

# CHROMOSOMENZAHLEN FINNLÄNDISCHER LEPIDOPTEREN

## I. RHOPALOCERA

VON HARRY FEDERLEY  
HELSINGFORS, FINNLAND

---

### EINLEITUNG.

SYSTEMATISCHE Untersuchungen über Chromosomenzahlen gewisser Gattungen, Familien oder Ordnungen im Tierreich gibt es verhältnismässig wenige, wogegen die Botaniker auf eine stattliche Reihe solcher Untersuchungen aus dem Pflanzenreich hinweisen können. Das botanische Chromosomenmaterial ist ausserdem aus sehr verschiedenen Gegenden unserer Erde zusammengebracht, aus den hocharktischen sowie aus den heissten und durrsten Gebieten, und hat deshalb interessante Beziehungen zwischen Chromosomenzahlen und geographischen Verhältnissen zutage gebracht. Die verschiedenen Chromosomenzahlen der Arten einer Gattung scheinen uns auch die Möglichkeit zu bieten, gewissen ökologischen Problemen näher zu treten. In gewissen Fällen haben die Chromosomenzahlen uns überdies gestattet, einen tieferen Einblick in die phylogenetischen Beziehungen zwischen den Arten zu erhalten.

Die in zahlreichen Pflanzengattungen festgestellte Polyploidie und das nicht seltene Vorkommen schöner Reihen von Chromosomenzahlen, die eine lange arithmetische Serie bilden, kontrastieren scharf gegen die Verhältnisse in anderen Gattungen und Familien des Pflanzenreichs, in denen keine solche Gesetzmässigkeit vorkommt. Offenbar sind die Chromosomenzahlen in diesen beiden Gruppen in ganz verschiedener Weise entstanden. Die im Tierreich untersuchten Gattungen gehören fast alle zum späteren Typus, bei dem keine Gesetzmässigkeit in den Zahlenreihen festgestellt werden kann. Nur ganz selten findet man bei Tieren polyploide Arten. Unter diesen dürften die Formen *bivalens* und *univalens* von *Ascaris megalcephala* die bekanntesten sein. Was speziell die Lepidopteren anbetrifft, so kommen zwar Gattungen vor, in denen die Chromosomenzahlen als Multipeln einer gemeinsamen Grundzahl aufgefasst werden können. Es ist jedoch so gut wie sicher, dass sie nicht wie bei den Pflanzen infolge einer Kreuzung mit darauf

folgender Chromosomenverdoppelung entstanden sind. Zwar kommen Verdoppelungen des Chromosomensatzes in den Gameten zahlreicher Lepidopterenarten vor, aber diese diploiden Gameten scheinen nicht imstande zu sein, mit den normalen haploiden Gameten einen lebensfähigen triploiden Organismus ins Leben zu rufen. Es ist also sehr unwahrscheinlich, dass unter den Lepidopteren neue Arten durch Chromosomenverdoppelungen entstanden sind; wie dies mit Sicherheit bei vielen Pflanzen der Fall gewesen ist.

In mancher anderer Hinsicht sind dagegen die Chromosomenverhältnisse der Lepidopteren interessant und regen zu Untersuchungen an. Als ich die Chromosomenverhältnisse bei Lepidopterenbastarden erforschte, suchte ich nach Arten, die sich nicht nur kreuzen lassen, sondern auch in bezug auf die Chromosomengarnitur geeignet sind, rätselhafte zytologische und genetische Fragen aufzuklären. Hierbei bemerkte ich bald, dass sich ein näheres und planmässiges Studium der Chromosomenverhältnisse der Schmetterlinge überhaupt lohnen würde. So konnten einander sehr ähnliche Arten und Formen ganz verschiedene Chromosomenzahlen besitzen. Es konnten aber auch die Individuen einer Art, ja sogar einer Population, Verschiedenheiten in der Chromosomenzahl aufweisen. Als Beispiel für den erstgenannten Fall möchte ich die beiden einander sehr ähnlichen und vermutlich nahe verwandten *Cerura*-Arten *furcula* und *bifida* nennen. Diese Arten haben die haploiden Chromosomenzahlen 29 und 49 und lassen sich trotzdem sehr leicht kreuzen. Ein anderes ähnliches Beispiel bietet die verwandte Art *Dicranura vinula*. Die in Finnland und Deutschland vorkommenden Formen dieser Art, die im männlichen Geschlecht auffallende Unterschiede zeigen, besitzen beide die haploide Chromosomenzahl 21, wogegen die in Albanien lebende *vinula*-Rasse 20 Chromosomen hat. Die als eine besondere Varietät unter dem Namen *delavoiei* beschriebene, in Marocco fliegende Form hat dagegen in den Oozyten 31 Chromosomen. Dabei lassen sich alle vier Formen in allen Kombinationen miteinander leicht kreuzen, und die Eier ergeben fast alle Raupen. Eine andere auffallende Erscheinung ist in diesem Zusammenhang erwähnenswert. Sie beweist nämlich klar, dass die Chromosomenzahl nicht etwas so starres und unveränderliches ist, wie oft angenommen wird. Wenn die in Finnland und Deutschland fliegenden *vinula*-Formen miteinander gekreuzt werden, so entsteht ein Bastard, der sowohl in den Spermatozyten als auch in den Oozyten in der Regel bloss 20 Chromosomen enthält. Es haben sich also als Folge der Kreuzung zwei Chromosomen der Elternarten im Bastard mitein-

ander vereinigt. Dies kann man in einigen Spermatozyten I andeutungsweise sehen, kommt jedoch klar in den Spermatozyten II zum Vorschein; diese können nämlich bisweilen 21 Chromosomen haben. Wir sehen also in diesem Fall einen Beweis für die Richtigkeit der Ansicht vieler Genetiker, dass auch das Verhalten der Chromosomen sowie die Chromosomenzahl von Genen reguliert wird (FEDERLEY, 1937).

