturen oder ähnlicher

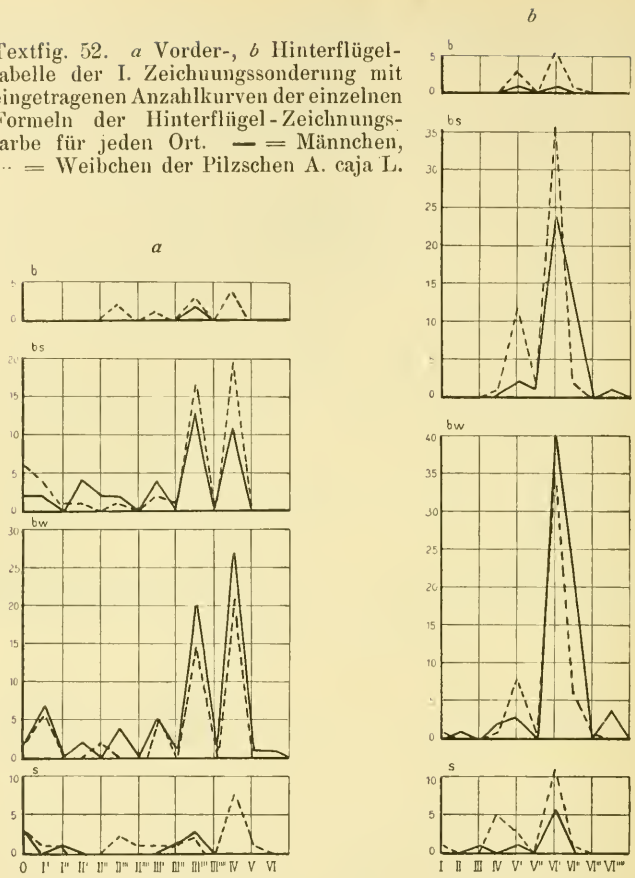


Textfig. 50. Vorderflügeltabelle der II. und III. Zeichnungssonderung mit eingetragener Anzahlkurve der einzelnen Formeln der Hinterflügel-Zeichnungsfarbe, für jeden Ort.

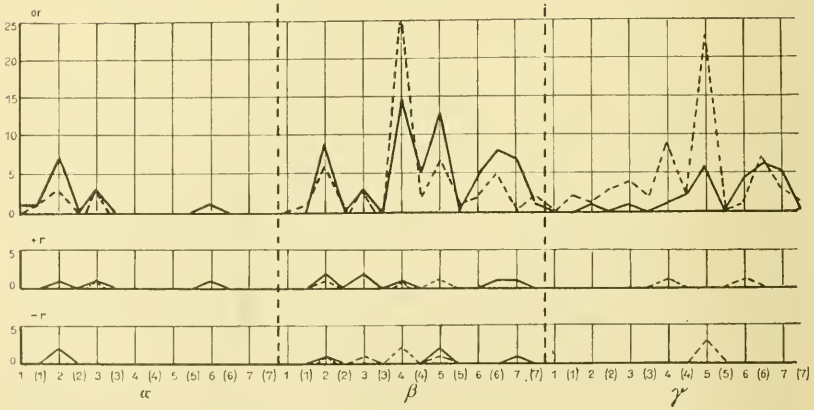


Textfig. 51. Hinterflügeltabelle der II. u. III. Zeichnungssonderung mit eingetragenen Anzahlkurven der einzelnen Formeln der Hinterflügel-Zeichnungsfarbe für jeden Ort. — = Männchen, ···· = Weibchen der Pilzschen A. caja L.

Reize habe ich bereits besprochen und da dabei oft direkte Wirkungen des Reizes in Frage kommen, will ich sie nicht unter den Begriff von Korrelationserscheinungen fassen.



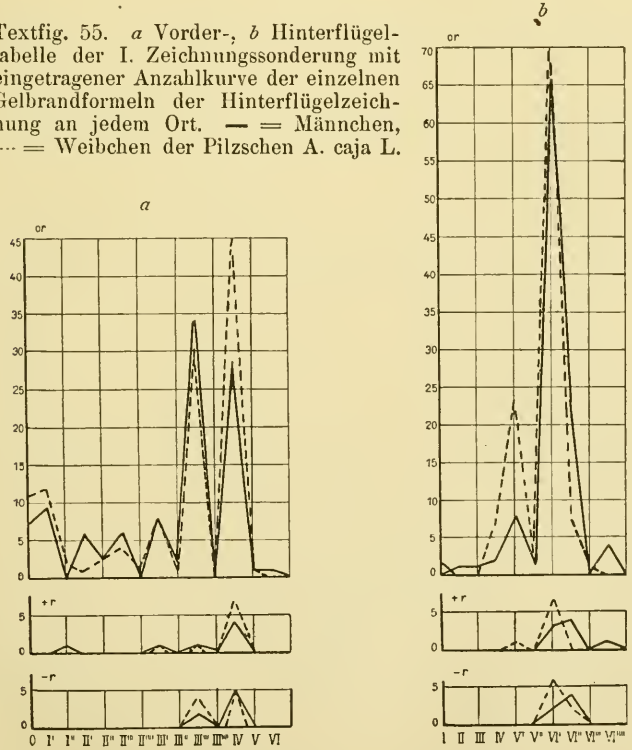
Textfig. 52. *a* Vorder-, *b* Hinterflügeltabelle der I. Zeichnungssonderung mit eingetragenen Anzahlkurven der einzelnen Formeln der Hinterflügel-Zeichnungsfarbe für jeden Ort. — = Männchen, ··· = Weibchen der Pilzschen A. caja L.

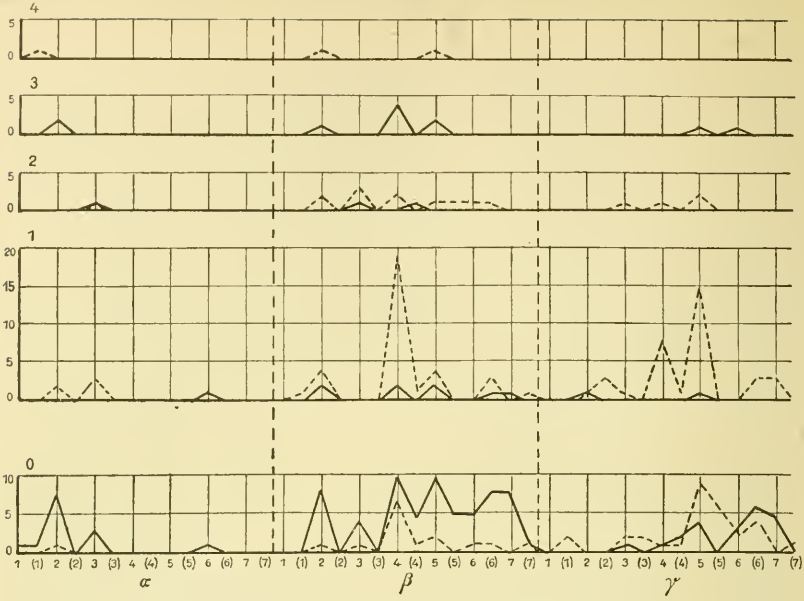


Textfig. 53. Vorderflügeltabelle der II. und III. Zeichnungssonderung mit eingetragener Anzahlkurve der einzelnen Gelbrandformeln an jedem Ort.

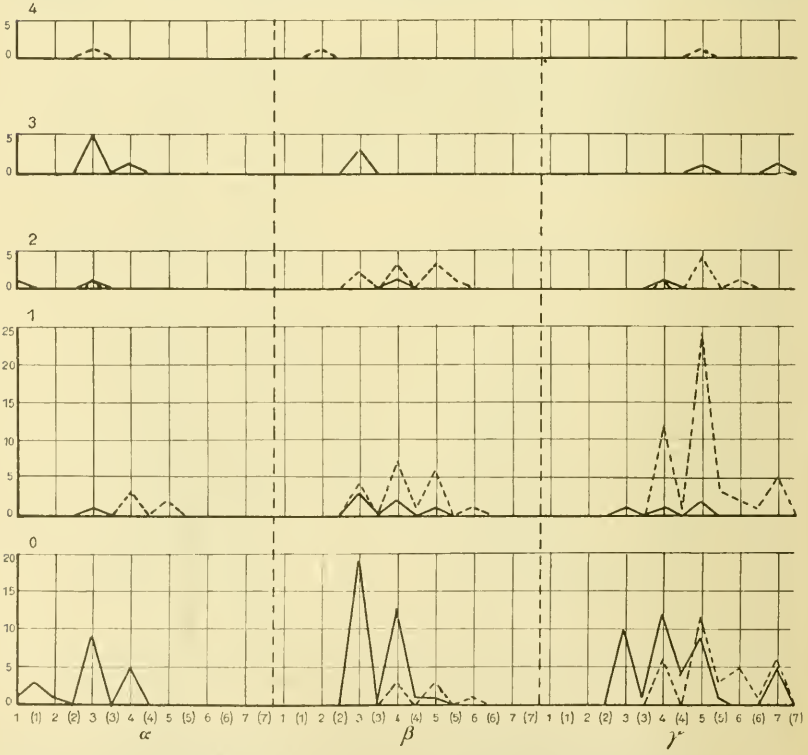
Textfig. 54. Hinterflügeltabelle der II. und III. Zeichnungssonderung mit eingetragener Anzahlkurve der einzelnen Gelbrandformeln der Hinterflügel-Zeichnung an jedem Ort. — = Männchen, ···· = Weibchen der Pilzschen A. caja L.

Textfig. 55. *a* Vorder-, *b* Hinterflügeltabelle der I. Zeichnungssonderung mit eingetragener Anzahlkurve der einzelnen Gelbrandformeln der Hinterflügelzeichnung an jedem Ort. — = Männchen, ···· = Weibchen der Pilzschen A. caja L.



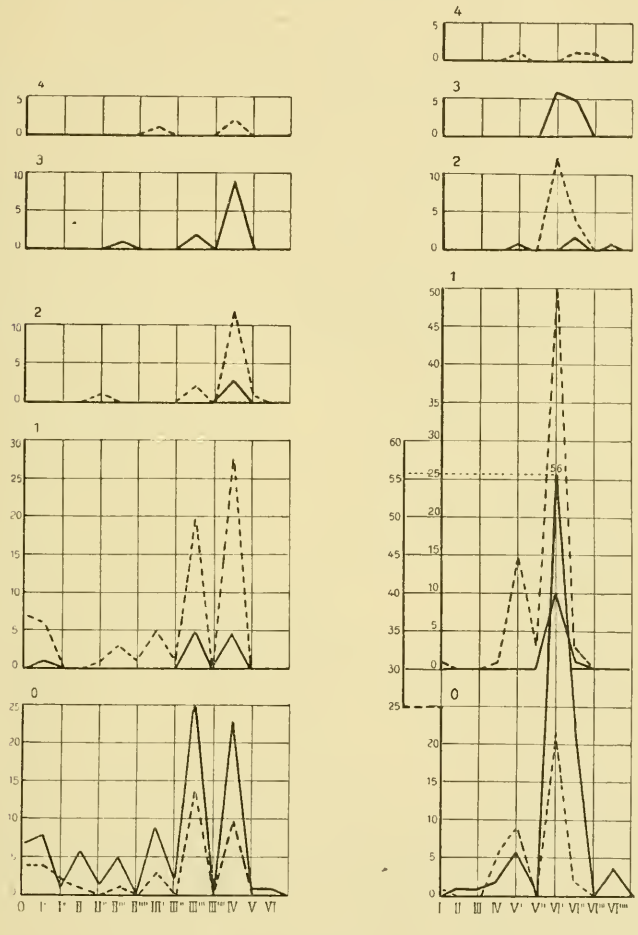


Textfig. 56. Vorderflügeltabelle der II. und III. Zeichnungssonderung mit Kurven der Schulterblätter.



Textfig. 57. Hinterflügeltabelle der II. und III. Zeicknungssonderung mit eingetragener Schulterblattkurve zur Angabe der Verteilung und Anzahl der letzteren. ▬ = Männchen, ····· = Weibchen der Pilzschen A. caja L.

Nach Urech soll eine Korrelation zwischen der Pigmentmenge des Flügels und der der Ausscheidung des schlüpfenden Falters vorkommen, insofern, als dunkel ausgefärbte Tiere mehr Pigment zur Ausfärbung verbrauchen und daher weniger pigmentreiche, d. h. hellere Exkrete liefern und umgekehrt. Obgleich ich



a *b*

Textfig. 58. *a* Vorder-, *b* Hinterflügeltabelle der I. Zeichnungssonderung mit eingetragener Schulterblattkurve. — = Männchen, ···· = Weibchen der Pilzschen A. caja L.

über 100 Falter daraufhin untersuchte, habe ich diesen Befund niemals bewiesen gesehen.

Zum Schluß noch seien auf einer Tabelle alle diese Verhältnisse dargestellt (Textfigur 59). In ihr sind unter dem

Zeichen eines Merkmales alle Zeichen jedes anderen Merkmales angegeben in Form einer Ziffer, die die Häufigkeit des Vorkom-

Textfig. 59. Korrelationstabelle von 7 verschiedenen Merkmalen bei den Pilzschen Arctia caja L.

mens charakterisiert. Ich habe dabei Männchen und Weibchen gesondert behandelt. Wir sehen hier deutlich, daß am ganzen

A. caja-Falter eine Korrelation einzelner Eigenschaften nur in dem Sinne besteht, als daß einige Eigenschaften mit Vorliebe an andere sich koppeln, solche wieder an andere, u. A. einzelne nur an ein bestimmtes Geschlecht usw. Stets jedoch gibt es derart viele Ausnahmen, daß von einem Gesetz nicht die Rede sein kann.

Diese Tafel erlaubt uns aber noch einen anderen Schluß. Und zwar handelt es sich um die Bestimmung der Eigenschaften, die ein rezentes Normaltier aufweist. Alle die Varianten meines Meteriales würden sich gewiß untereinander kreuzen lassen und lebens- bezw. fortpflanzungsfähige Nachkommen liefern. Wir könnten auf diese Weise die Normalart nicht bestimmen. Ich will nun als Normalart das Tier auffassen, welches am häufigsten vorkommt, d. h. seine Eigenschaften am besten vererbt. Dieses läßt sich aus vorliegender Tafel ohne weiteres bestimmen. Wir finden, daß das Normaltier für Männchen und Weibchen in bezug auf einzelne Eigenschaften folgenden Formeln entspricht:

	♂	♀
Schulterblatt	0	1
Behaarung	+	+
VGrf	wg	wg — c
VZf	H — B	B
HGrf	— z	+ z
HZf	bw	bw — bs
Gelbrand	or	or
(von früher ferner bekannt):		
VZF	IV β 4	IV γ 5
HZF	VI $'\alpha$ 3	VI $'\gamma$ 5

Wir sehen also nochmals bestätigt: Mit Ausnahme der Behaarung und des Gelbrandes, wo Normalmännchen und -weibchen sich gleich sind, tendiert das Weibchen in allen Eigenschaften zum Dunkel-, das Männchen zum Hellwerden.

Wir sehen aber, wie selten bei der enormen Variationsbreite der A. caja-Art dieser Normaltypus rein auftritt, wir sehen aber auch zugleich, daß einzelne Varianten erst recht selten in Anzahl zu treffen sind und muß es uns deshalb erstaunen, daß es doch einige einigermaßen fest abgegrenzte Varietäten von A. caja gibt. Im Staudinger- und Rebel-Katalog (L. N. 110, p. 368) sind zwei davon angeführt und folgendermaßen charakterisiert: Var. wiskotti Stgr. (major, al. amt. fasciis albis latioribus, al. post ♂ fere totis albescentibus). Pont. Arm. Also ein heller Südtypus, den

wir durch Wärmeeinfluß nahezu aus einem Normaltier erreichen können (vgl. die Standfussschen Versuchsresultate) Var. americana Harris. (scapulis albis) Am. s. Labr. Dieses Unterscheidungsmerkmal genügt durchaus nicht, denn es gibt, wie ich sah, sehr viele nicht amerikanische Tiere, die die Formel 4 für die Schulterdecke haben. Allerdings haben alle mir bekannten Amerika-Tiere auch diese Formel. Viel wesentlicher ist die Unterscheidung nach der Größe zusammen mit dem Schulterblatt. Es sind die Tiere aus Amerika bedeutend kleiner als andere. Die Formel 4 erreichte Standfuss, wie wir sahen, durch Wärme, die Reduktionen der Größe aber durch Kälte. Auch sind die Tiere aus Amerika weit ähnlicher den Kälte- als den Wärmeformen in Zeichnung und Färbung und deshalb ,glaube ich, ist die Var. americana durch den Kälteeinfluß ihrer Heimat entstanden.

In Labrador gibt es einen besonderen Typus, der mir in der Standfussschen Sammlung zu Gesicht kam. Die Vorderflügel desselben waren H und dazu stark rötlich überflutet, die Hinterflügel den Standfussschen gelben Kälteformen fast identisch, in der Zeichnung sehr ähnlich dem Tiere, das ich auf der Tafel XIX *5* abgebildet habe — allerdings nicht in der Farbe.

Dieses wären die drei einzigen, einigermaßen fest umschriebenen Variationen, die sich durch klimatische Einflüsse und geographische Trennung ausgebildet haben. Nun gibt es aber viele Leute, sog. Varietätenmacher, die für jede kleine Abweichung einen neuen Namen haben wollen. Auch für A. caja haben sich solche Liebhaber gefunden. Wie vollkommen wertlos, ja schädlich so etwas ist, hat Prof. Standfuss mehrfach in seinen Arbeiten nachgewiesen. Diese Arbeit aber zeigt einem jeden, was für ein Nachteil aus einer solchen Zersplitterung entstehen kann und läßt ohne Zweifel erkennen, daß eine solche nur zur vollkommenen Degeneration jeglicher Systematik führen kann. Es sei deshalb aufs eindringlichste vor dieser „Liebhaberei" gewarnt.

Die einzige z. T. berechtigte Benennung einer Variante ist von Fickert gegeben worden und zwar für eine öfters durch Hitzeeinfluß auftretende: ab. futura. Es ist dieses ein unseren Frankfurter Tieren sehr ähnliches Objekt (vgl. Tafel XIX *11*). Fickert erzielte es auch durch Frost (eine Woche alle 24 Stunden in — 20° C, 1—2 Tage alte Puppen).

Ich habe absichtlich diese typischen Varietäten hier angeführt, einerseits, weil ich später auf sie zurückkommen muß und zweitens, weil ich an ihnen sehen wollte, ob mir nicht einige

Korrelationserscheinungen doch entgangen wären. Aber auch hierbei fand ich nichts Neues. Fassen wir deshalb alles in diesem Kapitel Gefundene zusammen, so folgt:

1) Bei A. caja sind Korrelationen vorhanden zwischen Größe und Geschlecht, Färbung des Thorax und der Vorderflügel, der des Abdomens und der Hinterflügel, sowie endlich zwischen Geäder und der Zeichnung.

2) Weitere Korrelationen außer obigen konnte ich nicht nachweisen.

3) A. caja variiert in kolossaler Breite ohne irgendeine Richtung der Variabilität. Nur var. wiskotti, var. americana und ab. futura sind in die Systematik aufzunehmen. Vor weiterer Spezialisierung muß ich ausdrücklich warnen.

Kapitel IV.

Ontogenetisches.

Wiederholt wurde in der voraufgegangenen Arbeit dieses oder jenes aus der Ontogenie erwähnt und ich finde es deshalb angebracht, etwas näher darauf einzugehen, zumal wir durch diese Studien, auf Grund des biogenetischen Grundgesetzes, zur Lösung phylogenetischer Fragen eine Hilfskraft erschließen. Selbstverständlich kann ich mich hier nicht mehr in Details einlassen. Es mag deshalb nur das berücksichtigt werden, was uns in der Frage nach der Variabilität der Zeichnung, Färbung und des chitinösen Skeletts interessieren kann. Ich glaube am zweckmäßigsten vorzugehen, wenn ich die Methode, der ich folgte und die aus den Präparaten ersichtlichen Schlüsse hier kurz niederlege und zum Schlusse in Form einer Zusammenfassung das Gefundene in Beziehung zu dem uns bisher bekannt gewordenen setze.

Das Material zu vorliegenden Studien gewann ich auf folgende Weise: Einmal züchtete ich eine größere Anzahl Tiere unter normalen Verhältnissen resp. kaufte mir Normalpuppen, deren Alter mir bekannt war, zum anderen Male verwandte ich das bei meinen Versuchen zugrunde gegangene Material zu Schälzwecken. Von dem so erhaltenen Material machte ich nur da

mikroskopische Dauerpräparate, wo es sich direkt lohnte, da es mir für dieses hier nebensächliche Gebiet an Zeit mangelte. Wollen wir nun sehen, welche Schlüsse sich aus diesen Untersuchungen ziehen lassen.

Das Ei der A. caja und ihre Raupe wollen wir zunächst beiseite lassen, nochmals bemerkend, daß die einzelnen Teile der zukünftigen Imago sich ihrer Anlage nach schon in den letzten Stadien vor der Verpuppung der Raupe finden.

Öffnet man zwei Stunden nach der Verpuppung die Puppe, so sieht man an Stelle der Flügel nur dünne, durch die Präparation sehr gefaltete Membranen (die, da es technisch nicht anders möglich, noch in der Chitinhülle stecken). Die Adern, die die Flügel durchziehen, sind leer oder lufterfüllt und so verzerrt, daß sich nichts über ihre Entwicklung in bezug auf das System sagen läßt. Schuppenanlagen sind nur als kleine Höckerchen, und nur stellenweise zu sehen. Diese Flügel sind noch derart zart und dünn, daß eine mikroskopische Präparation wenig brauchbare Resultate gibt. Schnittserien konnte ich aber aus Zeitmangel nicht ausführen. Eines ist aber unzweifelhaft: Zwei Stunden alte Puppen von Normalfreilandtieren haben weder bei Männchen noch bei Weibchen irgendeine Andeutung von Pigmentierung in den Flügeln. Es macht sich nur die hellgelbe Chitineigenfarbe bemerkbar. Puppen von zwei Stunden bis zu 15 Tagen Alter entwickeln sich in der Flügelanlage sehr langsam. Öffnet man eine 16 Tage alte Puppe, so läßt sich der Flügel, wenn auch schwer und stark verzerrt, schon aus der ihn umgebenden Puppenhülse ziehen — er ist also kräftiger geworden. Verzerrt wird er deshalb, weil er stark gefaltet in der Hülse liegt und die Falten beim Herausziehen z. T. geglättet werden. Das Geäder aber hat sich bereits stark ausgebildet und ist in seiner Topographie genau wie das der Imago. An ihm sieht man am besten die Faltung der Flügel. Sie verläuft senkrecht zu den Hauptadern, die infolgedessen wie Wellblechröhren aussehen. Kleinere, feinere Falten liegen wieder senkrecht auf diesen. Die Schuppensäckchen sind schon deutlich sichtbar, namentlich an den Flügelsäumen; die Deckschuppen haben zwei oder keine Processus, die Saumfransenschuppen aber schon eine große Zahl (5—7). Sonst aber sind alle Schuppen noch ohne jede Differenzierung — echte Haarschuppen. Auch Leistchen lassen sich nur an den Saumfransen schwach erkennen.