Als ein Beispiel für solche Fälle, in denen zwei verschiedene Chromosomenzahlen in einer Population vorkommen, möchte ich *Leptidia sinapis* anführen. Bei dieser Art weist das Männchen die haploiden Chromosomenzahlen 26 und 27 auf, und als Seltenheit sogar 28. Dass es sich hier um eine Fusion zweier Chromosomen, resp. einer Fragmentierung eines Chromosoms handelt, geht deutlich daraus hervor, dass das Männchen mit 26 Chromosomen zwei lange Chromosomen, dasjenige mit 27 nur ein solches besitzt, und dass bei diesem letztgenannten als Seltenheit Spermatozyten mit 28 Chromosomen gefunden werden, die überhaupt keine langen Chromosomen aufweisen. Die langen Chromosomen entsprechen offenbar zwei kurzen. Es ist also klar, dass die Chromosomenzahl, d. h. die Verteilung der Gene auf eine bestimmte Anzahl Chromosomen, wie alle äusseren Merkmale überhaupt, nur ein phänotypischer Charakter ist, der sowohl von Genen als von der Umwelt determiniert wird.

Auch *Gonepteryx rhamni* tritt im männlichen Geschlecht in zwei verschiedenen Typen auf, in solchen mit 31 und solchen mit 32 Chromosomen, hier aber kommt die Fusion, resp. Fragmentierung nicht so klar zum Vorschein.

Eine andere überraschende Tatsache ist, dass die Chromosomenzahl in den beiden Geschlechtern einer Art eine verschiedene sein kann, wie es schon SEILER und HANIEL bei *Lymantria monacha* nachgewiesen haben. So besitzen z. B. die drei *Argynnис*-Arten *niobe*, *adippe* und *paphia* in den Spermatozyten I und II 29 Chromosomen, während die Oozyten I der genannten Arten nur 28 Chromosomen haben, worunter aber ein sehr langes. Ob es sich hier um eine Folgeerscheinung der Digametie im weiblichen Geschlecht handelt, habe ich leider nicht untersuchen können. Die Annahme einer Fusion, resp. einer Fragmentierung scheint jedoch hier am nächsten zu liegen.

Die zuerst von SEILER (1914) entdeckte und von anderen später bestätigte Digametie im weiblichen Geschlecht der Schmetterlinge war selbstverständlich auch eine Anregung, die Gametogenese zahlreicherer Lepidopterenarten kennen zu lernen. Leider bin ich in dieser Beziehung sehr enttäuscht geworden, denn die morphologisch nachweisbaren Fälle

von Digametie scheinen sehr selten zu sein. Zwar eignen sich die Tagschmetterlinge sehr wenig für solche Untersuchungen, da sie ihre Eier nicht leicht in der Gefangenschaft ablegen, ich habe indessen auch Vertreter verschiedener anderer Familien untersucht, ohne einen klaren und eindeutigen Fall finden zu können.

Die eigenartige Chromatinelimination während der ersten Reifeteilung in der Oogenese schien uns ebenfalls einer näheren Untersuchung wert zu sein, zumal die erste Reifeteilung bei vielen Arten vollständig wie eine Dreiteilung der Chromosomen aussieht. Da jedoch eine Untersuchung der Oogenese bei den Tagschmetterlingen grosse Schwierigkeiten bereitet, wird die Eliminationsfrage hier nur gestreift.

Schliesslich konnte SEILER (1925) eine Verschiedenheit der Chromosomenzahl bei verschiedenen geographischen Rassen von *Phragmatobia fuliginosa* nachweisen, wobei er die Elbe als die Grenze zwischen den Rassen mit 28 und 29 Chromosomen feststellte. Es schien deshalb wünschenswert, dass Individuen derselben Art aus verschiedenen Gegenden des Verbreitungsgebietes der Art untersucht würden, da Unterschiede in den Chromosomenverhältnissen bei den geographischen Rassen durchaus nicht ausgeschlossen sind. Diese Vermutung hat sich auch als berechtigt erwiesen, und es scheint, als ob solche Untersuchungen, in grösserem Massstabe ausgeführt, dazu beitragen könnten, deszendenztheoretische Fragen aufzuklären.

---

Die angeführten Tatsachen und Gesichtspunkte sprachen also dafür, die Chromosomenverhältnisse bei den Schmetterlingen einem planmässigen, systematischen Studium zu unterwerfen, wobei aber nicht nur die Spermatogenese, sondern vor allem auch die weit interessantere, wenn auch gleichzeitig viel mühsamer erforschte Oogenese Gegenstand der Untersuchung werden sollte. Es sind ja bis jetzt nur verhältnismässig wenige Arten in bezug auf ihre Chromosomenverhältnisse in beiden Geschlechtern untersucht worden. Dieser Mangel ist zwar begreiflich, da die Untersuchung der Oogenese sowohl bei Pflanzen als Tieren dem Zytologen ungeheuer grosse Schwierigkeiten bereitet und dazu sehr viel zeitraubender ist. Nichtsdestoweniger ist diese Lücke in unseren Kenntnissen sehr bedauerlich, denn die Spermatogenese gibt nicht nur ein unvollständiges Bild der Chromosomenverhältnisse der Art, sie kann auch ein falsches geben.

Meine Untersuchungen der Gametogenese wurden schon im Jahre 1912 angefangen und das Material ist im Laufe der Jahre allmählich

zusammengebracht und vorläufig untersucht worden. Während der Sommerperioden 1933—1937 habe ich planmässiger gearbeitet und mich ganz besonders bemüht, eine möglichst vollständige Sammlung von Präparaten der Gametogenese der Tagschmetterlinge anzulegen. Da man in der letzten Zeit auch anderswo angefangen hat, sich für die Chromosomenverhältnisse der Lepidopteren zu interessieren (BELAJEFF, 1930; REGNART, 1930), habe ich mich dazu entschlossen, mein gesammeltes Material in systematischer Reihenfolge zu veröffentlichen, wobei ich mit den Tagschmetterlingen den Anfang mache. Von dieser systematisch gut begrenzten Gruppe besitze ich nämlich ein verhältnismässig reichhaltiges Material, indem mir nur einige der hochnordischen und allerseltesten südlichen Arten in Finnland fehlen. Ich hoffe, in Zukunft Gelegenheit zu finden, mein Material von den übrigen Gruppen zu vervollständigen und allmählich zu veröffentlichen.

Die Rhopaloceren sind für eine Untersuchung der Chromosomenverhältnisse in mancher Beziehung sehr dankbar. Sehr oft enthalten die neuausgeschlüpften Imagines noch beide Reifungssteilungen der Spermatogenese, und da die Oogenese hier, wie bei den meisten Lepidopteren, im Ovarium bis zur Metaphase — zuweilen sogar bis zur beginnenden Anaphase — der ersten Reifeteilung fortschreitet, so kann man auch einen Teil der Oogenese ohne besondere Zucht der Art erhalten. Hierzu kommt, dass die Ovarien sich in der Regel gut fixieren lassen und man alle die früheren Stadien, besonders die schönen Prophasen, in den Präparaten findet. Ein bedauerlicher Nachteil ist natürlich, dass die Reduktionsteilung nur mit grosser Mühe fixiert werden kann, da die Tagschmetterlinge ihre Eier erstens in der Regel nur einzeln auf die Nährpflanze ablegen und zweitens in der Gefangenschaft überhaupt schwer zur Ablage der Eier zu bewegen sind. Die Digametie kann aus diesen Gründen bei den Rhopaloceren kaum ohne ganz besondere Massregeln erforscht werden.

Als Fixiermittel habe ich in der letzten Zeit fast ausschliesslich das Gemisch von CARNOY (6 : 3 : 1) benutzt, da es nach meinen Erfahrungen, trotz all seiner Nachteile, dennoch das einzige Gemisch ist, auf das man sich verlassen kann, da es in die Eier gut und schnell eindringt und in der Regel sehr klare, wenn auch etwas schematische Bilder erzeugt. Selbstverständlich gibt es auch unter den Schmetterlingen Arten, für die es durchaus ungeeignet ist; diese gehören aber zu den Ausnahmen.

Es ist nicht meine Absicht, eine vollständige Beschreibung der

TABELLE 1. *Tabelle der Arten und ihrer Chromosomenzahlen.*

	Spermatogenese		Oogenese	
	Reifeteilung		Reifeteilung	
	I	II	I	II
<b>Papilionidæ.</b>				
<i>Papilio machaon</i> L. ....	30—33	30—33		
<i>Parnassius apollo</i> L. ....	30	30	30	
» <i>mnemosyne</i> L. ....			29	
<b>Pieridæ.</b>				
<i>Aporia crataegi</i> L. ....	25—26	25	25—26	
<i>Pieris brassicæ</i> L. ....	15	15	15	
» <i>rapæ</i> L. ....	26	26	26	
» <i>napi</i> L. ....	25	25	25	
<i>Euchloe cardamines</i> L. ....	31	31	30—32	
<i>Leptidia sinapis</i> L. ....	26—27	28	30—31?	
<i>Colias paleo</i> L. ....	31—32	31—32	31	
» <i>hecla</i> LEF. v. <i>sulitelma</i> AURIV.			31	
<i>Gonepteryx rhamni</i> L. ....	31—32	31—32	31?	
<b>Nymphalidæ.</b>				
<b>Nymphalinæ.</b>				
<i>Limenitis populi</i> L. ....	30		30	
<i>Pyrameis alalanta</i> L. ....	31	31		
<i>Vanessa urticæ</i> L. ....	31	31		
» <i>antiopa</i> L. ....	31	31	31	
<i>Polygonia C-album</i> L. ....	31	31	31	
<i>Melitæa iduna</i> DALM. ....			31	
» <i>matura</i> L. ....			31	
» <i>cinxia</i> L. ....			31	
» <i>athalia</i> ROTT. ....	31	31	31	
<i>Argynnis aphirape</i> Hb. v. <i>ossianus</i> HBST. ....			28	
<i>Argynnis selene</i> SCHIFF. ....	30	30	30	
» <i>euphrosyne</i> L. ....	31	31	31	
» <i>pales</i> SCHIFF. v. <i>arsilache</i> ESP.		30	29—30	
» <i>freija</i> THNB. ....	31		31	
» <i>frigga</i> THNB. ....			31	
» <i>thore</i> Hb. v. <i>scandinavica</i> RYGGE ....			30	
<i>Argynnis ino</i> ROTT. ....	12—13	12—13	13—14	
» <i>lathonia</i> L. ....	30	30	30	
» <i>aglaja</i> L. ....	29	29	29	
» <i>niobe</i> L. ....	29	29	28—29	