Pigment ist noch nicht, Plasma, wenn überhaupt, so ganz gleichmäßig über den ganzen Flügel verteilt und zwar hellgelbes. Es scheint mir dasselbe an den Wurzeln der Schuppen dunkler zu sein, wohl weil es schon Pigmente einzuführen beginnt. Doch konnte ich das erst an einer 18 Tage alten Puppe mit Sicherheit konstatieren. Ein Präparat von 19tägigem Puppenalter zeigte mir die starke Beschuppung der Adern selbst. Diese Schuppen sind aber primitiver als die daneben liegenden der Interkostalräume, sie sind noch echte Haare, während letztere bereits ventrodorsal abgeplattete und lateral verbreitete echte Schüppchen geworden waren, in denen sich überall schon Leistchen und Pro cessus bemerkbar machen. Mit dem 20. Tage machte sich das Eindringen des Pigments rapid bemerkbar und zwar hauptsächlich auf dem Wege durch die Adern II und III. Am 21. Tage ist der Flügel schon voll ausgefärbt und bereits mit der ganzen typischen Zeichnung versehen, mit der Ausnahme, daß die weiße Grundfarbe der Vorderflügel noch von rotpigmentierten Partien durchzogen ist, die aber bei älteren Puppen schwinden und zwar in dem Maße, als die Zeichnung an Dichte zunimmt. Auch ist der Blauschiller der Hinterflügel noch nicht vorhanden. Das in den Adern liegende Pigment bleibt auch noch längere Zeit rot. Je älter nun die Puppe wird, der das Flügelpräparat entnommen wird, desto dunkler und dichter werden die Farben und desto reiner ist deren Ton. Das rote Pigment auf den Grundfarbenbändern schwindet auf der Oberseite der Vorderflügel und bleibt nur auf der Unterseite bestehen, wie wir es schon bei mancher Imago sahen: Es ist also auch hier wieder eine infero-superiore Entwicklung der Vorderflügelzeichnung zu erkennen, denn die Unterseite bleibt auf einem primitiveren Zustande stehen. Bis auf dieses rote Pigment, das sowieso auf den Hinterflügeln erhalten bleibt, verhalten diese sich in ihrer ontogenetischen Entwicklung wie die Vorderflügel. Der Blauschiller macht sich erst am 30. bis 35. Tage bemerkbar. Das rote Pigment, welches sich längere Zeit in den Adern lagerte, schwindet am 25. Tage. Wir sahen bisher folgendes:

Vom 1. bis zum 20. Tage war von einer Ausfärbung nichts zu sehen. Diese vollzog sich in großer Schnelligkeit während des 20. und 21. Tages und war am 30. bis 35. Tage vollendet. Allerdings war es mir bisher nicht möglich, die eigentliche Ausfärbung der Flügel in der Zeit vom 19. bis 20. Tage zu verfolgen, Einmal, weil diese Termine etwas schwankten, traf ich nicht den

richtigen Moment der Entwicklung und zweitens übersah ich leicht dieses relativ plötzliche Ausfärben. Auf Grund der Fischer- und Schroeder'schen Ansicht, daß Kälte zwar die Entwicklungszeit verändere, nicht aber die Entwicklung während der Exposition vollkommen hemmt (vgl. auch Kosminsky weiter oben), hoffte ich bei Kältetieren dieses Stadium eher zu treffen, da es infolge der Entwicklungshemmung längere Zeit anhält. Und tatsächlich, hier gelang es mir mehrfach und zwar bei einer Serie von Tieren, die ich 22 Tage lang in 0 bis 2° C hielt und dann in Abständen von je einem Tage zu je sechs Tiere abtötete und schälte, diese Entwicklung zu verfolgen. Gleich bei den ersten, also 22 Tage alten Puppen, traf ich denn auch ein Mittelstadium zwischen der noch fehlenden und der vollendeten Ausfärbung. Daß dieses Stadium am 22. Tage zu treffen war, statt wie normal am 19. bis 20., beweist uns, daß tatsächlich die Kälte hemmend, nicht aber direkt unterbrechend wirkte. Wollen wir uns nun dieses Übergangsstadium ansehen: Es beginnt die Ausfärbung mit Einführung hellgelbbraunen oder weißen Pigments, welches an den Stellen dichter sich niederlegt, an denen später die Zeichnung entsteht und zwar schreitet die Ausfärbung von der Wurzel saumwärts vor. Am ehesten fertig ist die schwarze Zeichnung auf dem Hinterflügel. Z. T. an Ort und Stelle, z. T. neu eingeführt, verwandelt sich das gelbe Pigment in rotes, um aus diesem teils in braunes, teils in schwarzes überzugehen. Am längsten ungefärbt bleiben die Adern (weißes Pigment ist allerdings schon auf sehr jungen Stadien dort zu treffen). Mir will es scheinen, daß das Anfangspigment, d. h. das weiße bis hellgelbbraune, sich zunächst überall in rotes verwandelt, aber nicht in seiner ganzen Menge. Ein Teil, besonders auf den Vorderflügeln, bleibt weiß. Der rote Teil wird nun nach und nach zu braun oder schwarz und zieht sich dabei an die Orte der späteren Zeichnung zusammen. Daher finden wir noch so lange rotes Pigment in den weißen Grundfarbenbändern. Die Schuppen auf den Adern beginnen sich erst vom 22. bis zum 25. Tage zu färben, nachdem der Rest der Zeichnung vollendet.

Nun noch einige Ausnahmefälle. Bei meinen Extremen, Hitze- und Frostversuchen, gingen mir alle Tiere ein. Auch von diesen schälte ich einige, und zwar erst nach 60 Tagen der Exposition, also nach einer Zeit, die fast das Doppelte der normalen A. caja-Puppenruhe (34—36 Tage) beträgt. Hier fand ich, ganz gleich, ob die Tiere zu Ende des Versuches noch lebten oder

nicht, oder gar zu Anfang derselben schon gestorben, durchweg folgendes: Das gelbe Pigment hatte sich, ohne in rotes überzugehen, dicht über den ganzen Flügel verbreitet und eine braune Farbe angenommen, etwa wie die, welche wir auf dem Tiere finden, welches auf Taf. XIX, Fig. 12 abgebildet ist. Die Pigmentierung ist unrein, die Schuppen verklebt, die Flügel und das Geäder vollkommen verkrüppelt (letzteres mit Ausnahme) und auch der Thorax war einfarbig schmutzig braun. Das ganze Tier war vollkommen zeichnungslos.

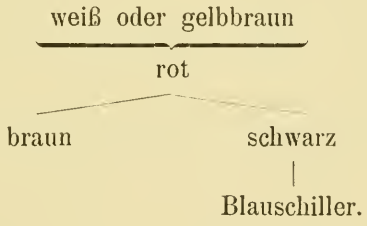
Aus alle diesem lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. A. caja hat eine normale Puppenruhe von 34 bis 36 Tagen.

2. Die Schuppenbildung beginnt sehr früh und ist schon am 16.—17. Tage nahezu vollendet. Am ehesten entwickeln sich die Saumfransen- und Deckschuppen, am langsamsten die Wurzelfeldschuppen und die auf den Adern, welche beide letztere auch an der Imago am primitivsten bleiben.

3. Das Geäder wird von Anfang an fertig in seiner Topographie angelegt.

4. Die ontogenetische Farbenreihenfolge bei A. caja ist folgende:



5. Direkt in den Flügel wird nur weißes und gelbbraunes Pigment eingeführt. Die anderen Farben entstehen teils an Ort und Stelle aus diesen, teils ziehen sie sich von anderen Orten des Flügels zu den bestimmten zusammen.

6. Die Ausfärbung selbst erfolgt binnen 2—5 Tagen (exklusive Blauschiller, der 10 Tage braucht) und ist es deshalb schwer, dieselbe genau zu verfolgen; sie beginnt am 19.—20. Tage der Puppenruhe.

7. Kälte hemmt, aber unterbricht die Ausfärbung nicht.

8. Frost und Hitze unterbrechen die normale Entwicklung und ändern wahrscheinlich direkt das weiße bis gelbbraune Pig-

ment in braunes um, ohne den roten Übergang. Auch schwindet jede Zeichnungsdifferenzierung. Auf diese Einflüsse reagierte totes und lebendes Material in analoger Weise.

In vielen Dingen ähnliche Resultate erhalten wir bei Durchsicht anderer Körperteile auf ihre ontogenetische Entwicklung hin. Tun wir das z. B. mit den Beinen. Wir sehen schon am ersten Tage die Beine, — was das rohe Skelett anbetrifft — fix und fertig. Es fehlen nur noch die Haare und Dornen (respektive sie sind sehr schwach entwickelt) und die Pigmentierung. Auch hier beginnt die Pigmentierung und Beschuppung beinahe plötzlich am 19. Tage und ist spätestens am 25. Tage vollendet. Am Femur bildet sich ein sehr langer dichter Haarschopf, anfangs ohne Pigment und dann rot bis braun sich färbend. Dieser Haarschopf ist zur Tibia gerichtet und am ersten Beinpaare am stärksten, am dritten am schwächsten entwickelt. An der Tibia sind die Haare borstenähnlich, d. h. viel kürzer und stärker zu den Tarsalia werdend. Auf diesen letzteren sitzen außer kurzen Haaren noch einige, nach unten und innen gerichtete Dornen. Am unteren Ende der Tibia des zweiten Beinpaares sitzen nebeneinander nach innen zwei Schienblättchen, am dritten Beinpaar deren vier, und zwar je zwei Stück übereinander. Sie fehlen dem ersten Beinpaar und laufen in kleine harte Stachelspitzen aus. Alle diese Anhänge sind im kleinen schon am 1. Tage vorhanden, wachsen allmählich aus und werden vom 19. Tage an pigmentiert, und zwar an allen Gelenken — in der Beugungsrichtung nach innen — dunkelbraun bis schwarz; ebenso auch an der letzten krallentragenden Tarse. An allen anderen Teilen ist die Pigmentierung gelb bis rot. Also:

1. Die Beine sind schon am 1. Tage fertig bis auf die Beborstung und Pigmentierung.

2. Diese tritt erst vom 19. Tage an auf, um schon am 25. Tage vollendet zu sein.

3. Wie man an gehemmten Kältetieren konstatieren kann, gehen die Pigmentierungen in der Richtung: I.—III. Beinpaar und Coxa—Tarsalia vor sich.

4. Die Beborstung ist am dichtesten an der Coxa, dem Trochanter und dem Femur, und ist in Färbung und Bau desto ähnlicher der des Thorax, je näher sie diesem steht. An den Tarsen nimmt die Behaarung ab, aber es bilden sich Dornen. Nur die Gelenke, und zwar immer das Ende des vorhergehenden Beingliedes und das Ende der letzten Tarse, zeigen dichtere Be-

haarung. Diese Tarse zeigt zwei Krallen und zwei bürstenartige Gebilde, welch letztere am ersten Beinpaar am besten entwickelt ist.

5. Eine Variabilität konnte ich nur in Form einer stärkeren Ausbildung des Chitinskeletts bei Wärme und Kälte und einer schwächeren bei Hitze und Frost nachweisen. Eine Präponderanz irgendeines Geschlechtes konnte ich aus Materialmangel nicht feststellen.

In ganz ähnlicher Weise verhält es sich bei der Entwicklung der chitinösen Kopulationsapparate. Schon vom ersten Tage an sind diese morphologisch vollendet, aber derart zart und fein, daß es unmöglich ist, sie sauber zu präparieren. Am 20. Tage ist dieses Geschlechtsorgan so weit gefestigt, daß es sich herausmazerieren läßt. Das Chitin, noch fast pigmentlos, trägt keinerlei Borsten und Haare. Ebensowenig sind die Penishaubenhöckerchen gebildet. Die Haare, zunächst auf den Valvenhörnern, dann auf dem Penisdeckel und zuletzt auf den inneren Vorsprüngen der Valven, beginnen sich erst am 22. Tage zu bilden, wobei zugleich die Pigmentierung des Chitins zunimmt. Diese erreicht ihr Ende am 25. Tage. Hier sind dann auch zum erstenmale die Penishöcker und Warzen auf der Haube zu erkennen, und zwar als größere runde Ausstülpungen. Vom 25. Tage bis zum Imaginalstadium treten keinerlei Veränderungen mehr auf. Also:

1. Die Kopulationsorgane sind bis zum ca. 20. Tage haar- und höckerlos.

2. Etwa am 22. Tage finden wir Haare und die Pigmentierung nimmt zu.

3. Die Penishaubenhöcker und die Pigmentierung sind am 25. Tage vollendet.

Von den Flügelschuppen habe ich bereits gesprochen, deshalb wollen wir nun noch kurz die des Abdomens behandeln. Die Schuppen des Abdomens bilden sich kontinuierlich, aber äußerst langsam. Am 22. Tage sind die langen Haarschuppen gebildet, aber es ist noch keine Differenzierung unter ihnen eingetreten und ebensowenig ist eine Pigmentierung zu erkennen. Erst am 22. Tage sind, außer den Haarschuppen, die nun pigmentiert sind, schon deckenschuppenähnliche große und lanzettliche kleine Schuppen zu finden, die sich durch Auftreibung und seitliche Abplattung aus den Haarschuppen gebildet haben. Am 32. Tage sind die Schuppen in allen Beziehungen denen der Imago gleich. Also:

1. Die Abdominalschuppen verhalten sich analog den Flügelschuppen, indem sie sich aus den Haarschuppen differenzieren. Erst nach vollendeter Formbildung erfolgt die Ausfärbung.

2. Die Ausfärbung erfolgt wiederum in kurzer Zeit, etwa vom 25. bis zum 28. Tage der Puppenruhe.

Die Fühler endlich verhalten sich analog den Extremitäten. Auch sie sind ihrem Skelett nach zwar zart, aber doch schon von Anfang an fertig. Nur die Ausbildung der Sensillae und die Ausfärbung erfolgt vom 20. bis zum 25. Tage.

Fassen wir nun alle die in diesem Kapitel gefundenen Schlüsse zusammen, so sehen wir:

I. In der eintägigen Puppe sind alle Körperteile, ihrem grobmorphologischem Bau nach, bereits vollendet. Nur die Flügel haben noch nicht ihre spätere Form, da sie stark gefaltet in ihrer Hülse lagern.

II. Die Entwicklung aller Haare, Borsten, Dornen und sonstiger Anhänge geht bis zum ca. 19. Tage sehr langsam vor sich. Wahrscheinlich werden die Kräfte für die Ausbildung innerer Organe verbraucht. Vom 19. bis zum ca. 25. Tage erfolgt rapid die Fertigstellung aller dieser Anhänge und zugleich dringt Pigment an alle die Stellen, wo es an der Imago zu finden ist. Dabei sehen wir folgende Reihenfolge der Pigmentierung eingehalten. Beginnend vom Thorax schreitet die Ausfärbung radial: in die Beine (hier zunächst das I., zuletzt das III. Beinpaar treffend), die Flügel, das Abdomen, die Fühler und andere Kopfteile.

III. Stellen wir uns auf den Standpunkt des biogenetischen Grundgesetzes, so können wir sagen: Das ontogenetisch-primitivste Kleid der A. caja ist auch das phylogenetisch primitivere, und zwar wäre es folgendes: Zeichnung und Färbung der Flügel noch ein wenig unscharf begrenzt, vorwiegend rötlich statt braun, braun statt schwarz auf den Vorderflügeln, gelb statt rot und braun statt schwarz auf den Hinterflügeln (ähnlich den Labrador- und dem Standfussschen Kältetier). Die Chitinteile sind wenig pigmentiert, wenig behaart und beborstet. Die Schuppen vorwiegend haarähnlich. Kurz alle Merkmale sind primitiver und einfacher. Alle diese Schlüsse lassen sich am klarsten an den Hinterflügeln studieren, die sowieso primitivere Merkmale (exklusive in der Färbung) führen.

Anhang.

Temperatur-, Licht-, Feuchtigkeits- und Nahrungsversuche an A. caja.

Ein Jahr lang suchte ich durch eigene Zuchtversuche zu bestimmten Schlüssen zu gelangen. Die Versuche gelangen mir aber nur zum Teil. Zum Teil aber decken sie sich vollkommen mit denen von Professor Standfuss. Ich verzichte deshalb, auf die meinigen einzugehen, denn ich habe im Kap. II, p. 462 die Standfuss'schen Versuche genau durchgesprochen.

Udesche Inzuchtversuche.

Während meines Aufenthaltes in Berlin, zwecks Durchsicht des dortigen Arctiiden-Materials, gelang es mir durch das freundliche Entgegenkommen des Herrn Präparators Ude, dessen Material aus einem Inzuchtversuche mit A. caja zu sehen. Die Resultate dieser Versuche lassen sich wie folgt fassen.

Bei fortgesetzter Inzucht entstanden schon in der zweiten Generation gelbe statt rote Hinterflügel. Die Tiere wurden den Standfussschen Kälteformen ähnlich. In der dritten Generation festigte sich dieses Merkmal noch mehr, d. h. gelb dominierte vollkommen über rot. Die Ähnlichkeit mit den Standfussschen Kältetieren war hier noch stärker, da sich auf manchen Hinterflügeln eine Berußung deutlich bemerkbar machte. Merkwürdigerweise schlug diese Inzuchtform in der vierten Generation wieder zurück in die mit roten Hinterflügeln versehene Stammform. Dieses kann ich mir, da Herr Ude sich selbst darüber nicht äußerte, nur auf folgende Weise erklären. Es wurde vielleicht aus Versehen ein Stammtier zur Copula zugelassen, oder die Nachkommenschaft bestand nicht aus reinen Formen, sondern sie enthielt noch latentes Rot. Bei korrektem Vorgehen wäre es meiner Ansicht nach unmöglich gewesen, die schwache latente rote Farbe gegen die starke gelbe wieder hervorzubringen. Viel erklärlicher ist es wiederum, daß die fünfte Generation steril blieb — Inzucht schwächte eben hier die Fortpflanzungsfähigkeit. Wir sehen aber trotz des weiteren Mißlingens der Versuche: gelb dominiert über rot oder der primitivere phylogenetisch ältere Charakter über den fortschrittlicheren phylogenetisch jüngeren. In der vierten Generation zeigt sich schon eine durch Inzucht hervorgerufene Schwäche in Form der unregelmäßigen Verteilung

des schwarzen Pigments auf den Hinterflügeln, d. h. der Berußung und diese Schwäche wächst rapid, so daß die fünfte Generation, trotz vielleicht frisch hinzugekommener Säfte, steril wird.

Glasersche Inzuchtversuche.

Weniger klar sind die Inzuchtversuche von F. Glaser in Berlin [1]).

Die Glaserschen Tiere weisen in der zweiten Generation karminfarbige Hinterflügel auf. In der dritten Generation wurden diese heller bis ziegelrot, zugleich mit brauner Überfärbung. In der vierten Generation wurden die Flügel blaßgelb. In der fünften kam die rezessive Farbe wieder etwas vor und der Flügel wurde rosa. In der sechsten Generation dominierte wieder reines gelb, in der siebenten und achten gelbrot und mattrosa. Auch hier sehen wir das Dominieren von gelb. Da Glaser aber nichts Näheres über die Art der Auswahl der Tiere zur Weiterzucht sagt, wäre es möglich, daß bei der sechsten Generation nur rezessive Falter schlüpften und diese dann wieder gekreuzt wurden. Eine Schwächung der Falter scheint sich nicht bemerkbar gemacht zu haben. Interessant ist ferner, daß die am Stammtier braune VZf in der fünften Generation rötlich wurde, also wieder eine Dominanz des primitiveren Charakters vorlag. Die normale VZ verschmilzt zwar immer mehr und mehr, d. h. hier ist das neuere Merkmal dominierend, aber sie wird zugleich immer korupter. Die fünfte Generation z. B. ist ab. futura Frr. ähnlich. Die HZ nimmt bis zur sechsten Generation ab, ist hier zeichnungslos und nimmt weiter wieder zu. Es liegt hier also dieselbe Regellosigkeit vor, die ich schon für die Hintergrundfärbung nicht zu erklären vermochte.

Aber einige Resultate daraus seien erwähnt:

1. Meine Versuche, so mißlungen sie auch sind, zeigen in großen Zügen dieselben Resultate, wie sie Standfuss bei seinen Versuchen fand.

2. Partielle Körperbeeinflussung von Puppen führt zu Asymmetrien der Imago.

3. Bei Inzuchtversuchen dominiert: gelb der Hintergrundfarbe über rot, seitliche Zeichnungsverschmelzung der Vorderflügel über deren Auflösung, Auflösung der HZ über deren Ver-

1) Berliner Entomolog. Ztschr., 1908, Bd. LIII.

breiterung. — Meist also der phyletisch ältere Charakter über den phyletisch jüngeren.

4. Inzucht schwächt die Nachkommenschaft bis zur krankhaften Deformation einzelner Merkmale (VZ bei Glaser, Berußung bei Ude) oder gar bis zur sexuellen Sterilität (Ude).

Kapitel V.

Variabilität einiger anderer Arctiiden.

Wir haben bisher ausschließlich von A. caja gesprochen. Die Variationsbreite dieses Falters, die Gesetze, denen er bei der Variabilität unterliegt durchgesehen und seine mutmaßliche phylogenetische Entwicklung auf Grund seiner Ontogenie studiert. Um nun auch rein phylogenetisch vorzugehen, d. h. die Stellung der A. caja innerhalb ihrer Verwandten und eben diese Verwandtschaft kennen zu lernen, müssen wir, allerdings in sehr kurzer Form, die für A. caja durchforschten Verhältnisse an einigen anderen Arctiiden untersuchen. Ich war hierbei aber ausschließlich auf fremdes Material und fremde Versuchsresultate angewiesen und da diese, z. T. wenigstens schon publiziert sind, kann ich mich hier kurz fassen. Gründe für das spezielle Verhalten einzelner Tiere spare ich mir überhaupt zu nennen, da es meist dieselben sind, welche A. caja beeinflussen oder aus diesen leicht abzuleiten sind.

Bei der Auswahl der nun folgenden Arctiiden ging ich von dem Prinzip aus, nur die Tiere zu berücksichtigen, die entweder biologisch oder grobmorphologisch der A. caja wirklich nahe stehen. Zu solchen rechnete ich folgende: A. flavia Fuessl., A. villica L. und ihre Var. konewkai Frr., A. fasciata Esp., A. aulica L., A. hebe L. und wenige andere (wo uns nur Spezielles interessiert). Diese und — um die Arbeit nicht allzusehr auszudehnen — nur diese seien für vorliegenden Zweck berücksichtigt.

Wir beginnen mit der, der A. caja am nächsten stehenden Art, insofern deren Raupe, Puppe, kurz die ganze Lebensweise mit der unseres Tieres fast identisch ist.

Arctia flavia Fuessl.

Was den allgemeinen Bau dieser Arctiidenart anbetrifft, so ist er von dem der A. caja nur durch eine etwas größere Aus-

dehnung, besonders der Flügel ausgezeichnet. Die Form der Flügel und das damit verbundene Geäder zeigt keine Unterschiede. Die Zeichnung der A. flavia ist eine recht konstante, was sich wahrscheinlich auf Grund einer früher, lang andauernden Isolation erklären läßt, die einen Charakter festigt und ihn dadurch gegen eine Variationstendenz schützt. Da auch heute noch A. flavia im Verhältnis zu den anderen Arctiiden sehr isoliert lebt, so findet man unter den Freilandtieren kaum eine Variante auffälliger Art, und doch hat sich langsam eine durch die Isolation für alle Arten gleichgerichtete, fortschreitende Entwicklung bemerkbar gemacht, denn die Zeichnung der Vorder- als auch (vielleicht wohl in geringerem Maße) der Hinterflügel ist auf einer relativ hohen Stufe der Entwicklung. Die Zeichnung beider Flügel steht der der A. caja derart nahe, daß wir dieselben Formeln anwenden können, um sie zu bezeichnen, und zwar für die Vorderflügel: IV γ 7, für die Hinterflügel VI′ oder VI″, α bis β, 3 oder (3). Die Abdominalzeichnung ist dagegen primitiver als bei A. caja, denn wir finden fast nur eine kontinuierlich rautenförmige Dorsale, also eine typische Längszeichnung. Die Farben sind am Freilandtier recht konstant: Die VGrf = *w* — *wg*; die VZ = schwarz; die HGrf = — *h* bis gelb; die HZf endlich = schwarz. Das Abdomen dagegen ist hier, wie bei A. caja manchmal, stets dunkler, d. h. + *h* bis *z*. Schulterdecken sind stets vorhanden. Wir sehen also, daß A. flavia, vielleicht mit Ausnahme der VZf, primitiver als A. caja ist. Wir wollen nun zusehen, zu welchen Schlüssen Temperaturversuche mit diesen Tieren berechtigen. Prof. Standfuss stellte mir in liebenswürdiger Weise seine A. flavia Temperaturserie zu diesem Zwecke zur Verfügung. Während mäßige Kälte und Wärme kaum nennenswerte Veränderungen hervorrufen, tun dieses wohl schärfere Einflüsse. Dieses ist auch nicht anders zu erwarten, bedenkt man die Lebensweise dieser Tiere. Leben sie doch an steinigem Boden mit spärlichem Pflanzenwuchs in größerer Gebirgshöhe der Schweiz und des Altaigebirges (L. N. 46 und 110). Am Tage glühender Sonne, in der Nacht empfindlicher Kälte ausgesetzt, sind sie an solchen Temperaturwechsel gewöhnt, d. h. angepaßt und, da Wärme und Kälte in den meisten Wirkungen sich entgegengesetzt verhalten, heben sich etwaige Veränderungen wegen der schnellen Aufeinanderfolge dieser konträren Einflüsse im Freiland auf. Niedere Kälte und Wärme entsprechen den dieser Art natürlichen Reizen und wirken daher nicht verändernd. Lang andauernde Wärme oder Kälte resp. stärkerer

Einfluß dagegen bilden einen der Art fremden Reiz und ist daher hier eine Reaktion zu erwarten. Da jedoch das Tier an und für sich recht konstant ist, so werden Veränderungen schwer durchdringen und wenn, so nur in geringem Maße.

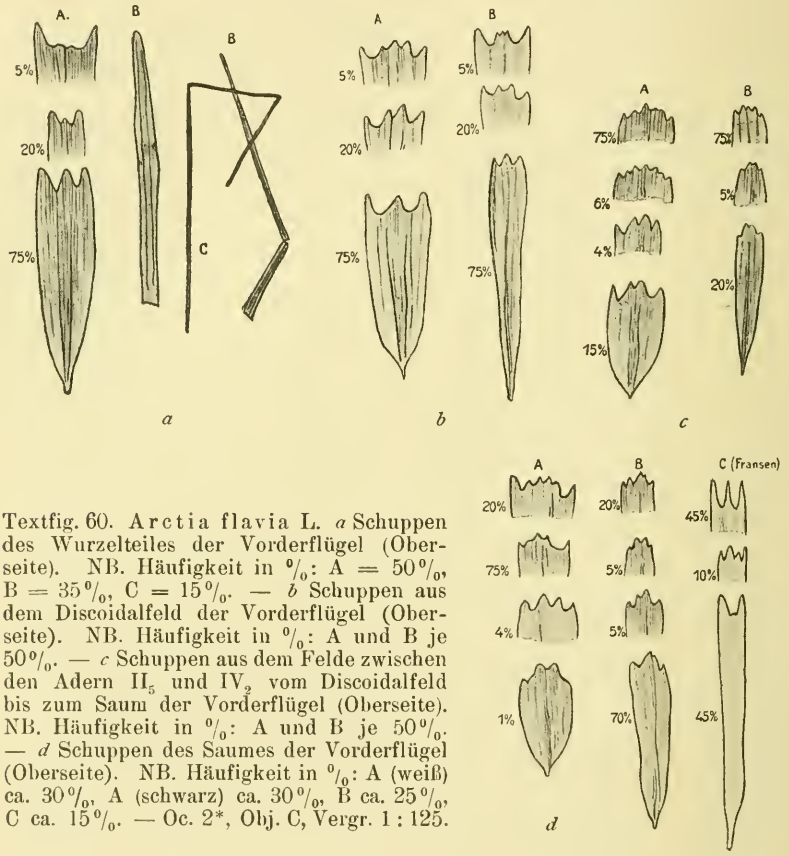
Prof. Standfuss ist es aber doch gelungen, typische Kälte- und Wärmeformen sowie Hitzeformen zu erzielen und diese wollen wir jetzt kurz besprechen. Zunächst in bezug auf die Zeichnung: jeder extreme Temperaturreiz, sei es Kälte oder Wärme, verwischt die scharfe Begrenzung der Zeichnung und wirkt diese dadurch schon allein matter. Außerdem zieht jeder dieser Versuche eine Auflösung der Zeichnung nach sich. Am leichtesten schwindet die schwarze Zeichnung bei C_1, D_1, E_1, indem zunächst Ader II weiß wird und dieses Weiß sich dann nach und nach bis zum Vorderrande der Vorderflügel erstreckt. Dann beginnt die, normalerweise vollkommen zu einem Fleck verschmolzene sog. „W-Zeichnung" sich in die einzelnen Bänder aufzulösen, besonders bei Wärmeformen. Während die Kälteformen dieses nur andeutungsweise zeigen, geschieht es bei extremen Wärmeformen so stark, daß sich die W-Zeichnung der der A. caja nähert und etwa der Formel $\gamma 4$, ja sogar $\gamma 2$ entspricht. Die Hinterflügelzeichnung ist konstanter, schwindet aber durch Wärme öfters fast ganz. Bei Hitzeformen (ein Freilandtier) ist die W-Zeichnung völlig geschwunden und nur die Adern sind noch ein wenig pigmentiert, so daß der Vorderflügel berußt erscheint.

Viel größer ist der Temperatureinfluß auf die Färbung. Die Kälte erzeugt matte Farben: Das Schwarz der VZ wird grau, das Gelb der Hinterflügel wird heller, aber intensiver und zeigt oft eine starke Berußung. Im extremsten Falle wird selbst der Leib grellgelb. Bei Wärme werden die Hinterflügel rot. Je länger die Wärme anhält, desto röter die Hintergrundfarbe. Wir sehen also auch hier, daß Kälte primitivere, Wärme höhere Farben erzielt. Die Textfig. 24 möge auch für A. flavia die typischen Varianten, wie sie unter künstlichem Einfluß entstehen, darstellen. Wenden wir uns jetzt einigen anderen Merkmalen von A. flavia zu, z. B. den Schuppen.

Die Schuppen von A. flavia unterscheiden sich nicht sonderlich von A. caja. Ihr Bau ist ein viel robusterer und sie sind größer. Das Tier ist aber selbst größer und derber als A. caja. Stark ausgebildete Leistchen, kräftiger ausgeprägte Unterschiede zwischen den einzelnen Schuppentypen, geringe Variation — alles das deutet darauf hin, daß A. flavia früher lange isoliert gewesen

und daher seine Merkmale gefestigt sind. Derbe Processus aber zeigen uns zugleich, daß A. flavia primitiver als A. caja ist. Textfig. 60, 61 zeigen uns eine Serie dieser Schuppen.

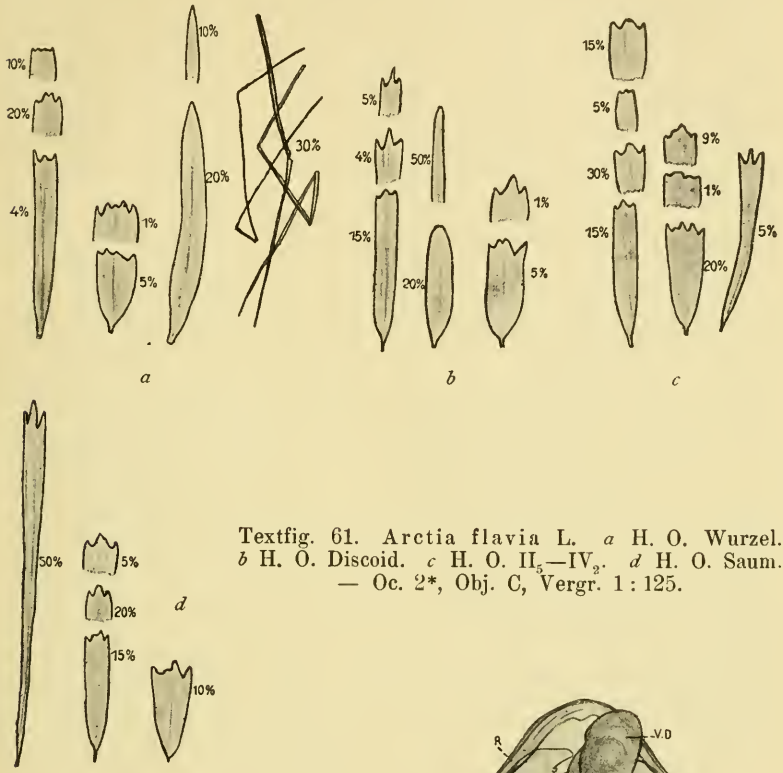
Nun wenden wir uns dem für uns besonders wichtigen männlichen Kopulationsapparat zu. Ein wesentlicher Unterschied mit dem der A. caja im Bau ist nicht zu konstatieren. Nur ist auch dieser Apparat stärker und derber und die Ausbildung der



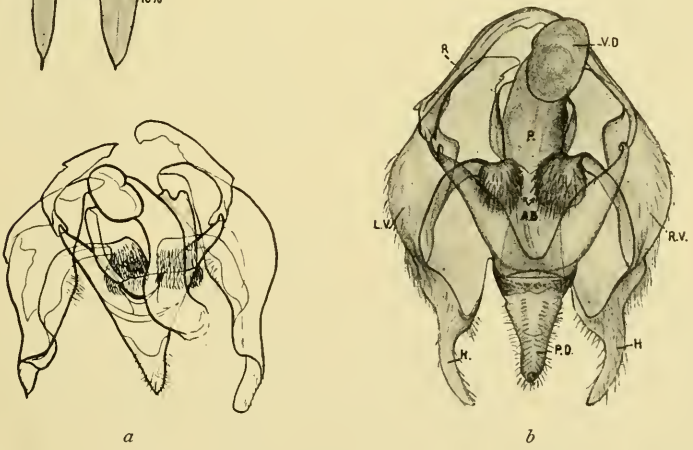
Textfig. 60. Arctia flavia L. *a* Schuppen des Wurzelteiles der Vorderflügel (Oberseite). NB. Häufigkeit in %: A = 50%, B = 35%, C = 15%. — *b* Schuppen aus dem Discoidalfeld der Vorderflügel (Oberseite). NB. Häufigkeit in %: A und B je 50%. — *c* Schuppen aus dem Felde zwischen den Adern II_5 und IV_2 vom Discoidalfeld bis zum Saum der Vorderflügel (Oberseite). NB. Häufigkeit in %: A und B je 50%. — *d* Schuppen des Saumes der Vorderflügel (Oberseite). NB. Häufigkeit in %: A (weiß) ca. 30%, A (schwarz) ca. 30%, B ca. 25%, C ca. 15%. — Oc. 2*, Obj. C, Vergr. 1 : 125.

Haare, Borsten und Dornen ist eine andere als bei A. caja. Valvenhörner und Penisdeckel sind hier wie dort behaart — hier aber stärker. Die Valven der A. flavia haben keinen besonderen Ort starker Beborstung wie A. caja, sondern sind außen bis hinauf zum Ring behaart. Am wesentlichsten unterscheiden sich die Penisaufhängebänder. In ihrem Bau sind sie denen der A. caja identisch, ihre äußeren Enden tragen aber zwei große Borsten-

polster, wie Textfig. 62 zeigt, während diese Gebilde bei A. caja haarlos sind. Die Penishaube endlich hat auch Warzen und zwar



Textfig. 61. Arctia flavia L. *a* H. O. Wurzel. *b* H. O. Discoid. *c* H. O. II_5—IV_2. *d* H. O. Saum. — Oc. 2*, Obj. C, Vergr. 1 : 125.



Textfig. 62. *a* Schema des Kopulationsapparates von Arctia flavia ♂. Oc. 2*, Obj. a*5, Vergr. 1 : 13. *b* A. flavia, Züricher Präparat. Oc. 3, Obj. a*5, Vergr. 1 : 13.

ganz flache runde, sehen denen der A. caja ähnlich. Bis auf diese Behaarung scheint bei A. flavia alles roher und primitiver

zu sein, so daß die Behaarung wohl eine nachträgliche Entwicklungsfolge ist. Die Beine unterscheiden sich von denen der A. caja nur durch dichtere Beborstung und stärkeres Chitin, welch letzteres sich darin bemerkbar macht, daß auch das erste Beinpaar an der Tibia zwei Schienchen trägt. Wir wissen nach Kosminsky, daß stärkere Chitinausbildung eine Kältefolge ist. Kälteformen sind aber meist phylogenetisch ältere, d. h. primitivere. Die Standfussschen Temperaturtiere konnte ich leider nicht anatomisieren und kann ich deshalb über alle diese Teile nichts Näheres in bezug auf ihre Reaktion auf äußere Reize angeben.

Die Fühler von A. flavia sind kräftiger in ihrer Chitinausbildung. Die inneren Fieder aber viel schwächer als bei A. caja, die äußeren um so länger. Die Sensillae sind etwas spärlicher verteilt, aber derber. Besonders macht sich das spärliche Vorkommen der S. coeloconica und die gute Ausbildung der S. chaetica bemerkbar. Also die Organe der feineren Empfindung — des Geruches — sind weniger gut entwickelt. Alles in allem können wir sagen: Sowohl biologisch als auch morphologisch-anatomisch steht A. flavia der A. caja sehr nahe, ist aber in allen Punkten primitiver bis auf einzelne wenige Merkmale. Wir haben bei A. flavia stärkeres Chitin, dichtere Beborstung usw., kurzum Merkmale, die alle darauf schließen lassen, daß A. flavia ein Tier ist, welches lange Zeit einem kühlen Klima ausgesetzt gewesen ist. Die verhältnismäßig geringe Variationsbreite läßt sich wiederum aus einer langandauernden und noch rezenten Isolation erklären.

Näheres über das Verhältnis dieser beiden Arten zueinander sei im nächsten Kapitel gesagt. Wir aber wollen uns jetzt zuwenden der

Arctia villica L.

A. villica ähnelt in Form, Geäder, Größe und Gestalt vollkommen der A. caja. Sie ist aber ein reiner Flecktypus, der mit A. caja wenig verwandt ist und wohl erst durch Querzeichnungstypen dazu entstanden ist. Villica ist eine lange nicht so isolierte Art wie A. caja, kommt sie doch nach Kirby (L. N. 46) und Rebel (L. N. 110) in Europa, Kleinasien, Syrien, Persien usw. vor und ist daher auch schon weit variabler.

In der Zeichnung ist A. villica derart verschieden von A. caja, daß man weder für die Vorder- noch für die Hinterflügel die uns bekannten Formeln anwenden kann. Ich will deshalb nur andeutungsweise die Variationsbreite dieser Art angeben.

Die Variabilität der A. villica in bezug auf die Flügelzeichnung besteht in einer verschiedenen Ausbildung der Grundfarbenflecke. Normalerweise haben sie einen großen an der Wurzel der Vorderflügel. Es folgen sodann zwei größere und zwei kleinere saumwärts liegende Flecke aufeinander und parallel zur Discoidalader liegen von oben nach unten zwei große und ein kleinerer Fleck. Am Seitensaum, nahe der Vorderflügelspitze, lagern dann noch ein bis zwei kleinere Flecke. Die Veränderungen bestehen nun meist darin, daß die drei, die Discoidalquerader entlang liegenden Flecke mehr oder minder miteinander verschmelzen. Beim hellsten mir vorliegenden Stück aus der Standfussschen Sammlung bilden diese Flecke ein fast durchlaufendes breites Grundfarbenband, zu welchem noch der untere, der von der Discoidalader einwärts liegende Fleck, dazu gestoßen ist. Beim dunkelsten Tier, das dem Normaltier in den Vorderflügeln sehr ähnelt, sind die Grundfarbenflecke alle voneinander getrennt und sehr klein. Die Hinterflügelzeichnung ähnelt der der A. caja, welche der Formel VI′ γ 5 entspricht, nur ist der Discoidalqueraderfleck in zwei Stücke zerfallen und Band F' läuft breit zum Saume aus, d. h. ist mit Band G', wenigstens vom Vorderrande bis zur Ader V verschmolzen. Beim hellsten Tier sind alle Flecke zu kleinen Punkten reduziert. Größer sind nur $F'_{1,2}$ und G'_{3}. Beim dunkelsten Tier läuft Band D' durch und ist durch Brücken mehrfach mit E' verbunden. Das Doppelband F' G' aber geht bis an den Hinterrand durch.

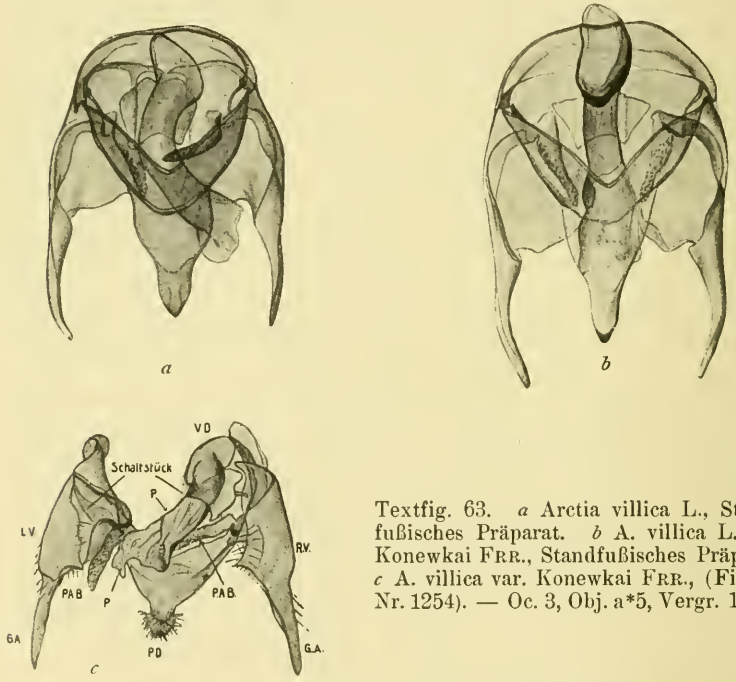
Das Abdomen ist zeichnungslos und variiert bis zur Anlage des ersten Längsstreifenstückchens, so daß die Zeichnung dann etwa der Formel 5 entspricht. Der Thorax trägt meist eine breite, nie schwindende. beim hellsten Tier aber enorm ausgedehnte Schulterblattzeichnung.

Die VGrf variiert von weiß bis crême. Der normale Fall ist aber weiß. Die VZf ist tiefschwarz. Die HGrf variiert von hell grellgelb bis zum gesättigten Gelb, etwa von $-h$ bis h. Die VZf ist schwarz aber stets ohne Gelbrand. An einem Stück ist statt dessen ein rötlicher Schimmer vorhanden.

Die Schuppen von A. villica sind weitaus zarter als die der A. caja. Die Deckschuppen haben relativ selten Processus, die Grundschuppen wenige stumpfe — nur die Saumfransenschuppen haben lange schmale, aber wenig zahlreiche Processus. Wir sehen also, sowohl die Zeichnung als auch die feinere Struktur der Flügel sind der A. caja entwicklungsgeschichtlich voraus — was

wohl durch Wärmeeinfluß zu erklären wäre. Die gelbe HGrf widerspricht dem nicht, denn wir sahen auch bei dem Standfussschen Wärme-A. caja gelbe HGrf auftreten.

Der Kopulationsapparat, von dem ich die Textfig. 63*a* hier beilege, ist fast noch zarter als der der A. caja und so gut wie gar nicht behaart. Er hat viel schlankere Valven mit langen Hörnern und sehr von A. caja verschiedene Penisaufhängebänder. Diese haben ihre eigentliche Funktion wahrscheinlich verloren, denn es sind zwei dicke, mit Dornen besetzte tannenzapfenartige



Textfig. 63. *a* Arctia villica L., Standfußisches Präparat. *b* A. villica L. var. Konewkai Frr., Standfußisches Präparat. *c* A. villica var. Konewkai Frr., (Fig. zu Nr. 1254). — Oc. 3, Obj. a*5, Vergr. 1 : 13.

Gebilde, welche an den Valven befestigt, den Penis selbst nicht mehr berühren. Wir haben hier also einen viel, viel schärferen anatomischen Unterschied zwischen dem Kopulationsapparat von A. villica und A. caja, als zwischen dem von A. flavia und A. caja. Während letztere beide mechanisch sich wohl kaum an der Kreuzung hindern werden (Versuche sind mir allerdings nicht bekannt), ist dieses bei der Straffheit und Größe der A. villica-Penisaufhängebänder wohl möglich.

Beine und Fühler von A. villica sind zwar kräftiger entwickelt, sind aber kaum wesentlich von denen der A. caja unterschieden.