	Spermatogenese		Oogenese	
	Reifeteilung		Reifeteilung	
	I	II	I	II
<i>Argynnис adippe</i> L. ....	29	29	28	
» <i>paphia</i> L. ....	29	29	28	
<b>Satyrinæ.</b>				
<i>Erebia medusa</i> F. v. <i>polaris</i> STAUD....			11	
» <i>ligea</i> L. ....			29	
» <i>lappona</i> ESP. ....			28	
» <i>disa</i> THNB. ....			29	
<i>Oeneis jutta</i> HB. ....			32	
<i>Satyrus semele</i> L. ....	29	29	29	
<i>Pararge aegeria</i> L. v. <i>aegerides</i> STGR.	28		28	
» <i>hiera</i> F. ....		29	29	
» <i>mæra</i> L. ....	28	28	28	
<i>Aphantopus hyperantus</i> L. ....			29	
<i>Epinephele jurtina</i> L. ....	29		29	
<i>Coenonympha iphis</i> SCHIFF. ....			29	
» <i>tiphon</i> ROTT. ....			29	
» <i>pamphilus</i> L. ....	29		28, 29	
<b>Lycænidæ.</b>				
<i>Callophrys rubi</i> L. ....			23	
<i>Zephyrus betulæ</i> L. ....			16?	
<i>Chrysophanus virginureæ</i> L. ....	24	24	24	
» <i>hippothoë</i> L. ....			24	
» <i>phlæas</i> L. ....	24	24	24	
<i>Lycœna argus</i> L. ....	23	23	23	
» <i>agyrognomon</i> BRGSTR. ....	24	24	24	
» <i>optilete</i> KNOCH. ....	24		24	
» <i>astrarche</i> BRGSTR. ....	23	23	24	
» <i>eumedon</i> ESP. ....			24	
» <i>icarus</i> ROTT. ....	23		22—23	
» <i>amandus</i> SCHN. ....	23		23	
» <i>semiargus</i> ROTT. ....			24	
» <i>arion</i> L. ....			23	
<i>Cyaniris argiolus</i> L. ....			25	
<b>Hesperiadæ.</b>				
<i>Adopœa lineola</i> L. ....	29		29	
<i>Augiaades sylvanus</i> ESP. ....	29	29	29	28, 29
<i>Hesperia alveus</i> HB. ....	24		24	
» <i>malvæ</i> L. ....			31	

Gametogenese zu geben, obwohl sie in mancher Hinsicht von grossem Interesse wäre. Ich hoffe, vielleicht einmal Zeit zu finden, eine solche vergleichende Gametogenese der Lepidopteren auszuarbeiten; vorläufig aber muss ich mich hauptsächlich auf die Zahlenverhältnisse beschränken. Zunächst gebe ich in tabellarischer Form (Tabelle 1) die Chromosomenzahlen der 67 von mir untersuchten Arten in der Spermato- und Oogenese, soweit ich sie habe feststellen können, und alsdann im Anschluss an die Tabelle eine Beschreibung der Chromosomenverhältnisse.

### PAPILIONIDÆ.

Die drei in Finnland vorkommenden Arten war ich in der Lage untersuchen zu können.

*Papilio machaon*. — Für diese Art gibt REGNART die Chromosomenzahl 30 an; dieselbe Zahl soll nach ihm auch für *P. podalirius* bezeichnend sein. Beide Zahlen

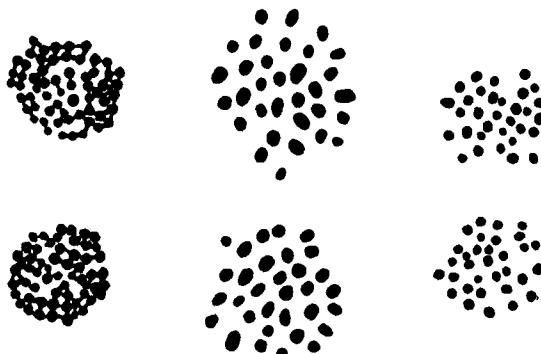


Fig. 1. *Papilio machaon* L. Spermatogonienplatten mit ca. 60 Chromosomen und Spermatozytenplatten I und II mit 32 Chromosomen; alle gezeichnet. Spermatogonienplatten mit etwa 60 Chromosomen und Spermatozytenplatten I und II mit genau 32 Chromosomen wieder.