Wir sehen also: A. villica ist recht weit von A. caja — in verwandtschaftlicher Beziehung — entfernt, zeigt aber in allem einen fortschrittlichen, wahrscheinlich einen Wärmecharakter. Es ist nun interessant, eine Variation dieser Art zu untersuchen, die mehr einem kühleren Klima angepaßt ist, ich meine die

Arctia villica var. konewkai Frr.

In Form, Größe und Geäder ist diese Variation der A. villica identisch und damit auch unserer A. caja. Anders aber in Farbe und Zeichnung. Die Zeichnung der var. konewkai ist eine der A. caja viel ähnlichere. Die W-Zeichnung auf dem Vorderflügel ist noch zu erkennen und wir haben in dieser Abart eine typische Übergangsform von Vertretern der Längsstreifung, wie A. caja, zu solchen der Fleckzeichnung, wie A. villica eine ist. Die Vorderflügelzeichnung entspricht etwa der Formel γ (1), wobei aber der Hinterrand durchweg gezeichnet ist, so daß es keine wirklich durchlaufenden Grundfarbenbänder gibt; ebenso ist am Normaltier stets eine Brücke an der Ader *III*, zwischen Fleck E_2 und F_2 vorhanden. Die Variationsbreite dieser Abart ist unter normalen Verhältnissen in bezug auf die VZ gering: nur das etwas mehr oder weniger starke Ausbreiten der Grundfarbenbinde *c* ruft eine Aufhellung resp. eine Verdunklung hervor.

Die HZ ist dem hellen Typus der A. villica HZ sehr ähnlich, nur ist, auch bei den dunkelsten Normalvarianten der var. konewkai, niemals *F'* und *G'* der ganzen Länge nach verschmolzen. Bei den hellsten Normalvarianten entspricht die HZ genau der der A. caja, welche ich mit *VI'* γ (4) bezeichnete.

Nun die Farben des Normaltieres: Die VGrf ist meist intensiv zitronengelb oder *wg*. Die VZf ist stets schwarz. Die HGrf von *h* aus — der Normalfärbung — zu —*h* und *h* hinüberschwankend. Die HZf endlich ist stets schwarz.

Erfreulicherweise stand mir zu den nachstehenden Untersuchungen ein relativ reiches Temperaturmaterial von Professor Standfuss zur Verfügung und diesem will ich mich nun in möglichster Kürze zuwenden.

Durch Wärme löst sich sowohl die VZ als auch die HZ noch mehr auf und die Grundfarbenbänder treten breit hervor. Standfuss selbst sagt u. a. (L. N. 101, p. 245): Werden sie . . . (die Puppen) . . . mit Wärme von + 34 ° C behandelt, so wird die Streifenzeichnung prägnanter und das W tritt hervor. Var. konewkai und noch mehr ihre Wärmeform ist sehr ähnlich den

A. fasciata, A. hebe und A. caja. In Sizilien tritt auch eine braune Form dieser Art auf (ab. bellieri Failla), welche sich noch mehr der A. caja nähert. Die Farben verändern sich durch Wärme gar nicht, bis auf eben diese eine Ausnahme. Durch Hitze reduziert sich die Zeichnung imens; ebenso werden auch die Farben heller und matter. Professor Standfuss' Versuche ergaben folgendes Resultat: Durch Einfluß intermittierender Hitze von + 38° C gingen alle Tiere zugrunde, nur ein Falter schlüpfte und zwar sehr aberrativ. Diesen habe ich auf Textfig. 24 p. 469 abgebildet.

Kältewirkung ruft wiederum Fleckzeichnung hervor, was uns beweist, daß var. konewkai wirklich aus A. villica entstanden zu denken ist und nicht umgekehrt. Denn Kälteformen stellen meist ältere Formen dar und die Kältetypen von var. konewkai sind den Normalformen von A. villica sehr ähnlich, sowohl in der Zeichnung wie auch in der Färbung. Die Frostformen weisen eine enorme Variationsbreite auf. Sie zeigen meist eine stark aufgelöste Zeichnung und helle Färbung und werden somit wieder den Hitzeformeln ähnlich. Nur ist der Prozentsatz, der dem Experiment erlegenen Tiere weit geringer, und ließe sich daraus schließen, daß var. konewkai den Frost besser als der Hitze angepaßt ist.

Die weiteren morphologischen Unterschiede der var. konewkai von der Stammart A. villica sind nur geringer Art. Der Kopulationsapparat unterscheidet sich nur durch eine schwache Behaarung der Valven, die hier auch einen stärker behaarten Wulst tragen (wie A. caja). Auch die Valvenhörner und der Penisdeckel sind behaart. Die zu tannenzapfenähnlichen Gebilden umgewandelten Aufhängebänder sind weniger plump und flacher als die analogen bei A. villica — kurz der Kopulationsapparat nähert sich in seinem Bau demjenigen der A. caja. Textfig. 63 *b* und *c* gibt eine Abbildung desselben wieder.

Fühler, Schuppen, Beine und sonst von mir untersuchte Teile des var. konewkai-Körpers zeigen keine Unterschiede von denen der A. villica, wenigstens keine so wesentlichen, daß man sie an dem einen, mir allein zum Anatomisieren zur Verfügung stehenden Tier hätte bemerken können.

Wir sehen also, daß var. konewkai in ihren wesentlichen Charakteren, namentlich in ihren Südformen, sich A. caja nähert. Die Kälteformen dagegen stehen dem Stammtypus A. villica näher. Welche Schlüsse diese Resultate hinsichtlich der Verwandtschafts-

verhältnisse gestatten, werde ich erst im nächsten Kapitel anführen.

Hier aber fassen wir den, den eben erwähnten Formen äußerlich nächststehenden Typus (allerdings in noch viel oberflächlicherer Weise) ins Auge.

Arctia fasciata Esp.

Die Form der Flügel und das Geäder dieser Art ist von A. caja gar nicht verschieden. Die Größe allerdings unterscheidet sich wesentlich: das Tier ist in beiden Geschlechtern fast immer kleiner als die kleinsten A. caja. Die Zeichnung ist noch eine typische Längsstreifung, in noch primitiverer Form als bei unserem Haupttier, insofern als auf den Vorderflügeln, die Binde *C* vollkommen durchläuft und nicht mit *D* verschmilzt. Binde *D* und *E* sind allerdings bei D_3 und E_3 und oft auch bei D_4 E_4 seitlich verwachsen, aber laufen auch ununterbrochen durch. Die anderen Bänder aber sind in Ausdehnung und Form sehr ähnlich denen der A. caja. Die Hinterflügel, meist der Formel $VI\,\gamma\,3$ entsprechend sind absolut mit denen der A. caja identisch.

Anders verhält es sich mit der Färbung. Die VGrf schwankt zwischen *w* und *wg*; die VZf ist stets tiefschwarz; die HGrf ist gelb und rings um den Saum, dort wo z. B. A. villica gegen A. caja mehr Zeichnung hat — rot, d. h. A. fasciatia führt auf den Hinterflügeln zu A. villica über, indem das rot der Hinterflügelgrundfarbe zu schwarzer Zeichnung wird, d. h. eine ontogenetisch höhere Stufe einnimmt. Die HZf von A. fasciata ist tiefschwarzbraun. Der Hinterleib ist auf jedem Pigment mit breiter Querbinde versehen, die auf den letzten Segmenten bis zur schwarzen Einfarbigkeit verschmelzen. Leider liegen mir keine Temperaturformen von A. fasciata vor. Wohl aber hat Prof. Standfuss einige Versuche mit dieser Art in bezug auf die Wirkung der Fraß- und Entwicklungszeit derselben gemacht, die für uns durchaus erwähnenswert sind, zumal zugleich die Temperatur erwähnt wurde. Er fand: bei normaler Fraßzeit der Raupe, etwa bei 150 bis 180 Tagen, in normaler Temperatur normale Tiere. Wurde die Temperatur etwas erhöht (+ 25 ° C), dafür aber die Fraßzeit gekürzt, so wurden die Tiere infolge der Steigerung der Lebenstätigkeit größer und die Färbung überall intensiver. Die Kürzung der Fraßzeit auf 142 bis 163 Tage war also vollkommen ohne Hinderung des Wachstums zu ermöglichen. Wurde jedoch die Fraßzeit auf 87 Tage reduziert, bei gleicher

Temperatur, so verkümmerten die Tiere in der Größe, nicht aber in der Färbung. Ein Nahrungseinfluß ist also nur insofern zu konstatieren, als er, falls die Nahrung unzureichend ist, verkümmernd wirkt, also indirekt zu verstehen ist.

A. fasciata ist nach alledem primitiver als alle vorherbesprochenen Individuen, sowohl in Zeichnung als in Färbung und Größe — steht aber A. villica var. konewkai und A. caja ungefähr gleich nahe.

Es folgen nun:

Arctia aulica L.

Diese Art ist der als nächsten zu besprechenden A. testudinaria sehr nahe verwandt. Sie unterscheidet sich aber wesentlich von allen bisher besprochenen Arten, sowohl in der Größe, als im Geäder, Zeichnung und Farbe. Sie bildet aber einen guten Übergang zu tieferstehenden Arten und sei deshalb kurz besprochen. Die Ausmasse dieser Art sind um ein Bedeutendes geringer als selbst die kleinsten der A. caja. Das Geäder muß nach Spuler (L. N. 94) als ein primitiveres angesprochen werden, da auf den Vorderflügeln Ader III_3 am lateralen Ende des Discoidalfeldes noch erhalten ist. Die Ader III_2 der Hinterflügel dagegen verliert sich, je mehr sie sich dem Außensaume des Flügels nähert. Die Zeichnung ist zu einer typischen Fleckzeichnung geworden, wobei die Flecke der Grundfarbe entsprechen und hat auf den Vorderflügeln wenig Ähnlichkeit mit A. caja — eher mit A. villica. Auf den Hinterflügeln ist eine gut durchgeführte Längsstreifung zu konstatieren. A. aulica ist also in bezug auf die Zeichnung vorgeschrittener als A. caja.

In der Färbung dagegen ist diese Art primitiver: VGrf = *wg* — *c*, VZf = *W* bis *M*, HGrf = — *h* bis gelb, HZf = *s* bis braunschwarz. Durch Kälte (Standfusssche Versuche) bildet sich auf den Vorderflügeln mehr, aber zugleich matteres Braun aus, während auf den Hinterflügeln das Gelb heller, das Schwarz intensiver wird. Durch Wärme reduziert sich das Braun der Vorderflügel, zugleich auch matter werdend. Das Gelb der Hinterflügel wird hell und die HZ wird reduziert. Die Hitzeformen führen zur nächsten Art und damit auch mehr zu A. fasciata über, indem das Braun der VZ intensiver wird, wenngleich bei geringerer Verbreitung, während die VGrf heller wird. Wenig schwarz und mittleres gelb ist das Kennzeichen der Hinterflügel der Hitzeformen. Auch in der Natur können wir diese Richtung

erkennen, denn die südlichen Typen haben schon rot auf den Hinterflügeln und sogar das Braun der Vorderflügel wird rötlich. Im Tessin kommt die Var. curialis vor, die gelbe Hinterflügel mit viel rot zeigt. Diese Variation führt uns hinüber zur

Arctia testudinaria Fourc,

welche auf den Vorderflügeln der A. aulica identisch ist und in den Hinterflügeln A. fasciata sich nähert, indem sich auf ihnen neben der schwarzen auch eine rote Zeichnung findet. Diese Art ist also durch Hitze aus A. aulica entstanden, oder jene aus dieser durch Kälteeinfluß. Der Kopulationsapparat dieser beiden Arten steht morphologisch zwischen dem der A. caja und A. villica, indem die glatten Aufhängebänder des Penis sich zuspitzen und damit sich dem „Tannenzapfenkölbchen" nähern. Es folge nun als nächste und letzte der zu besprechenden Arctiiden-Arten

Arctia hebe L.

In Größe, Gestalt und Geäder ist diese Art unserer A. caja sehr ähnlich, in der Zeichnung bildet sie den Übergang aus primitiveren Formen zu ihr, indem wir in ihr eine wohlausgeprägte Längsstreifungsvertreterin finden, besonders in den Vorderflügeln. Bis auf die VZf, die schwarz mit grünlich schillernder Interferenzwirkung ist, sind die Farben der A. hebe denen der A. caja ähnlich: VGrf = *w—wg*, HGrf = + *h* bis —*z* und HZf = *s*. Versuche irgendwelcher Art mit dieser Form sind mir leider unbekannt auch habe ich mich weiter nicht näher mit ihr befassen können.

Es gibt noch eine große Zahl näher oder weiter zu A. caja stehender Arten, die schon rein äußerlich Schlüsse in verwandtschaftlicher Beziehung gestatten. Ich könnte aber aus Mangel an Zeit und Material nur oberflächliche Studien an ihnen treiben und käme durch solche nur zu äußerst unsicheren Vermutungen. Ich will mich deshalb im nächsten Kapitel nur auf folgende Arten beschränken: A. caja, A. flavia, A. fasciata, A. villica und deren var. konewkai. Andere Arten berühre ich nur soweit es nötig erscheint, bei Beurteilung spezieller Fragen, die im übernächsten Schlußkapitel aufgeworfen werden.

Damit schließe ich den beschreibenden Teil und wende mich zu dem:

Kapitel VI.

Stellung der A. caja innerhalb der ihr nächstververwandten Arctiiden.

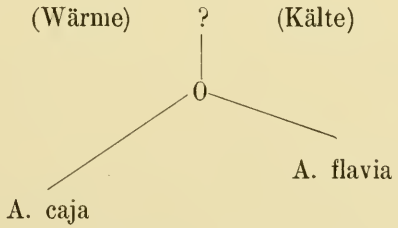
Wie ich bereits im vorigen Kapitel zu Anfang erwähnte, ist der A. caja biologisch, morphologisch und anatomisch A. flavia am nächsten verwandt, und zwar, wie ich glaube genügend nachgewiesen zu haben, derart, daß A. flavia auf einem phylogenetisch primitiveren Standpunkt stehen geblieben ist, während A. caja, sich weiter entwickelnd, einen weit höheren erreicht hat. Unsere, mit dieser Art erwähnten Temperaturversuche lassen darauf schließen, daß A. flavia eine phylogenetische Kälteform der A. caja ist, die wieder durch Wärme rückläufig gemacht werden kann. Umgekehrt läßt sich durch Kälteeinfluß, dem die A. cajapuppen ausgesetzt werden, also durch einen Einfluß, der in unserem Fall phylogenetisch ältere Typen hervorruft, eine der A. flavia sehr sich nähernde Variante erzielen. A. flavia ist in der Eiszeit isoliert gewesen (wofür auch die relative Konstanz der Art spricht) und wahrscheinlich aus dem asiatischen Zentralgebiet, etwa dem Pamir, langsam die Bergketten entlang bis in die heutige Schweiz gekommen. Wahrscheinlich sind die Arctiiden einmal ein einheitlicher Stamm gewesen, der über ganz Europa, Asien, Amerika und sogar Afrika verteilt war und erst später durch Isolation in verschieden gerichtete Abarten und endlich Arten sich heraus entwickelte. Diese Isolation mag in der Eiszeit aufgetreten sein, denn Standfuss sagt darüber in seinem Handbuch (L. N. 106, p. 298) folgendes: „Die Eiszeit zersplitterte die präglaziale Flora und Fauna der großen nördlichen Kontinente in eine Anzahl sozusagen insulärer Gebiete. In diesen überdauerte ein Teil derselben die ganze Eiszeit mit ihren verschiedenen, in vielen Gebieten sicher nachgewiesenen Intervallen. Diese Scheidung eines früher einheitlichen Faunengebietes in einzelne Teile, verbunden mit den großen klimatischen Veränderungen, welche eben gerade zur örtlichen Scheidung dieser Fauna führte, mußte nach unserer Anschauung die Bildung zahlreicher neuer Formen begünstigten."

Vergleichen wir die beiden Tafeln 21 und 22 aus Bachmetjew (L. N. 1, Bd. II), die erstens den europäischen Kontinent zur Zeit des Tertiärs und zweitens zur Diluvialzeit darstellen, mit-

einander und denken dabei daran, daß A. flavia heute wenigstens nur in Landstrichen hoher Berge vorkommt, so sehen wir unsere Hypothese bestärkt, daß A. flavia aus dem zentralasiatischen Gebirge seinen Ursprung nimmt. Aus diesen Gebieten nach Westen hat sich ein großer Teil unserer gesamten Fauna ausgebreitet, unter ihr wohl auch die Schmetterlinge. Wie die Bachmetjewsche Karte (Fig. 21) zeigt, war eine Ausbreitungsmöglichkeit im Tertiär eben nur nach Westen hin möglich, denn im Norden das große Binnenmeer, im Süden das Saharameer und im Osten die gewaltigen asiatischen Gebirgsmassen — verhinderten eine Ausbreitung der Falter. Zur Eiszeit allerdings schwindet das Saharameer und das russische Binnenmeer des Nordens zieht sich weit zurück. Nun konnten die Falter sich ausbreiten, in andere Klimata kommen, sich diesen anpassen und durch diese verändert werden.

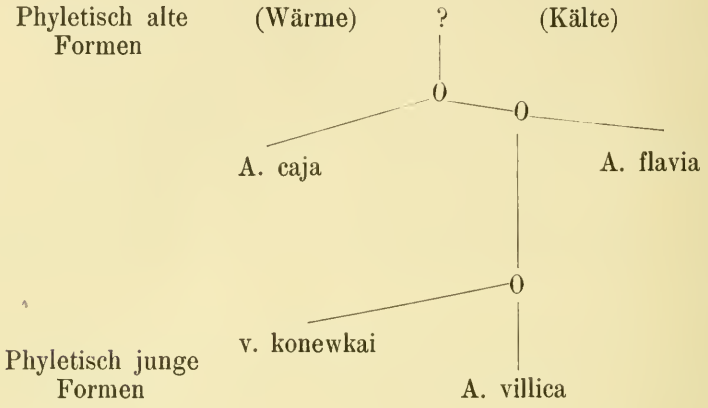
A. flavia, aus dem kalten Gebiete stammend, durch die Kälte der Eiszeit hindurch existierend, und heute nur in den Alpenländern und pontischen Bergen lebend — war nie einem ihr fremden Klima ausgesetzt, d. h. der Wärme, und hat sich deshalb kaum verändert bis heute erhalten. Dort, wo aber diese Formen in warmes Klima kamen, entstanden erst Wärmetypen und dann andere Arten. Ich meine aber auch A. flavia selbst ist nicht die direkte Stammform, sondern nur ein Abzweig dieser, welcher durch die Kälte seine Entwicklungsrichtung erhielt.

Also von irgendeiner Stammform lief ein Zweig durch die Eiszeit, der sich in mehrere Äste spaltete: Die Formen, die unter Kälte blieben, lieferten u. a. die A. flavia-Art, die die in Wärme verblieben u. a. die A. caja-Art. Also:

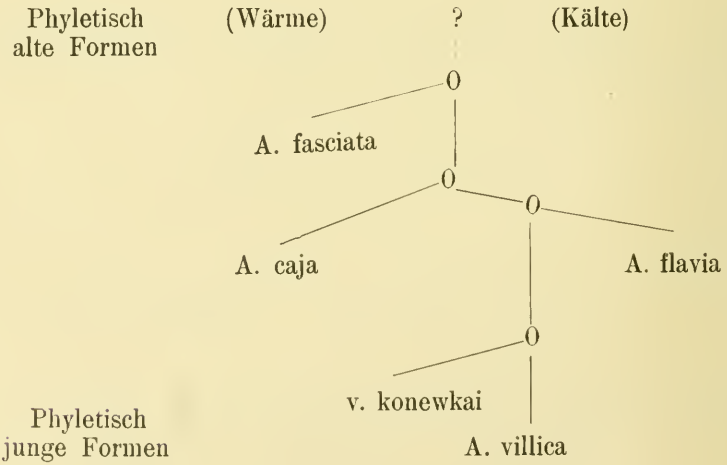


wobei A. caja aber zu höherer Entwicklung als A. flavia gelangte in all den Eigenschaften, in denen sich beide Formen ähnlich waren, während andere spezielle Eigenschaften sich auch umgekehrt verhalten konnten, wie z. B. die VZf, die Penisaufhängebänder usw.

Noch bevor die typische A. caja sich entwickeln konnte, bildeten sich zwei andere Typen. Durch Einfluß der Kälte, die aber weniger stark als bei A. flavia wirkte, entstand A. villica. Kam diese Form aber wieder in Wärme, so entstand aus ihr ein an A. caja angenäherter Typus — A. villica var. konewkai.



A. fasciata ist eine noch primitivere Form als A. caja und A. flavia, ist aber wahrscheinlich doch nicht die Form, von denen die beiden anderen herzuleiten sind, sondern eine vorher abgezweigte, durch wärmeres Klima entstandene:



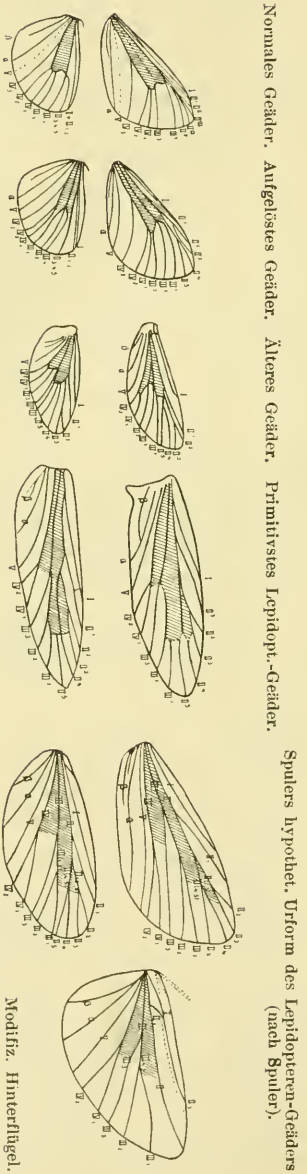
Primitiver als diese, doch in ihrer verwandtschaftlichen Lage von mir nicht zu bestimmen, sind A. testudinaria, A. aulica, A. hebe

und ferner die Arctiiden: esperi, oberthüri, intercalaris (die etwa zwischen A. fasciata und A. caja zu denken wäre) und alle die, welche reine Längsstreifung und primitive Farben haben, wie z. B. A. lichenigera, proserpina usw. Vor diesen liegen dann noch nach Spuler (L. N. 96) die Syntomidae, Nolidae, Nycteolidae und Pyralidae, welche durch die Tineidae aus den Micropterygidae entstanden zu denken sind. Die Arctiiden haben fast die höchste Stufe dieses Zweiges erreicht und stehen auf ungefähr gleicher Stufe mit den Noctuidae. Aus ihnen haben sich höchstens noch die Brephidae entwickelt. Diese Verwandtschaftsreihe stellt Spuler (L. N. 96 und 94) auf Grund des Geäders fest, also eines Merkmales, welches bei einer Art fast stets konstant ist. Er kommt aber dabei zu folgender These: „Das Geäder allein zur Basis der Systematik zu machen, geht nicht an. Es muß die Struktur der Flügel stets berücksichtigt werden; ferner für die Aufstellung der Familien alles, was an morphologischen Verhältnissen bekannt ist, wobei im allgemeinen gerade die biologisch indifferenten Charaktere die wichtigsten für die Systematik sind" (wohl weil sie durch Anpassung wenig beeinflußt und daher konstant bleiben, wie z. B. das Geäder, der Kopulationsapparat usw. KS.).

Aus diesem Grunde habe ich auch, so gut es mir die knappe Zeit und das mangelhafte Material gestattete, möglichst viele Merkmale miteinander verglichen und aus ihnen heraus die Verwandtschaftsfragen zu lösen gesucht. Überall aber ist das Geäder das sicherste Merkmal, zumal, um die Nähe der Verwandtschaft zu erkennen, wie wir es z. B. bei A. caja, flavia, villica, fasciata einerseits und A. testudinaria und aulica andererseits getan haben. In jeder dieser zwei Arctiidengruppen ist das Geäder innerhalb der Arten dieser Gruppen unverändert. Es waren diese somit nah untereinander verwandt. Die eine Gruppe hat aber ein anderes Geäder als die andere und dokumentiert dadurch eine entferntere Verwandtschaft, was außerdem auch aus der Zeichnung und Färbung zu folgern ist. W. Petersen (L. N. 71) sagt wörtlich: „Die Frage . . ., ob das Flügelgeäder . . . zu systematischen Zwecken zu benutzen sei oder nicht, werden wir unbedingt in bejahendem Sinne zu beantworten haben. Eine richtige Beurteilung des Geäders . . ., wie sie vor allem von Spuler angebahnt ist (L. N. 94), führt zu denselben Resultaten, wie wir sie aus der Betrachtung durchaus heterogener Organsysteme gewonnen haben und dieses führt uns zu dem sicheren Schlusse, daß wir im Geäder überaus wichtige Merkmale für die Aufstellung

eines natürlichen Systems besitzen, Merkmale, die wegen der unendlich viel leichteren Untersuchung zugleich von höherem praktischen Wert sind."

Um das phylogenetische Alter eines Geäders zu erkennen, achte man nach SPULER (L. N. 94) auf die Konzentration desselben. Wollen wir zu dem Zweck Textfig. 64 betrachten. Wir sehen an der SPULERschen hypothetischen Urform alle Adern isoliert und die Systeme wohl unterschieden, was besonders an dem ganz offenen (schraffierten Teil) Discoidalfeld zu erkennen ist. Je höher nun, d. h. je ausgebildeter das Geäder wird, desto mehr verschmelzen die einzelnen Systeme miteinander und desto abgeschlossener wird das Discoidalfeld. Beginnen einzelne Adern sich zu Falten zurückzubilden, so ist ein Tier, welches dieses Merkmal aufweist, nach SPULER ein bereits hochentwickeltes. Eine große Rückbildung der Endäste der Adern ist der höchste Grad der Entwicklung. Um ein Geäder daraufhin zu untersuchen und richtig zu beurteilen, muß man sich das System klar legen, wie ich es durch Auflösung des A. caja-Geäders zu tun versucht habe, d. h. ich habe überall da, wo ich etwa zwei Adern zusammengefallen



Textfig. 64. Entstehung des A. caja L.-Geäders aus einer hypotetischen, früheren Form.

wußte, diese doppelt gezeichnet und dadurch die Verwandtschaft mit dem primitiveren Geäder graphisch und übersichtlich klarzulegen versucht. Daraus sehen wir, daß A. caja auch in dieser Beziehung eine hohe Stufe der Entwicklung erreicht hat. Ehe wir nun die Arbeit schließen, will ich noch einige Fragen allgemeiner Art durchsprechen und manche Theorien daraufhin untersuchen, ob sie auf unser Studientier passen, anzunehmen oder abzulehnen sind und endlich eine Erklärung der Naturvariation der A. caja zu geben suchen.

Kapitel VII.

Allgemeiner biologischer Teil und Schluß.

In bezug auf die Resultate meiner Untersuchungen im Speziellen verweise ich auf die zusammenfassenden Übersichten am Schlusse jedes Kapitels [p. 437, 483, 495, 520, 529, 537, 555, 560—562, 564 und 583.].

Im allgemeinen wäre dagegen noch folgendes zu sagen.

Die Variationsbreite der A. caja ist eine ganz enorme, sowohl nach der Seite der Aufhellung als nach der der Verdunkelung zu. Dabei streben die ♂♂ vorwiegend dem einen, die ♀♀ dem andern Pol zu. Hier nun ist es lohnend Eimers Gesetz der Orthogenese der Prüfung zu unterziehen, inwieweit es sich auf unser Material in Anwendung bringen läßt. Zu diesem Zwecke will ich zunächst das Gesetz selbst präzise erläutern.

Prof. Dr. Plate (L. N. 77, p. 383) definiert den Begriff der Orthogenese auf Grund der Angaben Eimers wie folgt: „Orthogenese ist demnach zu definieren als eine durch äußere Faktoren veranlaßte, bestimmt gerichtete Stammesentwicklung ohne Mitwirkung der Selektion", also im Sinne einer Ektogenese. An anderer Stelle (p. 385) faßt Plate das Gesetz noch weiter; er sagt: „Orthogenesis ist eine durch äußere Faktoren veranlaßte, bestimmt gerichtete Evolution einer Art, bei der alle Individuen sich im wesentlichen verändern." Auch dann muß die Selektion völlig in den Hintergrund getreten sein, weil die natürliche Zuchtwahl stets mit individuellen Unterschieden arbeitet, welche fast nie „die Stufe der Selektionswertigkeit erreichen".

Ist es nun möglich, fragen wir uns, daß A. caja in irgendeiner Weise eine bestimmte Variationsrichtung einhält — ohne Mitwirkung der Selektion?

Eine bestimmte Richtung der Variabilität ist für die einzelnen Merkmale nicht zu erkennen. Wir kommen deshalb zu der Ansicht, daß eine Selektion in bezug auf einzelne Merkmale nicht stattfindet. Und doch sahen wir zwei ausgesprochene Tendenzen der Variabilität: erstens, an den Vorderflügeln, das Streben nach Einfarbigkeit bzw. nach Zeichnungslosigkeit, und zweitens, an den Hinterflügeln, in ganz besonders ausgeprägter Weise, das Streben nach Kontrastwirkung, d. h. nach Ausbildung der Schreckzeichnung. Diese beiden Tendenzen ließen sich auch auf dem Thorax einerseits und dem Abdomen andererseits erkennen. Diese Tendenzen zur Einfarbigkeit respektive zur Kontrastwirkung sind so auffällig, daß ein selektiver Einfluß nicht geleugnet werden kann. Zu erkennen sind sie aber nur, wenn wir die Summe aller Variationen einzelner Merkmale (Zeichnung, Bänder, Flecke, Farben usw.) in ihrer Gesamtwirkung beurteilen. Diese Tendenzen werden auf die vielseitigste Art der Variabilität einzelner Merkmale erreicht, und ist deshalb die „Orthogenese", wie Th. Eimer sie auffaßt, für unseren Fall abzulehnen.

Dagegen läßt sich für diese Variationsneigungen ohne weiteres Plates Begriff der Orthoselektion anwenden, den er wie folgt definiert (p. 386):

„Ich verstehe darunter keine besondere Art der Zuchtwahl, sondern es soll damit nur eine, auf der einmal eingeschlagenen Bahn fortschreitende Wirkungsweise der Zuchtwahl bezeichnet werden. Sie gilt nur für Anpassungen und bedeutet, daß Selektion nach einer bestimmten Richtung durch Generationen hindurch die begünstigten Individuen auswählt, den Rest eliminiert, und so langsam die betreffende Anpassung „züchtet", d. h. von Stufe zu Stufe hebt."

Wir können also annehmen, daß die obigen zwei Tendenzen der Flügelzeichnungs- und Färbungsvariation, bei anhaltend ähnlichen äußeren Einflüssen, immer einer ähnlichen Selektion unterliegen, d. h. für die nächste Zukunft dieselbe Züchtungsrichtung aufweisen werden. Wir sehen aber hier, wie gesagt, deutlich eine Selektionswirkung, was Eimers „Orthogenese" widerspricht. Wir müssen aber stets eingedenk bleiben, daß andere klimatische und sonstige Lebensbedingungen, die oft spontan auftreten und heute noch nicht vorauszusehen sind, derart das Falterkleid beeinflussen können (direkt oder indirekt, selektiv), daß trotz dieser jetzt zu konstatierenden Orthoselektion der Falter eine neue, ihm günstigere Richtung einschlagen kann.

Eimer hat auch darin nicht recht, daß er sagt: Jedes Band, jeder Fleck beginnt aus einer kleinen Anlage (phylogenetisch), aus welcher es sich nur in einer bestimmt gerichteten Linie entwickelt — ohne Einfluß der Selektion. Im Gegenteil, eine Anlage hat, wie wir sahen, die Möglichkeit in ungezählten Richtungen zu variiren, und es kommt lediglich auf die äußeren oder inneren Einflußfaktoren an, die ihrerseits regellos wechseln können — welche Richtung bei Ausbildung dieser Anlage eingeschlagen wird. Da jede Anlage für sich spezifisch auf äußere Reize reagiert (vgl. die Standfussschen Temperaturtiere), so kann man sich die Mannigfaltigkeit der Reaktion eines Anlagekomplexes vorstellen. Bleibt dagegen ein Einfluß durch die Lebenszeit einer Art gleich oder behält er eine bestimmte Richtung der Abänderung bei, so können wir gewiß in diesem Sinne eine Orthoselektion erwarten.

Es fragt sich nun, ob A. caja solchen selektiven Einflüssen unterliegen kann, d. h. ob die einzelnen Merkmale oder diese, in ihrer Gesamtwirkung selektiven Wert haben. Die Antwort darauf muß lauten: Gewiß! Wenigstens was die Gesamtwirkung anbelangt; da diese aber besonders von der Farbe, fast nicht aber von der Form einzelner Merkmale abhängt [Einfarbigkeit und Kontrastwirkung], so haben auch die Einzelmerkmale in bezug auf ihre Färbung selektiven Wert.

Die Biologie der Imago von A. caja erklärt durch die Mannigfaltigkeit der guten Anpassungsmöglichkeiten, die große Variabilität derselben und nirgends bietet sich ein Angriffspunkt für die Selektion einzelner Merkmale, mit Ausnahme von deren Färbung, wie ich eben erwähnte. Das Farben- und besonders das Zeichnungsmuster erreicht, trotz enormer Variation im einzelnen, doch seinen Zweck — als Gesamtwirkung: als Schutz- und Schreckmittel. Die Selektion wirkt also nicht auf Einzelheiten, sondern regelt den Gesamteindruck. Es werden eben die Tiere bevorzugt, die durch die Vorderflügel am besten der Umgebung angepaßt sind und — die durch die Hinterflügel am besten ihre Feinde abschrecken können. Kleine Veränderungen sind also ohne Belang für das Tier. Große Veränderungen können durch Selektion, aber nur in langen Zeiträumen entstehen, die wir selbst durch künstliche Beschleunigung der Entwicklung, wie etwa durch Temperaturversuche, nicht überbrücken können und solche sind deshalb nur mit großem Vorbehalt zu deuten.

Wir können also als vorläufige These den Satz aufstellen:

A. caja ist eine Schmetterlingsart, die in einzelnen Merkmalen auf vielseitigste, richtungslose Art variiert. Die Summe aber der Einzelmerkmale ergibt einen Gesamteindruck, der dem Gesetz der Orthoselektion, nicht aber dem der Orthogenese unterliegt. Hierbei schlagen die Vorderflügel einen von den Hinterflügeln entgegengesetzten Weg ein.

Kurz bemerken will ich noch, daß ich eine sexuelle Zuchtwahl bei A. caja für ausgeschlossen halte, da die Copula zweier Individiuen äußerst wahllos, leicht und schnell vor sich geht.

Interessant ist es noch, die Gründe der Variabilität unseres Versuchstieres zu erforschen, oder besser gesagt, zuzusehen, inwieweit die Biologie der A. caja (inklusive der holomethabolen Metamorphose) Veranlassung zu der gewaltigen Variationsbreite dieses Falters geben kann. Zuvor aber noch einige Worte über die Art der Variation [verschiedener Falter] selbst:

Alle in größerer Individuenzahl untersuchten Schmetterlingsarten variieren. Nur wenige Arten, ich erinnere unter anderem an den Kosmopoliten Vanessa polychloros L., sind unter allen Klimaten fast konstant. Solche Arten hat man stabile Arten genannt. Die übrigen sind dann unter dem Namen: labile Arten zusammengefaßt worden. Mit dieser Unterscheidung hat man sich bisher begnügt. Ich möchte aber auf einen Unterschied aufmerksam machen, der sich innerhalb der labilen Arten zeigt. Die labilen Falterarten variieren in sehr verschiedenem Maße: einige in sehr engen, einige in sehr weiten Grenzen. Alle aber infolge irgendwelcher Einflüsse, unter denen die klimatischen, und besonders die der Temperaturen, die ausschlaggebensten sind. Manche Falterarten, und zwar die meisten, reagieren auf natürlichen Klimawechsel, wie er für jede noch so enge Lokalform in Betracht kommt — fast gar nicht, und nur stärkere Einflüsse rufen eine Umformung des Falterhabitus hervor. Solche Formen sind also relativ unempfindlich gegen Reize. Zu diesen gehören viele Vanessen und einige andere Tag- und Nachtfalter. Andere Arten reagieren leichter, doch ist es hierbei schwer diese gegen jene abzugrenzen, und wir wollen deshalb beide Typen schlechthin mit: sensible Formen bezeichnen. Endlich gibt es Falterarten, und dazu gehören vor allem die Arctiiden, die Papilioniden, Parnassier u. a. m., die auf jeden, noch so kleinen Einflußwechsel, auch innerhalb einer Lokalform, sofort reagieren, und zwar in

auffallender, jedem Laien sichtbaren Weise. Diese Formen will ich mit dem Namen: hypersensible Formen belegen.

A. caja gehört also unzweifelhaft zu den hypersensiblen Formen. Sehen wir nun zu, ob die Biologie dieses Falters nicht die Veranlassung zu dieser Hypersensibilität gibt.

Wir wissen, daß die Imago eines Falters durch irgendwelche Einflüsse ihr Habitus nicht mehr ändert. Alle Varianten der Imago, sofern sie nicht Erbmerkmale zeigen, rühren aber von Einflüssen her, die irgendein vorimaginales Stadium der Tiere trafen. Deshalb sind es vorwiegend die Vorimaginalstadien, die uns hier interessieren. Diese selbst sind fast unveränderlich. Soviel ich konstatieren konnte, zeigen weder das Ei, noch die Raupe, oder endlich die Puppe, eine bemerkenswerte Variabilität[1]). Mir ist unter nahezu 2000 normal erzogenen Raupen der A. caja, nur eine ganz kleine Variabilität der Raupe (an ca. 10 Tieren) aufgefallen, welche nur vor der zweiten Häutung zu sehen war. Wenn Merkmale, wie dieses — die Räupchen waren grünlich statt braun — am Anfang, und nur am Anfang der Entwicklung auftreten, um dann später, nach der zweiten Häutung verloren zu gehen, so sind sie, nach Spuler und Weismann und nach dem biogenetischen Grundgesetz, höchstens noch als Rekapitulationen aus alten (phylogenetischen) Zeiten anzusehen. Es hat also im Laufe der Zeit die Selektion wahrscheinlich dahin gewirkt, aus grünen Raupen braune zu machen. Diese Wirkungsreaktion ist aber schon lange beendet, denn sie ist nur noch an 5 ‰ aller Tiere, und zwar nur noch in den ersten onthogenetischen Stadien, zu erkennen. Außer dieser einen Variationserscheinung ist mir an allen vorimaginalen Stadien, unter natürlichen Lebensbedingungen — keine Variabilität zu Gesicht gekommen. Es sind wahrscheinlich alle Vorimaginalstadien sehr konstant, sie haben also schon lange einen hohen Grad der Anpassung erreicht. Um so merkwürdiger ist die große Variabilität der Imago, deren Ursachen wir zu ergründen versuchen wollen, zusehend, ob und welchen äußeren Einflüssen die Vorimaginalstadien dieses Tieres unterworfen sind, wenn man sie unter natürlichen Lebensbedingungen beläßt.

---

1) Bei Tagfaltern allerdings sollen, wie Bachmetjen zitiert, die letzten beiden Stadien auf Farben — in sich anpassender Weise — reagieren.

Das Ei der A. caja ist hellgrün und wird meist an Blättern abgesetzt, ist also schwer sichtbar, d. h. gut angepaßt.

Die Raupe ist polyphag. Es ist aber fast ganz allgemein festgestellt, daß die Nahrung der Raupen verändernd, weder auf das Raupen- (bei Nachtfaltern) noch auf das Falterkleid wirkt. Dagegen ist die Raupe dicht behaart und dunkel, sie wird schwer gesehen, da sie am Boden im Grase lebt und, wie Schröder (L. N. 87) nachweist, wie alle stark behaarten Raupen, nur ungern gefressen. Eine Auslese kann also schwer einsetzen, und alle Varianten haben die gleichen Chancen sich fortzuentwickeln. Ferner überwintern die Raupen, und sind damit allein schon gewaltigen Temperaturschwankungen ausgesetzt und das sensible Stadium der Puppen fällt ins Frühjahr, also in eine Zeit immens wechselnder klimatischer Faktoren. Da auch die Art des Verpuppungsortes wechselt, damit aber auch die Wirkung der Sonne, des Regens usw. — so wäre hiermit Grund genug für die enorme Variationsbreite der Imago gegeben, während andererseits, wie ich nochmals betone, die Auslese kaum einsetzen kann. Sie ist zwar am ersten Vorimaginalstadium, dem Ei, nicht zu leugnen; Einflüsse aber auf so junge Stadien der Entwicklung ziehen keine Veränderungen der Imago nach sich — wenigstens ist dergleichen noch nicht experimentell nachgewiesen.

Sehen wir nun einerseits in der Biologie der Vorimaginalstadien die gewaltige Variabilität der Imago begründet (denn Einflüsse auf die vorimaginalen Stadien, von der Intensität, wie ich sie schilderte, rufen gewiß die verschiedenartigsten Veränderungen der Imago hervor), so sehen wir andererseits, durch das Fehlen der Selektion, jede regelnde, in Variationsrichtungen zwingende Gewalt fehlen. Somit ist die Hypersensibilität, wenn auch nicht physiologisch, so doch biologisch erklärt. Denn ich nehme an, daß nur die Selektion es bewirkt, daß viele Falterarten, wie z. B. alle nur sensible Arten, wenige Varianten besitzen oder überhaupt schwer variieren, d. h. selektiv gefestigte Merkmale führen. Physiologisch die Hypersensibilität zu erklären muß ich anderen, berufeneren überlassen.

Ein paar Worte über die Verbreitung der A. caja wären hier noch am Platz.

A. caja ist eine Art von sehr weiter geographischer Verbreitung. Trotzdem kennen wir von ihr nur eine scharf begrenzte Lokalform: var. wiskotti, die wohl als typische Wärmeform

aufzufassen ist. Eine andere als selbständige Abart gezählte: var. americana hat dagegen in allen anderen Gebieten des Vorkommens der Stammart ihre Vertreter, ist also nicht eigentlich das, was man mit Lokalform bezeichnen kann. Die sogenannte Labradorform, die ich früher erwähnte, ist als Aberration aufzufassen.

Var. wiskotti allerdings beweist uns, daß eine langanhaltende, gleichgerichtete Klimawirkung eine bestimmte Form erzielen kann, wobei vielleicht auch eine Selektion mitspielt. Wir sahen, daß Temperaturen das Falterkleid beeinflussen, und wollen diese Wirkung auch hier noch einmal mit Standfussschen Worten [1]) rekapitulieren:

1. Tiere aus heißen Zonen werden durch Kälte progressiv entwickelte Zukunftsformen.

2. Tiere aus kalten Zonen werden durch Kälte regressive Rückschlagsformen.

3. Tiere aus heißen Zonen werden durch Wärme regressive Rückschlagsformen.

4. Tiere aus kalten Zonen werden durch Wärme progressive Zukunftsformen.

Es wäre hiernach var. wiskotti eine realisierte Zukunftsform, da A. caja ein Tier aus kalten Zonen ist und durch Wärme var. wiskotti ergibt (vgl. Standfusssche Wärmetiere).

Außer dieser einen Variation haben wir von A. caja keine weiteren, typischen Lokalformen. Eine geographische Variabilität, infolge klimatischer Reize, ist bei A. caja also sehr gering.

Nunmehr läßt sich unsere oben angeführte These weiter ausbauen. Sie lautet:

A. caja ist eine hypersensible Lepidopterenart. Die Hypersensibilität erklärt sich aus der Biologie der vorimaginalen Stadien der Art. Ihr Kleid ist allen Situationen gut angepaßt und variiert daher fast ohne selektiven Eingriff in gewaltiger Breite. Die Selektion wirkt — in Form einer Orthoselektion — nur in bezug auf die Gesamtwirkung, der im einzelnen sehr verschiedenen Merkmale. Sie begünstigt die Ausbildung einer Schutzfärbung der Vorderflügel und einer Schreckfärbung der Hinterflügel. Die geographische Variabilität der A. caja ist hingegen sehr gering.

Ehe ich nun die Arbeit schließe, möchte ich noch ein paar Worte über die Eimersche Elfbindentheorie sagen und zusehen, wie weit dieselbe auf die Arctiiden in Anwendung zu bringen ist.

---

1) Standfuss, Prof. Dr. M., „Experimentelle zoolog. Studien“ 1898.

Der daraus gezogene Schluß wird die obige These noch komplettieren und unsere Ansicht erhärten, daß A. caja eine sehr hohe Stufe der Entwicklung erreicht hat.

Th. Eimer (L. N. 10) fand, an Papilioniden arbeitend, daß die Zeichnung aller Lepidopteren sich aus einem Elfbindenschema ableiten läßt. Auf diese Ansicht mich stützend, suchte ich nun bei A. caja, die, wie ich bereits früher sagte, nur sieben Binden erkennen läßt, nachzuforschen, welche Binden etwa phylogenetisch aus mehreren zusammengesetzte seien. Unter meinen A. caja-Varianten fand ich nur eine einzige (Philipps, Köln), deren Band *E* an der Diskodialquerader der Länge nach vom Grundfarbenband durchbrochen war. Band *E* ist also ein zusammengesetztes, welches aus zwei, bei Eimer mit *V* und *VI* bezeichneten, Längsbändern entstanden ist. Bei nahverwandten Arten aber, die im übrigen primitiver als A. caja sind: A. spectabilis, Ocnogyna bellieri, gruneri, Micrarctia cervini u. a. m., fand ich neben diesem Merkmal auch noch eine Längsspaltung des Bandes *F* bei F_1 und F_2, welches sich somit auch, als ein zusammengesetztes dokumentierte, und sich nach Eimer aus den Bändern *III* und *IV* gebildet haben mag. Bei manchen Varianten dieser Arten fand ich auch eine solche Verdoppelung des Bandes *G*, welches somit aus den Eimerschen Längsbinden *I* und *II* besteht, und endlich in einem einzigen Falle, glaubte ich auch am Bande *A* eine Auflösung konstatieren zu können.