wurden in der ersten Reinteilung der Spermatozyten festgestellt. In meinem aus dem Kirchspiel Helsinge stammenden Material kann zwar diese Zahl auch in den Spermatozyten gefunden werden, jedoch nur als Seltenheit. Die Normalzahl ist zweifelsohne 32. Daneben können die Zahlen 31 und 33 auch in demselben Testis vorkommen, sind jedoch als aberrative Zahlen zu betrachten. Fig. 1 gibt zwei

Über die Oogenese kann ich leider keine exakten Angaben machen, da sich der Kern mit dem Gemisch von CARNOY nicht fixieren lässt. Ich habe zwei grosse, an Eiern reiche Ovarien aus Imagines fixiert; trotzdem die Fixierung der Nähr- und Follikelzellen als ideal bezeichnet werden kann und dies auch mit dem Eiplasma nebst Einschlüssen der Fall ist, so erwies sich doch der Kern als ganz miserabel fixiert. Es müssen im Kern ganz besondere Verhältnisse walten, die die Fixierung erschweren oder fast unmöglich machen. Vermutlich ist die Kernmembran nur sehr wenig permeabel.

Die nordamerikanische Art *P. rutulus* soll nach MUNSON in den Spermatozyten 28 Chromosomen besitzen. MUNSON bildet jedoch Platten ab, in denen man deutlich 32 Chromosomen zählen kann, also dieselbe Zahl wie bei den finnländischen *machaon*-Individuen. KERNEWITZ hat in den Spermatogonien von *P. podalirius* 54—

58 Chromosomen feststellen können. Vielleicht kommen auch bei den *Papilio*-Arten verschiedene Zahlen bei verschiedenen Rassen oder sogar bei Individuen derselben Population vor, wie dies bei den Pieriden so häufig ist.

*Parnassius apollo*. — Das Material stammt aus den Kirchspielen Helsinge und Pojo.

Die Zahl 30 scheint beim Apollo in beiden Geschlechtern die alleinherrschende zu sein. In den zahlreichen von mir untersuchten Testes habe ich keine Abweichungen von dieser Zahl finden können, obgleich schöne Platten sowohl der ersten als zweiten Reifeteilung in Hülle und Fülle gefunden wurden. Nur ein einziges Weibchen habe ich untersucht, und nur in zwei Eiern konnte die Zahl 30 exakt festgestellt werden. Die Chromosomen sind bei dieser Art auffallend gross und zeigen nur ganz geringe Unterschiede in der Grösse.

Fig. 2 zeigt uns zwei Spermatozytenplatten I und eine Oozytenplatte I, alle gezeichnet.

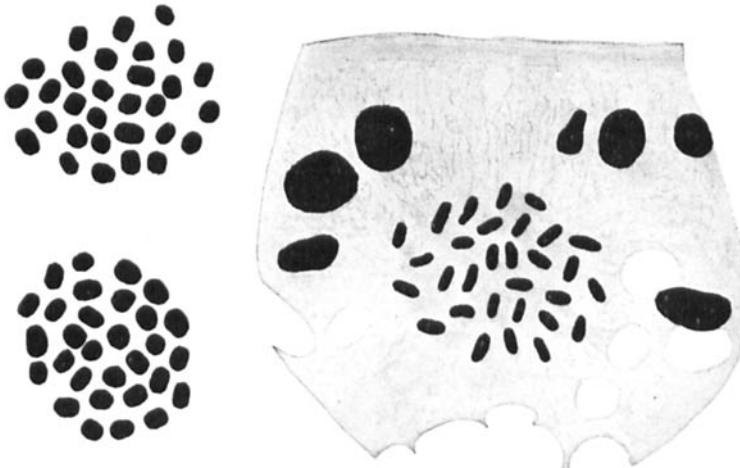


Fig. 2. *Parnassius apollo* L. Spermatozytenplatten I und Oozytenplatte I, alle mit 30 Chromosomen; gezeichnet.

*P. mnemosyne*. — Zwei Weibchen wurden von meinem Assistenten Herrn Mag. phil. ESKO SUOMALAINEN in der Nähe von Mariehamn, Åland, gefangen und fixiert. Beide zeigten dieselbe Zahl 29, die in zwei ganzen Platten und vier auf zwei Schnitte verteilten Platten genau festgestellt werden konnte. Die Chromosomen sind untereinander ziemlich gleich gross.

## PIRIDÆ.

Die Pieriden gehören in bezug auf die Zahlenverhältnisse der Chromosomen zu den interessantesten unter den von mir untersuchten Rhopaloceren. Es scheint, als ob die Familie sich in einer Periode der Veränderung der Chromosomenzahl befinden würde. In welcher Richtung diese Veränderung geschieht, ist natürlich nicht leicht zu entscheiden,

vieles deutet aber dennoch darauf hin, dass eine Fusion einzelner Chromosomen stattfindet und dass auf solche Weise eine Verminderung der Chromosomenzahl zustande gebracht wird.

Wie meine eigenen Untersuchungen und solche anderer Zytologen gezeigt haben, ist die Chromosomenzahl 31 in der Gametogenese der Schmetterlinge die allerhäufigste, und die meisten bekannten Zahlen liegen um diese Zahl herum, die Mehrzahl unter, verhältnismässig wenige über 31. Da nun die Zahlen 29—31 in fast allen Familien vorkommen, in den »primitiveren« sowie in den »höchst spezialisierten«, erscheint es als berechtigt, diese Zahlen als ursprünglich zu betrachten; die Annahme, dass die verminderten Zahlen durch Fusion der Chromosomen entstanden sind, liegt sehr nahe. Allerdings muss zugegeben werden, dass die Verhältnisse bei den *Orgyia*- und den *Biston*-Arten für einen Prozess in der entgegengesetzten Richtung sprechen. Hier besitzen diejenigen Arten, deren Weibchen noch mehr oder weniger gut entwickelte Flügel haben, die geringeren Zahlen und die grössten Chromosomen, während die »höher differenzierten« Arten mit flügellosen und stark verkümmerten Weibchen eine grosse Zahl kleiner Chromosomen aufweisen. Hier ist die Hypothese, dass eine Fragmentierung der Chromosomen Hand in Hand mit der Differenzierung der Geschlechter stattgefunden habe, gut fundiert, wie CRETSCHEMAR mit Recht hervorgehoben hat. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass die Entwicklung in den verschiedenen Familien verschiedene Wege eingeschlagen hat, und alles spricht dafür, dass wir bei den Rhopaloceren — wenigstens soweit mein Material beweiskräftig ist — eher einen Prozess der Fusion als der Fragmentierung der Chromosomen vor Augen haben. Dass ich bei *Dicranura vinula* direkt eine solche Fusion zweier Chromosomen als Folge einer Kreuzung zweier geographischer Rassen habe beobachten können, macht mich auch geneigt, eher eine Fusion anzunehmen.

Von den finnländischen Pieriden fehlen mir *Pieris daplidice* L. und die drei seltenen *Colias*-Arten *nastes* B., *hyale* L. und *edusa* F.

*Aporia crataegi*. — BELIAJEFF und KERNEWITZ geben beide die Zahl 25 für die Spermatozyten an.

Mein Material stammt aus zwei verschiedenen Kirchspielen in Südfinnland, das eine aus Pojo westlich, das andere aus Pernå östlich von Helsingfors. Die beiden Kirchspiele sind ungefähr 140 Kilometer voneinander entfernt. Ich gebe hier das Resultat meiner Zählungen an zwei Testes wieder.

Chromosomenzahl .....	25	26	27	28
Anzahl der Spermatozyten, Pojo .....	31	—	—	—
»     »     »     »     Pernå .....	6	19	1	2

Von den Platten der Fig. 3 stammen die mit 25 Chromosomen aus Pojo, die mit 26 aus Pernå. Leider kommt in der letzterwähnten das 26. Chromosom nicht deutlich zum Vorschein. Es liegt links (9 Uhr) und ist nur durch einen Schatten angedeutet.

In der Oogenese kommen Platten vor, in denen man, wie die abgebildete Platte

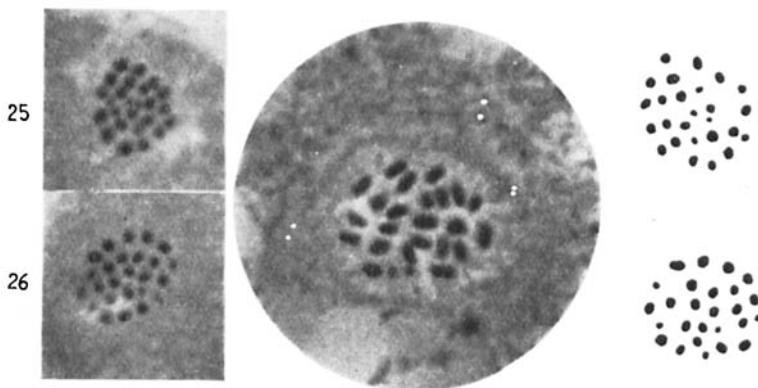


Fig. 3. *Aporia crataegi* L. Links photographierte Spermatozytenplatten I mit 25 und 26 Chromosomen, rechts gezeichnete mit 26; in der Mitte eine Oozytenplatte I mit 25 Chromosomen.

beweist, deutlich und einwandfrei 25 Chromosomen zählen kann, aber auch solche, in denen man exakt die Zahl 26 feststellen kann, und schliesslich auch Platten, wo es Geschmacksache ist, ob man 25 oder 26 als die Zahl angeben will. Die untersuchten Weibchen stammten beide aus Pernå, wo das Männchen ja auch eine Tendenz zur Fusion und gleichzeitig Fragmentierung zeigte.