Vergleichen wir nun die Eimersche mit meiner Bandnomenklatur:

Band	*A*	entspricht	nach	Eimer	den	Bändern:	*XI* + *X*
„	*B*	„	„	„	„	„	*IX*
„	*C*	„	„	„	„	„	*VIII*
„	*D*	„	„	„	„	„	*VII*
„	*E*	„	„	„	„	„	*VI* + *V*
„	*F*	„	„	„	„	„	*IV* + *III*
„	*G*	„	„	„	„	„	*II* + *I*

Also — auch die sieben A. caja-Zeichnungsbänder lassen sich auf die 11 Eimerschen zurückführen, und da alle Tiere, die mehr als sieben Bänder haben primitivere Tiere als A. caja sind, so können wir sagen:

Je mehr die Bänder seitlich miteinander verschmelzen, d. h. je kleiner die Anzahl der Längsstreifen, desto höher die Art.

A. caja ist also eine hochstehende Art.

Somit habe ich nun meine Aufgabe, die Variabilität der A. caja festzustellen und daraus ihre Stellung innerhalb der Arctiidengruppe, so gut oder so schlecht wie es ging, beendet. Alle meine Schlüsse, ausgenommen die, die sich auf anatomische Untersuchungen stützen, sind aus einem großen Material gefunden und haben daher Anspruch auf Gültigkeit. Besonderen Wert habe ich darauf gelegt zu zeigen, daß eine Orthogenese im Eimerschen Sinne in unserem Falle nicht nachweisbar ist und außerdem zu zeigen, wie vorsichtig man sein muß, bei der Präzisierung neuer Varianten und vor allem deren Benennung. Gerade in letzter Zeit wird darin viel gesündigt und die Systematik zum Hausierartikel degradiert, um unter der „Fabrikmarke des Namenschöpfers", diesem billigen Ruhm (?!) zu verschaffen. Gottlob aber finden sich schon Leute, die scharf gegen diese Unsitte protestieren, und hoffentlich dringen sie bald durch und unterbinden diese Verirrung, in welche viele unserer „Systematiker" verfallen sind.

Mit diesem Wunsche beschließe ich meine Arbeit.

Jena, den 4. September 1912.

Verzeichnis der benutzten Literatur[1]).

1) Bachmetjew, P., „Experimentelle entomologische Studien vom physikalisch-chemischen Standpunkt aus". I. Teil: „Temperaturverhältnisse bei Insekten". II. Teil: „Einfluß der äußeren Faktoren bei Insekten". Selbstverl. d. Verf., Sofia, Staatsdruckerei, 1907.

2) Böttcher, Ernst A., „Neue und wenig bekannte Arctiiden aus Turkestan." Entom. Zeitschr., Guben 1905/06, 1906/07.

3) Darwin, Charles, „Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl". Leipzig, Ph. Reclam jun.

4) Ders., „Die Abstammung des Menschen und die Zuchtwahl in geschlechtlicher Beziehung". Leipzig, Ph. Reclam jun.

5) Dorfmeister, G., „Über den Einfluß der Temperatur bei Erzeugung der Schmetterlingsvarietäten". Nat. Ver. f. Steiermark, Graz 1880. Verl. v. Verf.

6) Dufour, L., Diverse entomologische Arbeiten: Annal. sc. Natur, Ser. 3 u. 4. 1836—1843, 1844—1853.

7) Dunker, Georg, „Die Methode der Variationsstatistik". Arch. f. Entwicklungsmechanik d. Organ., Bd. VIII. Leipzig, W. Engelmann, 1899.

8) Eimer, Dr. G. H., „Orthogenesis der Schmetterlinge. Ein Beweis bestimmt gerichteter Entwicklung und Ohnmacht der natürlichen Zuchtwahl bei der Artbildung". Leipzig, W. Engelmann, 1897.

9) Ders., „Dasselbe". Vortrag vom 19. Sept. 1895 in Leyden. Leyden, Verl. E. Brill.

10) Ders., „Die Artbildung und Verwandtschaft bei den Schmetterlingen. Eine systematische Darstellung der Abänderungen, Abarten und Arten der Segelfalterähnlichen Formen der Gattung Papilio", Bd. I, 1889, Bd. II, 1895. Jena, G. Fischer.

1) Die in vorliegender Arbeit ziterte Literatur, die mir nicht selbst zugänglich war, wird in Form von Fußnoten an Ort und Stelle genannt.

11) Eimer, „Die Entstehung der Arten auf Grund von Vererben erworbener Eigenschaften nach den Gesetzen organischen Wachsens". Jena, G. Fischer, 1888.

12) Enderlein, G., „Eine einseitige Hemmungsbildung bei Telea polyphemus vom ontogenetischen Standpunkt". Zool. Jahrb., XVI, 4. Jena 1902.

13) Engramelle, R. P. und Ernst, M., „Papillons d'Europe". Tom. III u. IV, Pl. CXLII, 1782.

14) Escherich, „Über die Gesetzmäßigkeit im Abändern der Zeichnung bei Insekten". Deutsche Entom. Ztschr. 1902.

15) Esper, Ch., „Die Schmetterlinge in Abbildungen nach der Natur" mit Beschreibung von Eugenius Johann Christoph Esper. Erlangen, Verl. Wolfgang Walthers, 1777.

16) Federley, Dr. H., „Lepidopterologische Temperaturexperimente". Festschr. f. I. A. Palmén, Nr. 16.

17) Federley, Dr. H., „Dicranura vinula und ihre nordischen Rassen". Acta soc. pro Fauna et Flora Fennica, XXXIII, Nr. 9. Helsingfors 1910.

18) Fickert, Dr. C., Jahresb. d. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württemberg, Stuttgart 1897; Bericht der Sitzung des Schwarzwälder Zweigvereins in Tübingen 21. XII. 1896, Bd. LIII, p. 68 u. 69.

19) Fischer, Dr. med. E., „Experimentelle Untersuchungen über die Vererbung erworbener Eigenschaften". Aus Allg. Zeitschr. f. Entom., 1901 Bd. VI; 1902 Bd. VII; 1903 Bd. VIII. Neudamm, Verl. Neumann,

20) Ders., „Transmutation der Schmetterlinge infolge Temperaturveränderungen". (Experimentelle Untersuchnngen über die Phylogenese der Vanessen.) Berlin, R. Friedländer & Sohn, 1895.

21) Ders., „Neue experimentelle Untersuchungen über das Wesen und die Ursachen der Aberrationen in der Faltergruppe Vanessa". Berlin, R. Friedländer & Sohn, 1896.

22) Ders., „Lepidopterologische Experimentalforschungen". Teil I: Allg. Zeitschr. f. Entom., Bd. V. Teil II: „Kritische Abhandlungen über die Ursachen und das Wesen der Kältevarietäten". Allg. Zeitschr. f. Entom., Bd. VI. Teil III: do., Bd. VIII, 1903, Nr. 12—17.

23) Ders., „Beiträge zur experimentellen Lepidopterologie". Teil I—XII: Intern. Zeitschr. f. Entom., Bd. II—V. Neudamm 1899.

24) Ders., „Experimentelle kritische Untersuchungen über das prozentuale Auftreten der Vanessenaberrationen". Soc. ent. 1899, Heft 22 u. 23; 1901, Heft 7 und 8.

25) Forel, Dr. A., „Das Sinnesleben der Insekten". München, Ernst Reinhardt, 1910.

26) Friedmann, F., „Über die Pigmentbildung in den Schmetterlingsflügeln". Arch. f. mikr. Anat. u. Entwicklungsgesch., 1899, Bd. LIV, Heft 1.

27) Frinks, C., „Experimente mit erniedrigter Temperatur im Jahre 1897". Soc. ent. XIII, Nr. 5—10, 1898.

28) Ders., „Experimente mit erniedrigter Temperatur im Jahre 1898". Soc. ent. XIV, Nr. 6—9, 1899.

29) Ders., „Experimente mit erniedrigter Temperatur im Jahre 1899". Soc. ent. XV, Nr. 4—5, 1900.

30) Ders., „Temperaturverhältnisse im Jahre 1900." Nr. 3—6, 1901.

31) Ders., „Bericht über die Temperaturexperimente im Jahre 1901". XVII, Nr. 2—9, 1902.

32) Ders., „Temperaturversuche im Jahre 1902". XVIII, Nr. 1—3, 1903.

33) Ders., „Bericht über meine Temperaturversuche in den Jahren 1903—1904". XIX, Nr. 18—23, 1905.

34) Ders., „Aufhebung des sexuellen Färbungsdimorphismus durch Einwirkung abnormer Temperaturen bei Lepidopteren". Bonn.

35) Goldschmidt, R., „Einführung in die Vererbungswissenschaft". 1911, p. 22—24. Leipzig, W. Engelmann.

36) Glaser, F., „Varietätenbildung bei A. caja durch Inzucht". Berlin. Entom. Zeitschr. 1908, LIII.

37) Gross, Dr. I., „Über einige Beziehungen zwischen Vererbung und Variation". Biol. Zentralbl., Bd. XXVI, p. 395, 508 u. 545. Leipzig, Verl. Georg Thieme, 1906.

38) Gruber, M. v. u. Rüdin, E., „Fortpflanzung, Vererbung, Rassenhygiene". 2. Aufl. München, J. F. Lehmann.

39) Günther, S., „Geschichte der Naturwissenschaften". Leipzig, Philipp Reclam jun.

40) Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Bd. I u. IV. Jena, Gustav Fischer, 1912.

41) Hasebrock, K., „Wie und was muß insbes. der Schmetterlingssammler sammeln, züchten und beobachten, um seinen Fleiß der Wissenschaft nutzbar zu machen". Hamburg.

42) Hertwig, Osk., „Allgemeine Biologie." 2. Aufl. des Lehrbuchs: Die Zelle und die Gewebe. Jena, Gustav Fischer, 1906.

43) Holland, W. I., „The Moth Book". A popular Guide to a Knowledge of the Moth of North America. Newyork Doubleday, Page & Comp., 1903.

44) Hübner, „Sammlung europäischer Schmetterlinge". Bd.: Sphinges & Bombyces, Taf. 71, 61, 30.

45) Jordan, G., „Der Gegensatz zwischen geographischen und nichtgeographischen Variationen". Leipzig, W. Engelmann, 1905.

46) Kirby, W. F., „A sinoymig Catalog of Lepidopt.-Heterocera." Berlin, Friedländer, 1892.

47) Kosminsky, Peter, „Einwirkung äußerer Einflüsse auf Schmetterlinge". Zool. Jahrb. 1909, Abt. f. Syst., Bd. XVII, Heft 4.

48) Kosminski, Peter, „Weitere Untersuchungen über die Einwirkung äußerer Einflüsse auf Schmetterlinge". Zool. Jahrb. 1909, Abt. f. allg. Zool., Bd. XXX, Heft 3.

49) Krodel, E., „Durch Einwirkung niederer Temperaturen auf die Puppenstadien erzielte Variationen von Lycaena-Arten: corydon, poda und damon, Schiff". Allgem. Zeitschr. f. Entom. 1904, Bd. IX, Nr. 3/4, 5/6, 7/8.

50) Kusnezow, N. I., „Zur Frage über Lichtexperimente mit Lepidopteren". Zeitschr. f. wiss. Insektenbiologie.

51) Ders., Zur Frage über die Bedeutung der Färbung der Hinterflügel der Catocala-Arten". Biol. Zentralbl. 1906, Bd. XXVI, p. 630. Leipzig, Georg Thieme.

52) Lang, Arnold, „Lehrbuch der vergleichenden Anatomie", Bd. II, p. 452. Jena, Gustav Fischer, 1889.

53) Linden, Gräfin M. v., „Morphologische und physiologisch-chemische Untersuchungen über die Pigmente der Lepidopteren", Bd. I: „Die gelben und roten Farbstoffe der Vanessen". Arch. f. d. ges. Physiologie der Menschen u. d. Tiere, Bd. XXVIII. Heft 1 u. 2. Bonn, E. Strauß.

54) Dies., „Der Einfluß des Stoffwechsels der Schmetterlingspuppe auf die Flügelfärbung und Zeichnung des Falters". Arch. f. Rassen- u. Gesellsch.-Biol. 1904, Jahrg. 1, Heft 6.

55) Dies., „Morphologische und physiologische Ursachen der Flügelzeichnung und -färbung der Insekten mit besonderer Berücksichtigung der Schmetterlinge". Verh. d. V. Intern. Zool.-Kongr. Berlin 1901, p. 831 u. 838.

56) Dies., „Zusammenfassende Darstellung der experimentellen Ergebnisse über den Einfluß der Temperatur während der Puppenentwicklung auf die Gestaltung, Färbung und Zeichnung der Schmetterlinge". Zool. Zentralbl. 1902, 9. Jahrg., Nr. 19/20.

57) Dies., „Versuche über den Einfluß äußerer Verhältnisse auf die Gestaltung der Schmetterlinge". Ill. Zeitschr. f. Enthom. 1899, Bd. IV.

58) Dies., „Le dessin des ailes des lepidoptéres". Sciences natur. zool. 1902, 8 sér., Tome XIV.

59) Dies., „Morphologische und physiologische Untersuchungen über die Pigmente der Lepidopteren". Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. XCVIII, p. 1—89.

60) Dies.,„Untersuchungen über die Veränderungen der Schuppenfarben während der Puppenentwicklung von Papilio podalirius. — Die Veränderungen der Schuppenformen durch äußere Einflüsse". Biol. Zentrabl., Bd. XXVI, p. 580—600, Georg Thieme, Leipzig 1906.

61) Merrifield, Frederic, „Report of Progress in Pedigree Mothbreeding". Transaction of the Entomological Society of London 1888.

62) Merrifield, „Incidental observations in Pedigree Mothbreeding". Transactions of the Enthomological Society of London 1889.

63) Ders., „Systematic temperature experiments on some Lepidoptera in all Their Stage". Transactions of the Entomological Society of London 1890.

64) Ders., „The effects of temperatur in the Pupal Stage on the Colouring of P. napi, V. atalanta etc". Transactions of the Entomological Society of London 1893, p. 55.

65) Milliere, P., „Iconographie et description de chenilles et lepidopteres". Tome II, Liv. 11, Pl. 53, Fig. 6 u. 7 F. Savy Paris 1864.

66) Niepelt, W., „Seltene Aberrationen von A. caja und A. villica". Berliner Enthom. Ztschr. 1908, LIII.

67) Nüsslin, Otto, Prof. Dr., „Phylogenie und System der Borkenkäfer". Zeitschr. f. wiss. Insektenbiologie 1911, Verl. Dr. Chr. Schröder, Bd. VII, Heft 1—12; 1912 Bd. VIII, H. 1—3.

68) Oberthür, Études d'Entomologie: „Description d'Insectes nouveaux ou peu connus". Tome XX, p. 60—66. Pl. 13—15. Rennes, Selbstverl., 1896.

69) Pagenstecher, Dr. A., „Die geographische Verbreitung der Schmetterlinge". Jena, Gustav Fischer, 1809.

70) Peter, Karl, „Neue experimentelle Untersuchungen über die Größe der Variabilität und ihre biologische Bedeutung". Arch. f. Entw. Mech. d. Organismen, Bd. XXXI, Heft 4. Leipzig, W. Engelmann.

71) Petersen, W., „Beiträge zur Morphologie der Lepidopteren". Mémoires de l'Acad, Imp. des sciences de St. Pétersbourg, 1900, T. IX, Nr. 6, Série VIII.

72) Philipps, Dr. F., „Über Gaswirkung auf Puppen". Entom. Zeitschr., Jahrg. VIII. Guben.

73) Piepers, M. C., „The Evolution of Colour in Lepidoptera." Leyd. Mus. XII, 1899.

74) Ders., „Die Farbenevolution (Phylogenie der Farben) bei den Pieriden." Nederlandsche Dierkundige Vereenigung (2), Deel V. Leyden, Brill, 1898.

75) Pictet, Arnold, „Des Variations des Papillons provenant des changements d'alimentation de leur chenilles et de l'humidité." VI Congr. International Zoolog. C. R. Se'anc., 1904, p. 498—508.

76) Ders., „Sur le dévelopment aérien des ailes des Lepidoptéres". Arch. sc. phys. et nat., T. VII, Nr. 3. Genève 1899.

77) Plate, Prof. Dr. Ludwig, „Selections-Prinzip und Probleme der Artbildung". 3. Aufl. Leipzig, W. Engelmann, 1908.

78) Poulton, B., „Experimenteller Beweis, daß Farben gewisser Schmetterlingslarven wesentlich von umgewandelten Pflanzenpigmenten, die der Nahrung entstammen, herrühren." Proceed. Royal. Soc. 1894, Vol. LIV.

79) Prochnow, Oskar, „Über die Färbung der Lepidopteren". Ein Beitrag zur Deszendenztheorie. Entom. Zeitschr. 1906, Jahrg. XX, Nr. 1.

80) Roepke, Walter, „Ergebnisse anatomischer Untersuchungen am Standfussschen Lepidopteren-Bastarden". Jena, Gustav Fischer, 1908.

81) Rosa, Daniele, „E Lamarkismo". Bulletino della societa entomologica italiana, XLIII, p. 39.

82) Ders., „Die progressive Reduktion der Variabilität und ihre Beziehung zum Aussterben und Entstehen der Art". Turin, Clausen, 1899.

83) Schallmayer, Dr. W., „Vererbung und Auslese". 2. Aufl. Jena, Gustav Fischer, 1912.

84) Schenk, Dr. Otto, „Die antennalen Hautsinnesorgane einiger Lepidopteren und Hymenopteren, mit besonderer Berücksichtigung der sexuellen Unterschiede". Zool. Jahrb., Abt. f. Anatomie, Bd. XVII, Heft 3, p. 573. Jena, Gustav Fischer, 1903.

85) Schröder, Dr. Chr., „Die Zeichnungsvariabilität von Abraxas grossulariata L.", gleichzeitig ein Beitrag zur Deszendenztheorie. Allg. Zeitschr. f. Entom. 1903, Bd. VIII.

86) Ders., „Die Variabilität von Adalia bipunctata L.," gleichzeitig ein Beitrag zur Deszendenztheorie. Allg. Zeitschr. f. Entom., 1901/02, Bd. VI und VII.

87) Ders., „Die Entwicklung der Raupenzeichnung und Abhängigkeit von der Farbe der Umgebung". Berlin, Friedländer & Sohn, 1894.

88) Ders., „Kritik der von Herrn Dr. E. Fischer (Zürich) aus seinen — „Lepidopterologischen Experimental-Forschungen" — gezogenen Schlüssen auf Grund einer neuen Erklärung des Wesens derselben". Allg. Zeitschr. f. Entom. 1903, Bd. VIII. Neudamm.

89) Ders., „Zur Tatsache der Schutzfärbung". Allg. Zeitschr. f. Entom., Bd, I, p. 567.

90) Ders., „Experimentaluntersuchungen bei den Schmetterlingen und deren Entwicklungszuständen" III. Wochenschr. f. Entom. 1896, Bd. I, p. 181—184.

91) Ders., „Das Anpassungsvermögen der Raupen an ihre Futterpflanzen". Insektenbörse 1895, p. 59—61.

92) Seitz, Dr. A., „Paläarkten". Bd. I, Lief. 70, p. 98.

93) Spengel, Dr. I. W., „Über einige Aberrationen von Papilio machaon". Zool. Jahrb., Abt. f. Syst., Separatum 1899. Jena, Gustav Fischer.

94) Spuler, Dr. A., „Zur Phylogenie und Ontogenie des Flügelgeäders der Schmetterlinge". Separatabdruck aus Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. LIII, Heft 4. Leipzig, W. Engelmann, 1892.

95) Spuler, Dr. A., „Diskussion zu M. Gräfin v. Lindens: Morphologische und physiologische Ursachen der Flügelzeichnung und -färbung der Insekten mit besonderer Berücksichtigung der Schmetterlinge". Verh. V. Intern. Zool.-Kongr., Berlin 1901.

96) Ders., „Die Schmetterlinge Europas". Bd. I u. II. Stuttgart, Verl. E. Schweizerbart, 1908.

97) Ders., „Beitrag zur Kenntnis des feineren Baues und der Phylogenie der Flügelbedeckung der Schmetterlinge." Zool. Jahrb., Abt. f. Anatom., Bd. VIII. Jena, Gustav Fischer, 1895.

98) Standfuss, Dr. M., „Experimentelle zoologische Studien mit Lepidopteren". Zürich, Zürcher u. Furrer, 1898.

99) Ders., „Die Umgestaltung der Schmetterlinge durch Temperaturexperimente". Meyers großes Konversationslexikon, Bd. XXI, 6. Aufl.

100) Ders., „Zur Frage der Gestaltung und Vererbung". Separatum nach dem Vortrage in der Züricher Naturforschenden Gesellschaft am 13. Januar 1902. Zürich, H. Grapentien, 1905.

101) Ders., 1. „Beispiele von Schutz- und Trutzfärbung", 2. „Arctia villica L, und deren var. konewkai Fr." Mitt. d. schweiz. entom. Ges., Bd. XI, Heft 1 u. 10, p. 155 u. 245. Bern, Verl. Körber, 1903 u. 1909.

102) Ders., „Zur Frage der Gestaltung und Vererbung auf Grund 28jähriger Experimente" (vgl. 104). Leipzig, Frankenstein & Wagner, 1902.

103) Ders., „Über die Gründe der Variation und Aberration des Falterstadiums bei den Schmetterlingen mit Ausblicken auf die Entstehung der Arten". Leipzig, Frankenstein & Wagner, 1894 und Entom. Zeitschr., Guben Nr. 20, 1895.

104) Ders., „Die Resultate 30jähriger Experimente mit Bezug auf Artenbildung und Umgestaltung in der Tierwelt". Verh. d. schweiz. Naturforschenden Gesellschatf. Luzern 1905.

105) Ders., „Der Einfluß der Umgebung auf die äußere Erscheinung der Insekten". Leipzig, Insektenbörse; Frankenstein & Wagner, 1904.

106) Ders., „Handbuch der paläarktischen Großschmetterlinge für Forscher und Sammler". 2. Aufl. Jena, Gustav Fischer.

107) Ders., „Zur Frage der Unterscheidung der Arten bei Insekten." Sonderabdruck der Entom. Zeitschr. Guben, H. Scholz, 1903.