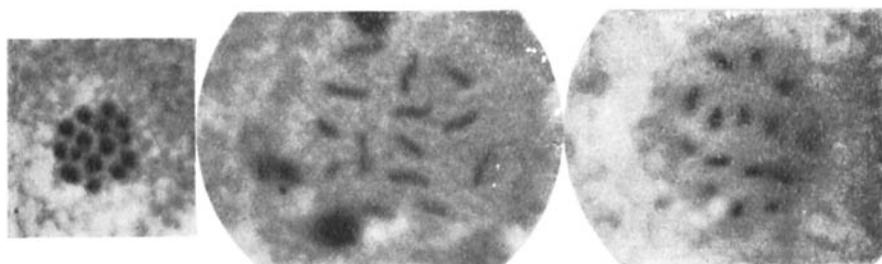


Fig. 4. *Pieris brassicae* L. Spermatozytenplatte I, Prometaphase und Metaphase der ersten Reifeteilung im Ei. 15 Chromosomen.

*Pieris brassicae*. — Die einzige beobachtete Zahl ist hier 15. In 30 Oozytenplatten und in noch weit zahlreicheren Spermatozytenplatten I und II konnte diese für die Rhopaloceren kleine Zahl festgestellt werden. Siehe Fig. 4.

Die Photographien zeigen eine Spermatozytenplatte I, in der die beträchtliche Grösse der Chromosomen im Vergleich zu den zwei folgenden Arten auffällt, eine

Prometaphase der Oozyte I mit langen Chromosomen und Nukleolenresten und eine späte Metaphase mit stark verkürzten Chromosomen.

Bei *brassicae* hat vermutlich die Fusionstendenz schon ihr Höchstmass erreicht, da andere Zahlen als 15 überhaupt nicht mehr gefunden werden. Auch BELIAJEFF und DONCASTER haben nur diese Zahl beobachtet. Dagegen gibt HENKING für das Weibchen die Zahl 14 und für das Männchen 14—15 an. Ob tatsächlich eine noch weiter gehende Fusion der Chromosomen in seinem Material zum Vorschein kam, ist schwer zu entscheiden.

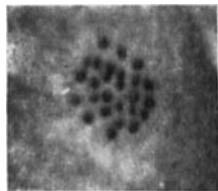


Fig. 5. *Pieris rapae* L. Spermatozytenplatte I mit 26 Chromosomen.

Zu meiner Verfügung standen nur ein Männchen und ein Weibchen, letzteres aus Helsingfors. In 11 Spermatozytenplatten I und II und in 25 Oozytenplatten habe ich die Zahl 26 ganz sicher feststellen können. Fig. 5 gibt eine Spermatozytenplatte I wieder.

Es liegt also kein Zweifel vor, dass in Russland in der Gegend von Moskau, wo BELIAJEFF sein Material sammelte, eine *rapae*-Rasse mit 25 Chromosomen lebt, wogegen die in Finnland fliegenden Individuen 26 Chromosomen besitzen, unter diesen ein besonders kleines.

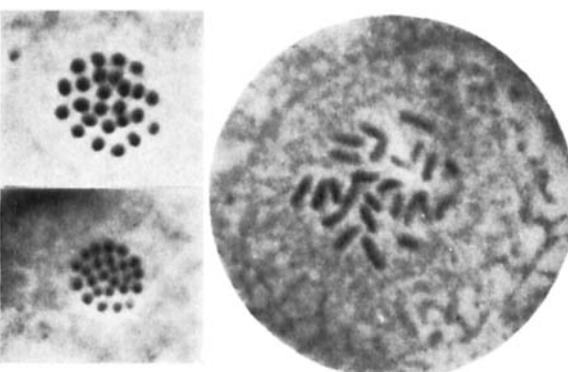


Fig. 6. *Pieris napi* L. Spermatozytenplatten I und II sowie Oozytenplatte I, alle mit 25 Chromosomen.

*P. napi*. — Nach HENKING soll diese Art 25 Chromosomen haben.

In 19 Spermatozyten I und II von vier Männchen und in 6 Oozyten I eines Weibchens habe auch ich 25 Chromosomen gezählt. (Fig. 6.)

*Euchloe cardamines*. — Nur bei einem Imagomännchen ist es mir gelungen, Reifeteilungen zu finden. In 7 Spermatozyten I und II konnten mit Sicherheit 31 Chromosomen gezählt werden, in einer 30.

In 3 Oozyten eines Weibchens war die Zahl sicher 30, in einer vierten dagegen 32. Diese äusserst klare Platte, in der alle Chromosomen in einer Ebene liegen, ist in Fig. 7 abgebildet, und man wird sich auf Grund derselben leicht überzeugen, dass die Zahl der Chromosomen tatsächlich 32 ist; die beiden untersten Flecke, von denen der eine wie ein kleines Chromosom aussieht, sind Nukleolensreste. Das Zählen der Chromosomen in den Oozyten dieser Art wird dadurch sehr erschwert, dass die Nukleolen so spät verschwinden.