108) Ders., „Gesamtbild der bis Ende 1898 an Lepidopteren vorgenommenen Temperatur- und Hybridationsexperimente." Insektenbörse, Jahrg. XVI, Heft 1—12, p. 2—68.

109) Steinmann, Dr. Gustav, „Einführung in die Paläontologie". 2. Aufl. Leipzig, W. Engelmann, 1907.

110) Staudinger u. Rebel, „Katalog der Lepidopteren des paläarktischen Faunengebietes". Berlin, Friedländer & Sohn, 1904.

111) „The Naturalist's Journal and Naturalist's Guide". The monthly Organ of the Öconomie and Eductional Museum, Huddersfield. Edition S. L. Mosley F. E. S. 1896, Vol. V u. VI.

112) Urech. F., „Beiträge zur Kenntnis der Farbe von Insektenschuppen". Zeitschr. f. wiss. Zool., 1894, Bd. LVII.

113) Ders., „Beobachtungen über die verschiedenen Schuppenfarben und die seitliche Sukzession ihres Auftretens auf den Puppenflügelchen von Van. urticae und Van. io." Zool. Anz. 1891, Nr. 380.

114) Vries, de, „Die Mutationen und die Mutationsperioden bei der Entstehung der Arten". Leipzig 1901.

115) Bemelen, van, „Über die Entstehung der Farben und Adern auf den Schmetterlingsflügeln". Tijdschrift der Nederlandsche Dierkundige Vereenigung, 2. Serie, Deel II, Aplevering 4.

116) Weismann, August, „Vorträge über Deszendenztheorie, gehalten an der Universität Freiburg i. Br." Jena, Gustav Fischer, 1902.

117) Ders., „Über den Saison-Dimorphismus der Schmetterlinge". Leipzig, W. Engelmann, 1895.

118) Ders., „Neue Versuche zum Saison-Dimorphismus der Schmetterlinge". Zool. Jahrb. 1895, Abt. f. Syst., Bd. VIII.

119) Wiedersheim, „Grundriß der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere". 6. Aufl. Jena, Gustav Fischer, 1906.

120) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. XXI: „Beobachtungen über die Bildung der Flügel, Schuppen und Haare bei Lepidopteren".

121) Ziegler, Dr. H., „Die Vererbungslehre in der Biologie". Jena, Gustav Fischer, 1905.

Erklärung der Tafelabbildungen.

Tafel XVIII.

Schematische Sonderung aller A. caja-Falter in bezug auf Farbennuancen.

Tafel XIX.

Wiedergabe einer Reihe von Freiland-Varietäten und Aberrationen von A. caja L.

Tafel XX.

Pilzsche Sammlung: Tabelle der Vorderflügel-Oberseite mit eingetragenen Formeln der Hinterflügel-Oberseite, nebst Stückzahlangabe und Geschlecht.

Tafel XXI.

Pilzsche Sammlung: Tabelle der Hinterflügel-Oberseite mit eingetragenen Formeln der Vorderflügel-Oberseite nebst Stückzahlangabe und Geschlechtsbestimmung.

Tafel XXII.

Tabelle der Vorderflügelformeln mit eingetragenen Leibformeln, Geschlecht und Stückzahl aller Arctia caja L.

Tafel XXIII.

Tabelle der Hinterflügelformeln mit eingetragenen Leibformeln, Geschlecht und Stückzahl aller Arctia caja L.

Druck von Ant. Kämpfe in Jena.

1.

Schulterdecke . . . . . o
Behaarung . . . . . —
Vorderflügel Grundfarbe . . p
„ Zeichnungsfarbe w
Hinterflügel Grundfarbe . . —h
„ Zeichnungsfarbe . s
„ Gelbrand . . . or

2.

Schulterdecke . . . . . .
Behaarung . . . . . —
Vorderflügel Grundfarbe . .
„ Zeichnungsfarbe
Hinterflügel Grundfarbe . .
„ Zeichnungsfarbe b
„ Gelbrand . . .

5.

Schulterdecke 2
Behaarung 1
Vorderflügel Grundfarbe . . —g
„ Zeichnungsfarbe B
Hinterflügel Grundfarbe . . +z
„ Zeichnungsfarbe bs
„ Gelbrand . . r

6.

Schulterdecke . . . . . .
Behaarung . . . . . .
Vorderflügel Grundfarbe . .
„ Zeichnungsfarbe
Hinterflügel Grundfarbe . .
„ Zeichnungsfarbe b
„ Gelbrand . . . —

3.

Schulterdecke		1
Behaarung		1
Vorderflügel	Grundfarbe	wg
„	Zeichnungsfarbe	H
Hinterflügel	Grundfarbe	+h
„	Zeichnungsfarbe	bs
„	Gelbrand	or

4.

Schulterdecke		1
Behaarung		1
Vorderflügel	Grundfarbe	c
„	Zeichnungsfarbe	H
Hinterflügel	Grundfarbe	−z
„	Zeichnungsfarbe	bs
„	Gelbrand	−r

7.

Schulterdecke		3
Behaarung		+
Vorderflügel	Grundfarbe	−g
„	Zeichnungsfarbe	D
Hinterflügel	Grundfarbe	−d
„	Zeichnungsfarbe	b
„	Gelbrand	+r

8.

Schulterdecke		4
Behaarung		+
Vorderflügel	Grundfarbe	+g
„	Zeichnungsfarbe	D
Hinterflügel	Grundfarbe	+d
„	Zeichnungsfarbe	b
„	Gelbrand	+r

r in Jena

Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

1.

Schulterdecke	o
Behaarung	—
Vorderflügel Grundfarbe	p
„ Zeichnungsfarbe	w
Hinterflügel Grundfarbe	—h
„ Zeichnungsfarbe	s
„ Gelbrand	or

2.

Schulterdecke	o
Behaarung	—
Vorderflügel Grundfarbe	w
„ Zeichnungsfarbe	M
Hinterflügel Grundfarbe	h
„ Zeichnungsfarbe	bw
„ Gelbrand	or

3.

Schulterdecke	1
Behaarung	1
Vorderflügel Grundfarbe	wg
„ Zeichnungsfarbe	H
Hinterflügel Grundfarbe	+h
„ Zeichnungsfarbe	bs
„ Gelbrand	or

4.

Schulterdecke	1
Behaarung	1
Vorderflügel Grundfarbe	c
„ Zeichnungsfarbe	H
Hinterflügel Grundfarbe	—z
„ Zeichnungsfarbe	bs
„ Gelbrand	—r

5.

Schulterdecke	2
Behaarung	1
Vorderflügel Grundfarbe	g
„ Zeichnungsfarbe	B
Hinterflügel Grundfarbe	+z
„ Zeichnungsfarbe	bs
„ Gelbrand	r

6.

Schulterdecke	2
Behaarung	1
Vorderflügel Grundfarbe	g
„ Zeichnungsfarbe	B
Hinterflügel Grundfarbe	z
„ Zeichnungsfarbe	bs
„ Gelbrand	—r

7.

Schulterdecke	3
Behaarung	+
Vorderflügel Grundfarbe	—g
„ Zeichnungsfarbe	D
Hinterflügel Grundfarbe	—d
„ Zeichnungsfarbe	b
„ Gelbrand	+r

8.

Schulterdecke	4
Behaarung	+
Vorderflügel Grundfarbe	+g
„ Zeichnungsfarbe	D
Hinterflügel Grundfarbe	+d
„ Zeichnungsfarbe	b
„ Gelbrand	+r

1. ♀

2. ♂

5. ♀

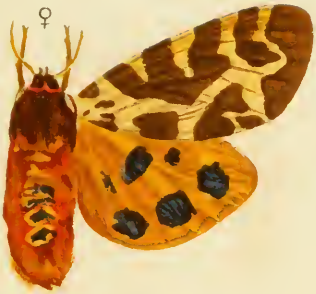
6. ♀

9. ♂

10. ♂

3.
♀

4.
♀



7.
♂

8.
♀

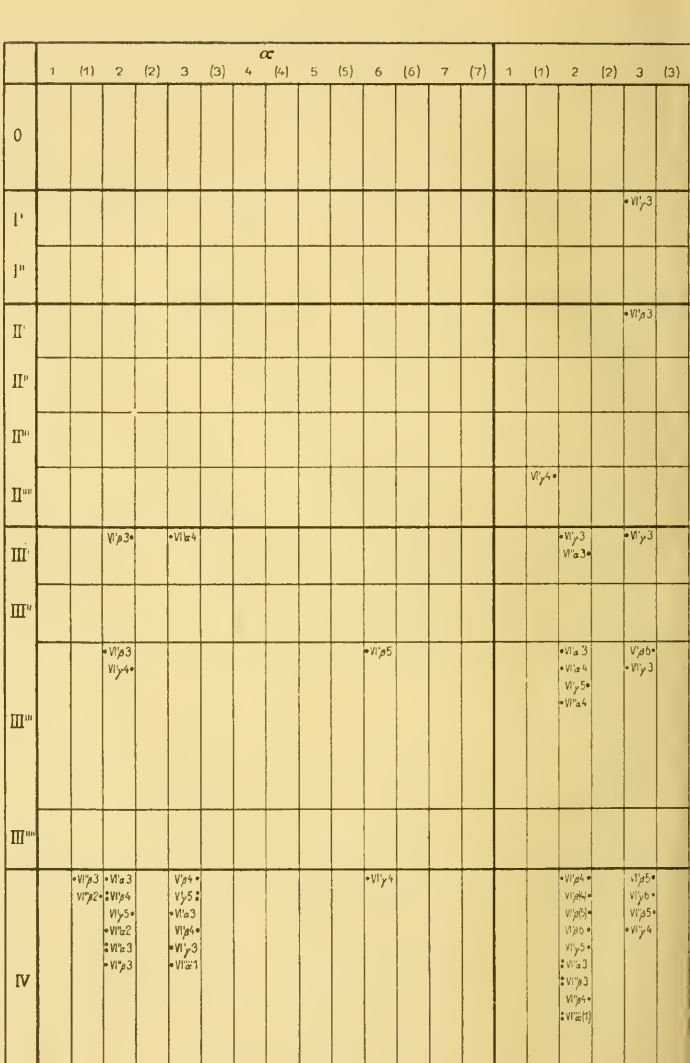
11.
♀

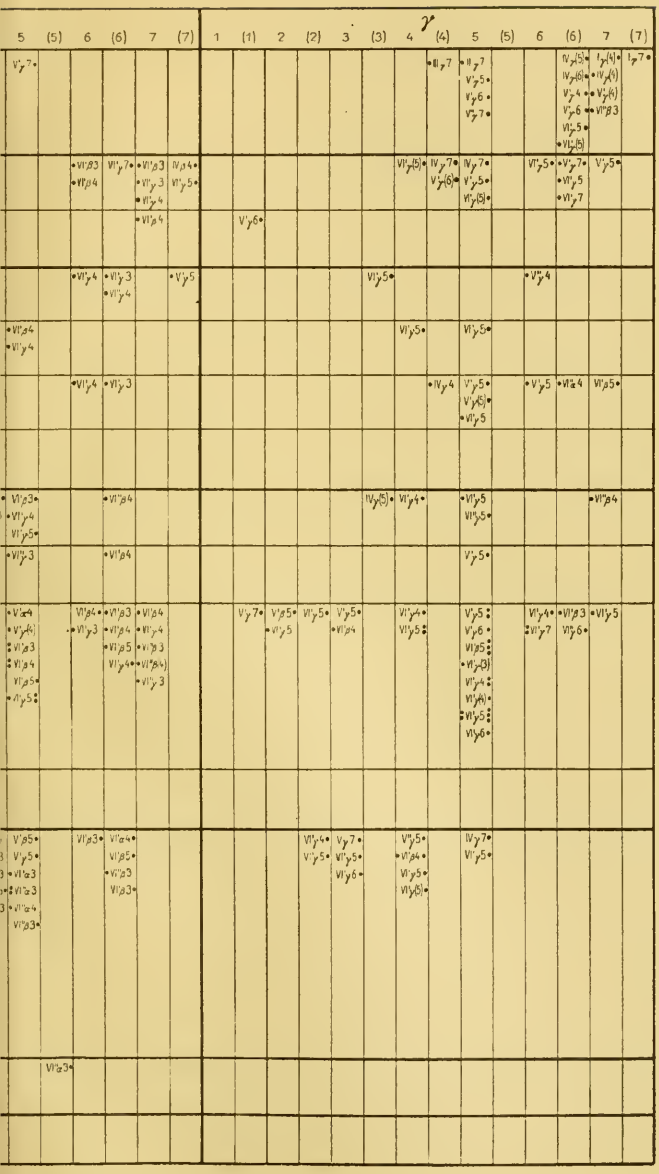
12.
♀

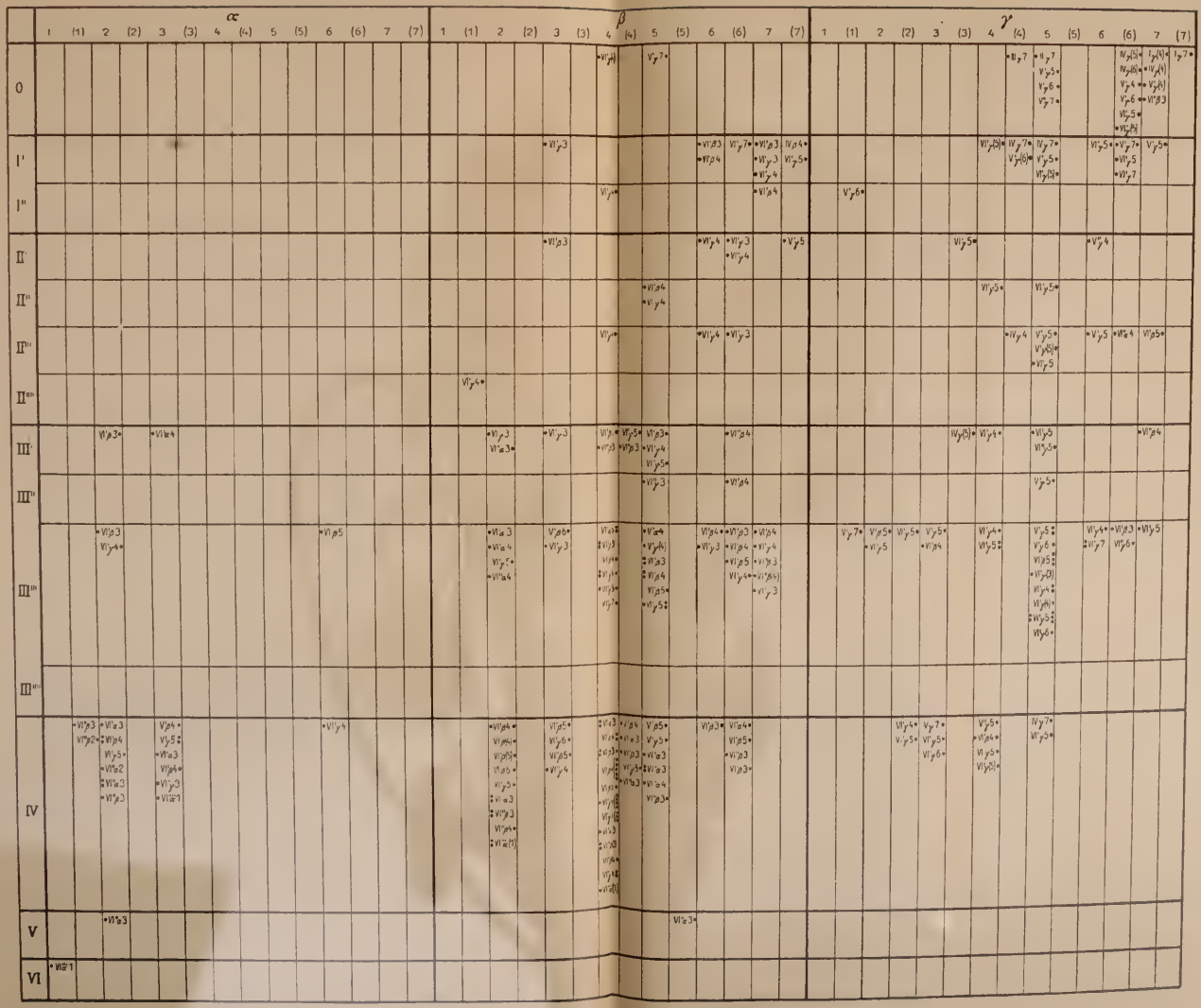
er in Jena

Lith. Anst. v. J. Gilbert, Jena.

1.
♀
2.
♂
3.
♀
4.
♀
5.
♀
6.
♀
7.
♂
8.
♀
9.
♂
10.
♂
11.
♀
12.
♀

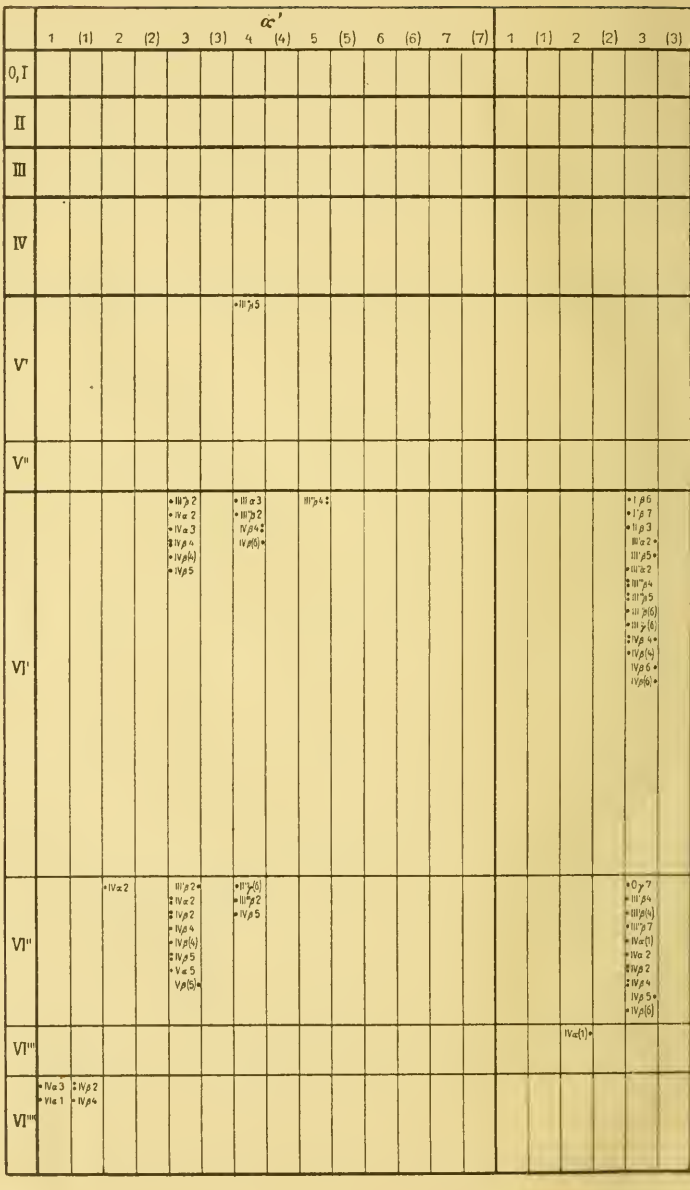

α
1 (1) 2 (2) 3 (3) 4 (4) 5 (5) 6 (6) 7 (7)
0
I'
I''
II'
II''
II'''
II''''
III'
III''
III'''
III''''
IV
V
VI

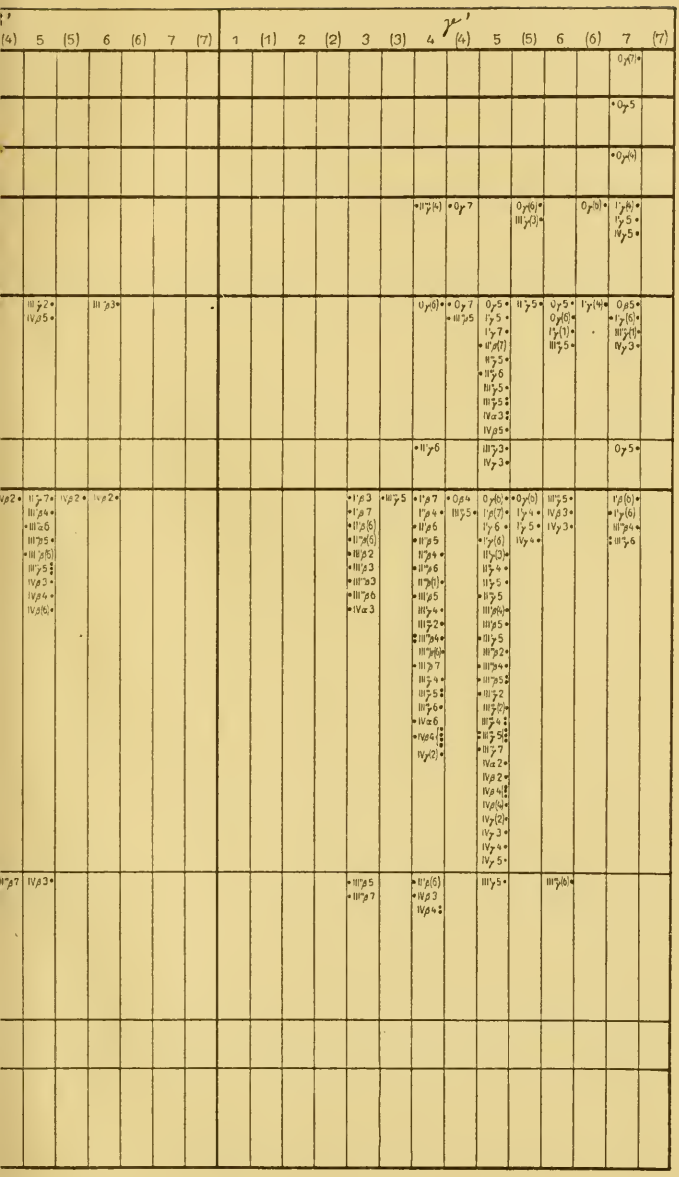

γ
1
(1)
2
(2)
3
(3)
4
(4)
5
(5)
6
(6)
7
(7)



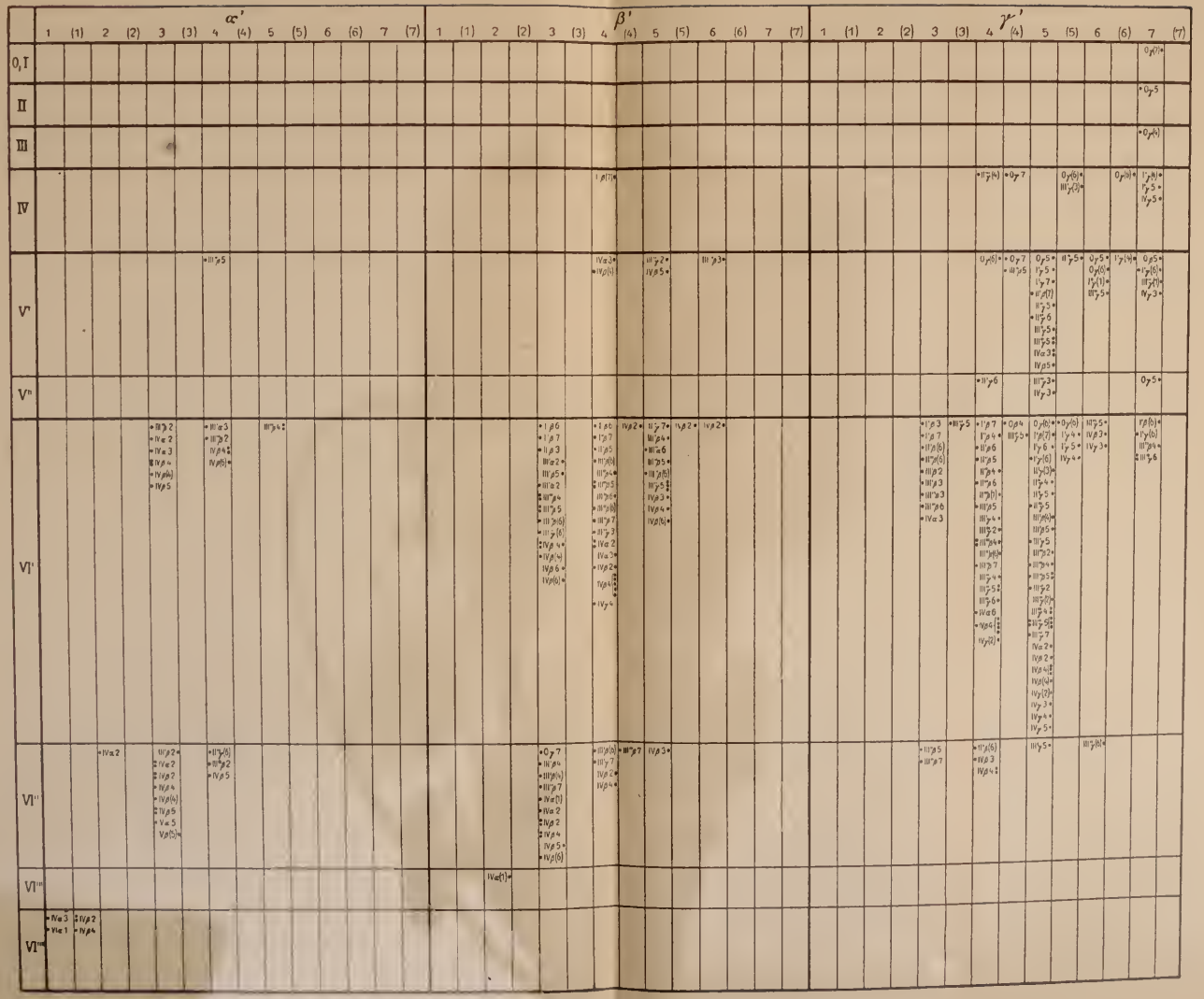
Smolian.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.


α'
1 (1) 2 (2) 3 (3) 4 (4) 5 (5) 6 (6) 7 (7)
0, I
II
III
IV
V'
V''
VI'
VI''
VI'''
VI''''

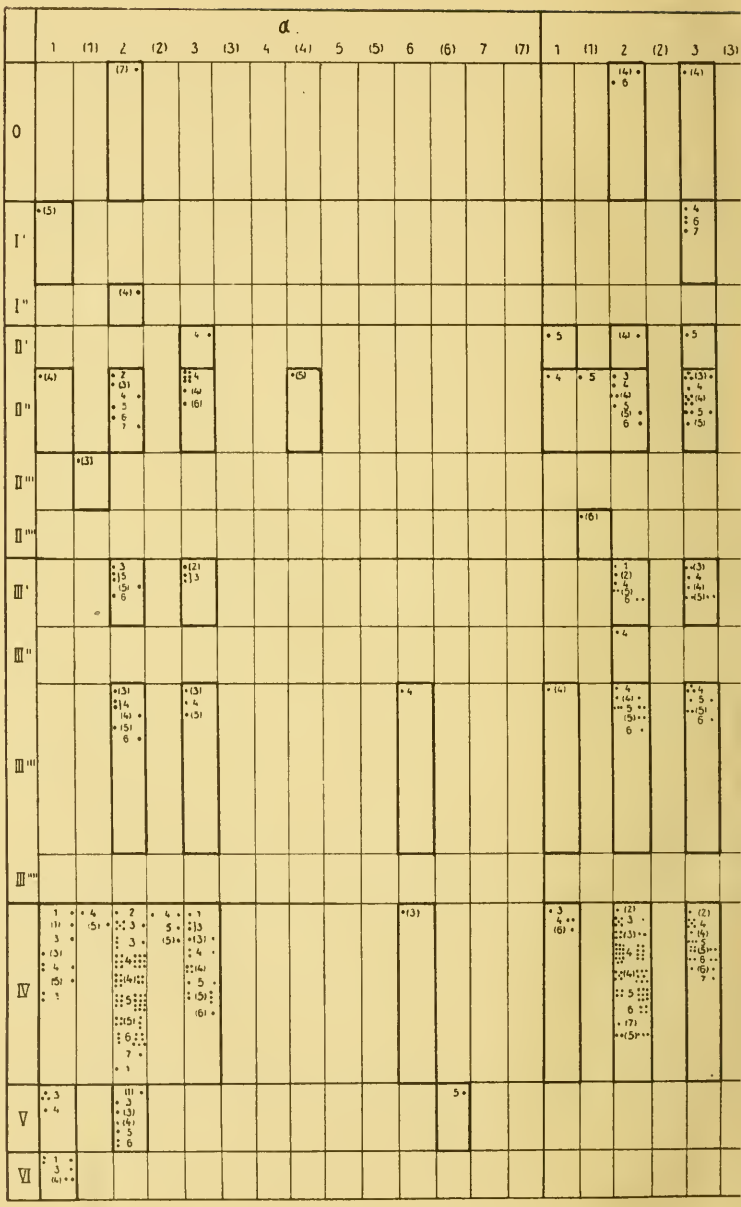


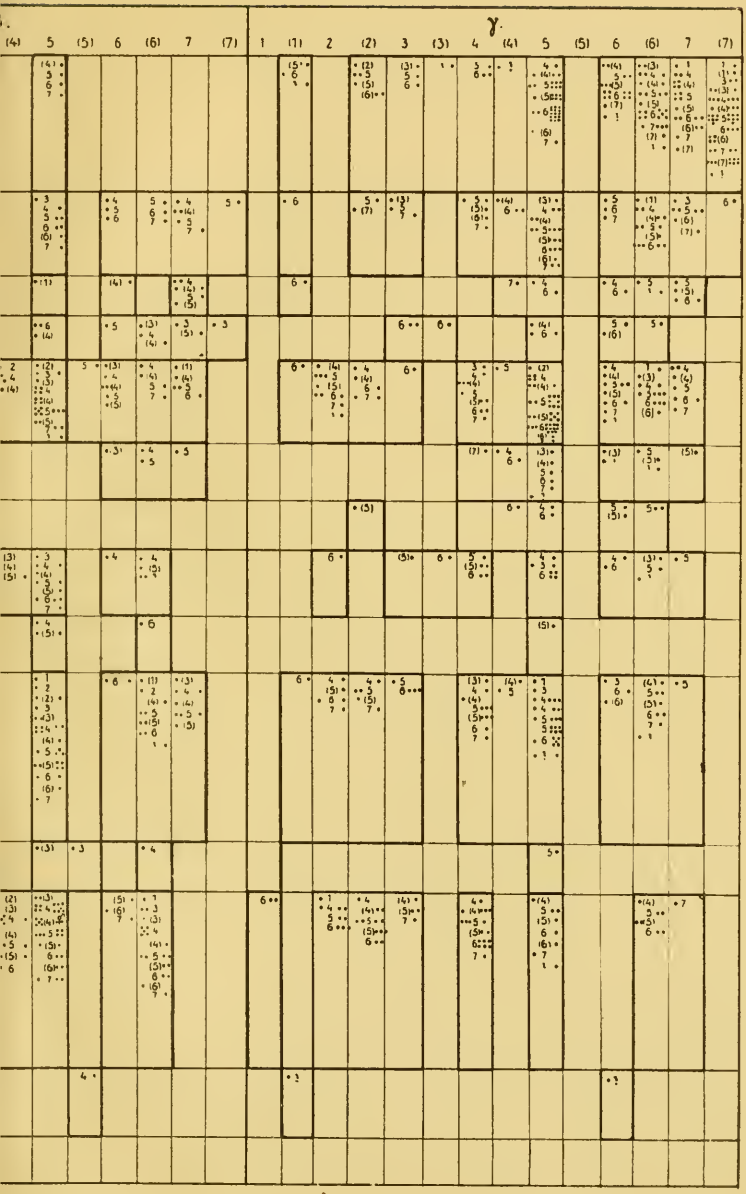
Fischer in Jena.

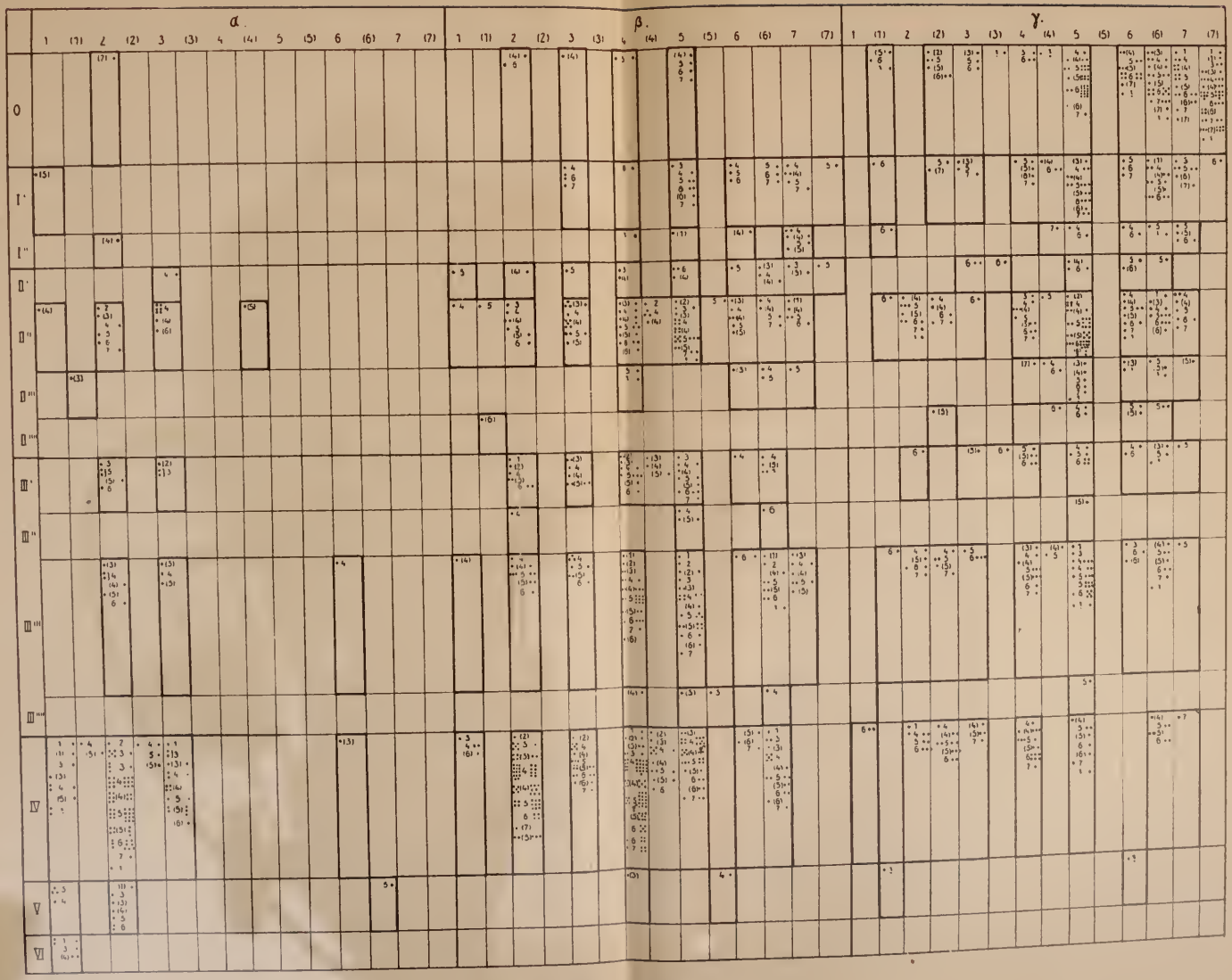


Smolian.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

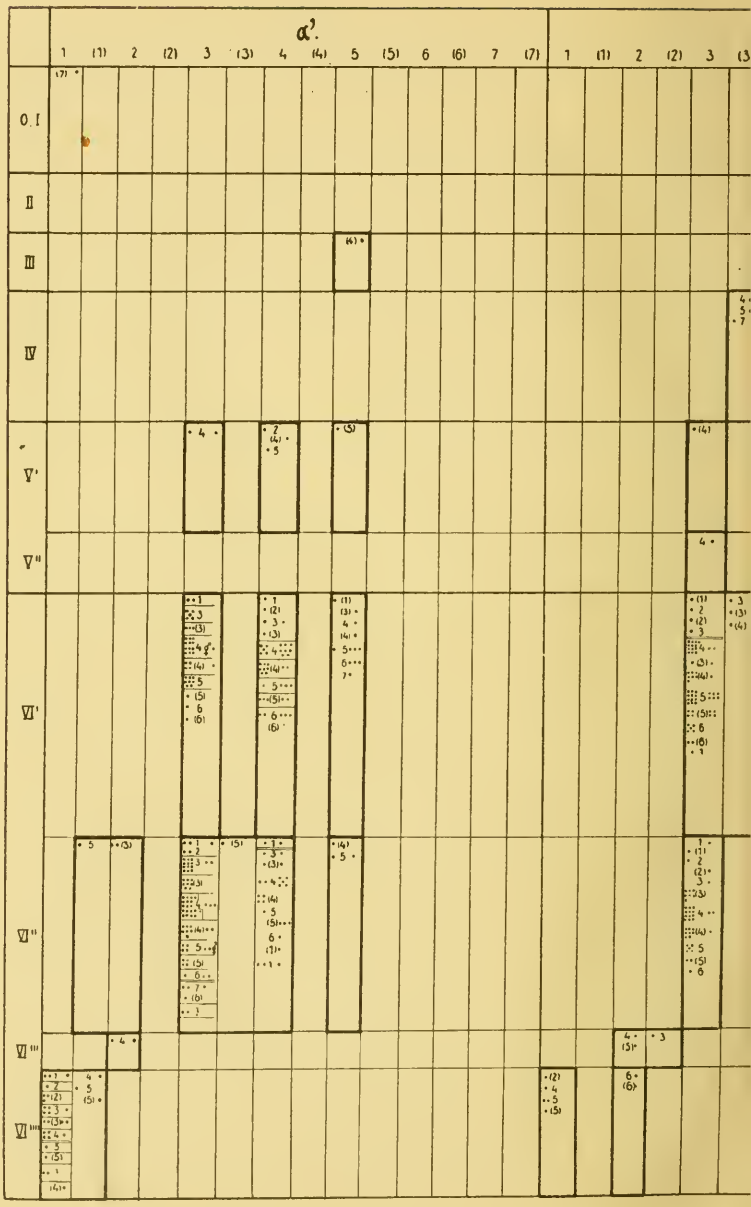

α.
1 (1) 2 (2) 3 (3) 4 (4) 5 (5) 6 (6) 7 (7)
0
I'
I''
II'
II''
II'''
II''''
III'
III''
III'''
III''''
IV
V
VI

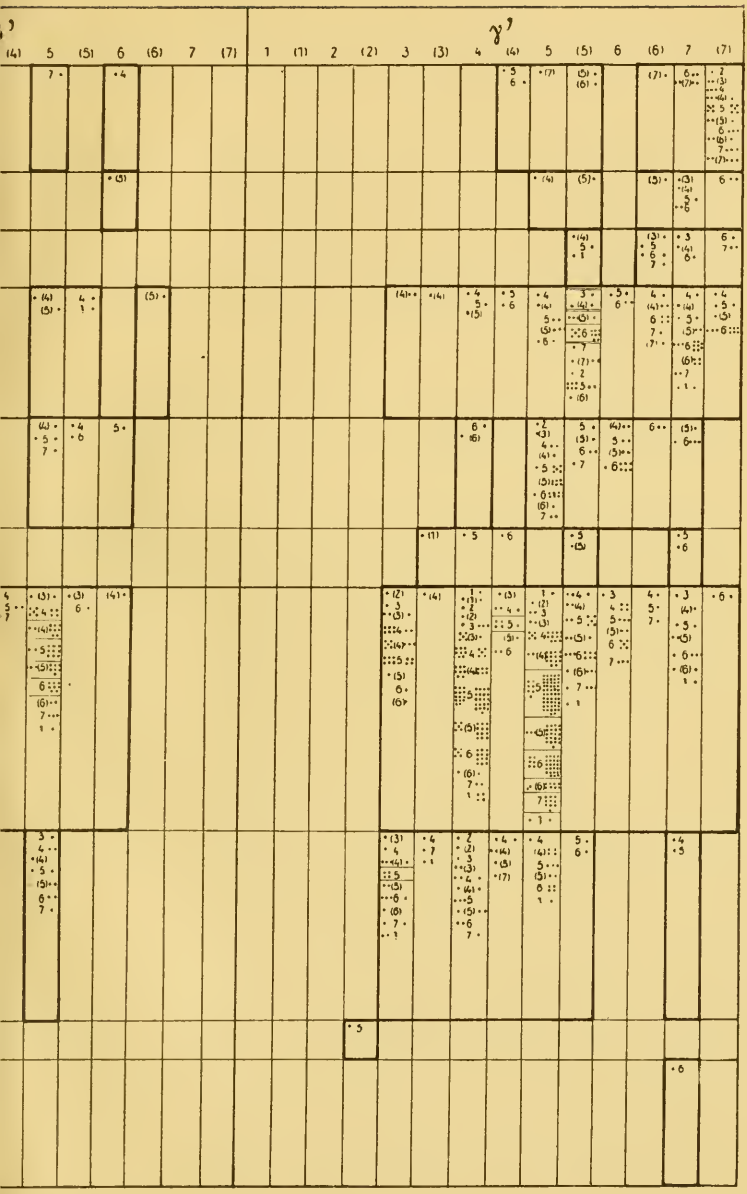




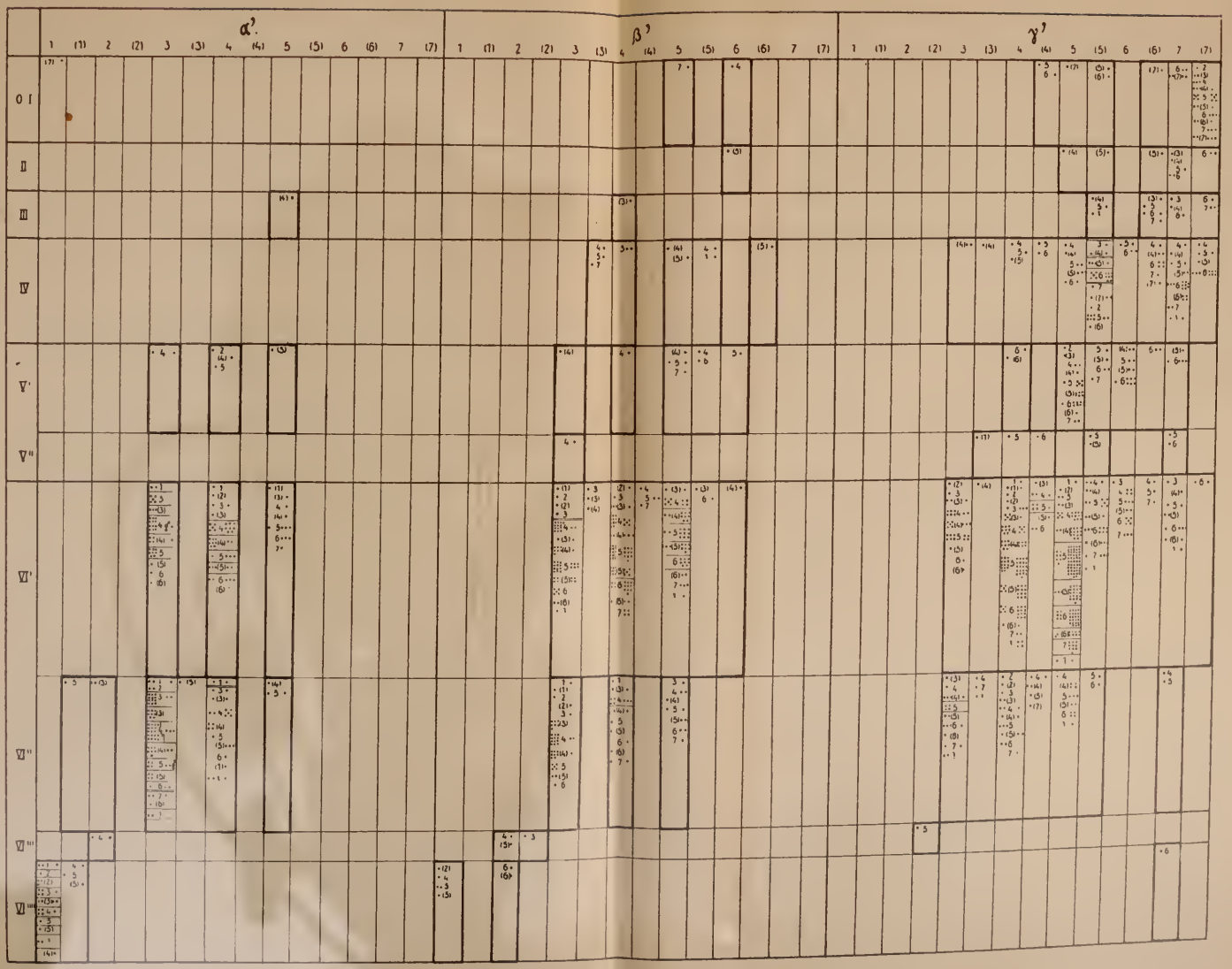
Smolian.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.


α'.
0. I
II
III
IV
V'
V''
VI'
VI''
VI'''



ischer in Jena.


α'.
β'
γ'
1 (1) 2 (2) 3 (3) 4 (4) 5 (5) 6 (6) 7 (7)
O I
II
III
IV
V'
V''
VI'
VI''
VI'''
VI''''