*Leptidia sinapis*. — Diese Art gehört zu den interessantesten unter den von mir untersuchten Arten. Wie schon in der Einleitung erwähnt wurde, findet man vom Männchen zwei verschiedene Typen, solche mit 26 und solche mit 27 Chromosomen. Ausnahmsweise kommen auch Platten mit 28 Chromosomen vor. Wie Fig. 8 zeigt, haben die beiden Platten mit 26 Chromosomen zwei lange Chromosomen. Wir

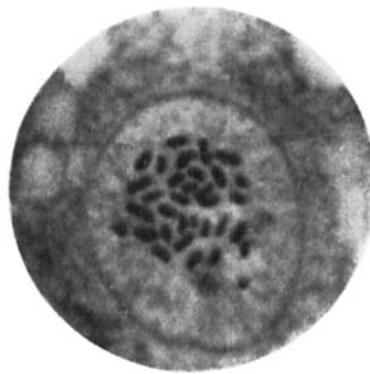


Fig. 7. *Euchloe cardamines* L.  
Oozytenplatte I mit 32 Chromosomen.

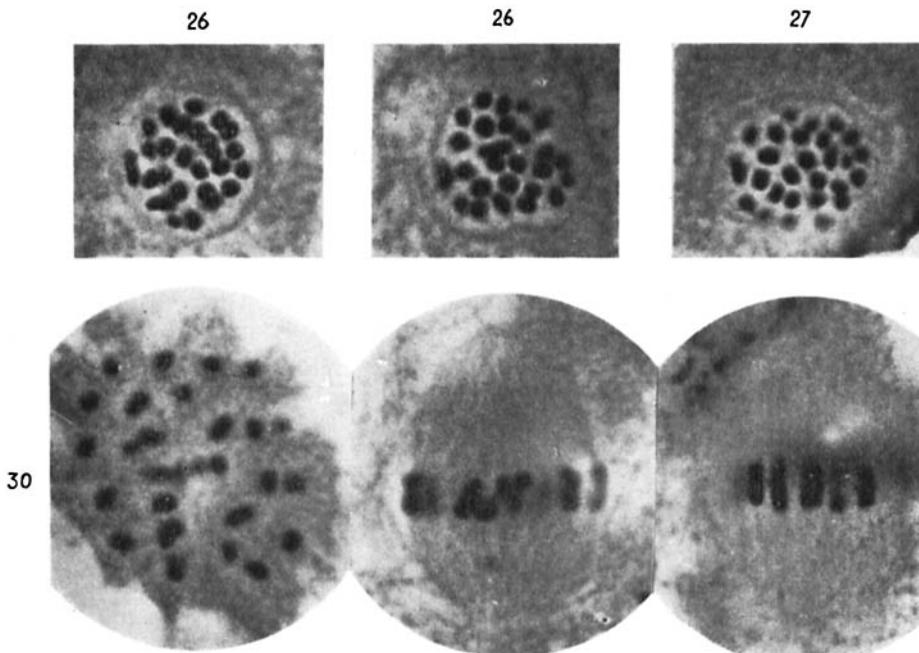


Fig. 8. *Leptidia sinapis* L. Spermatozytenplatten I, zwei mit 26 und eine (rechts) mit 27 Chromosomen. Oozytenplatte I mit ca. 30 Chromosomen. Rechts eine normale Spindel mit bivalenten Chromosomen, in der Mitte eine mit »sekundärer Bindung« der Chromosomen, Kettenbildung.

erkennen sie in der Platte links an der Peripherie links unten (7 und 9 Uhr) und in der Platte in der Mitte im Zentrum und links (8 Uhr), das letzterwähnte etwas verwischt, weil es niedriger liegt. In der Platte rechts mit 27 Chromosomen gibt es nur ein langes, das links (9 Uhr) peripherisch liegt. In dem Männchen mit 26 Chromosomen wurde diese Zahl in 9 Spermatozyten I genau festgestellt, und alle Platten waren von demselben Typus wie die abgebildeten. Das andere Männchen besaß in 24 Spermatozyten I 27 Chromosomen, unter diesen nur ein langes, und in drei Spermatozyten II 28 Chromosomen. In den letzterwähnten Platten kam kein langes Chromosom vor, und die Vermutung liegt nahe, dass das lange Chromosom in zwei zerlegt ist. Dieser Schluss scheint mir um so mehr berechtigt, als die in den Spermatozyten I des Bastards zwischen der deutschen und finnländischen *vinula*-Form assoziierten Chromosomen in den Spermatozyten II nicht selten wieder getrennt auftreten.

Das Studium der Oozyten macht grosse Schwierigkeiten, weil in der Oogenese dieser Art in der Metaphase eine Assoziation einiger Chromosomen, etwa deren fünf, in der Regel stattfindet. Diese Verbindung bivalenter Chromosomen erweckt den Eindruck einer »sekundären Paarung«, wie sie häufig bei Pflanzen beschrieben worden ist. Dass sie wie bei den Pflanzen als ein Indizium einer Polyploidie aufgefasst werden könnte, scheint mir nicht wahrscheinlich. Ein Fixierungsartefakt stellen sie auch nicht dar. Worum es sich eigentlich handelt, darüber können nur zukünftige eingehendere Untersuchungen Bescheid geben.

Die Oozytenplatten sind an und für sich äusserst klar, und die einzelnen Chromosomen liegen weit voneinander entfernt, in allen Platten aber findet man eine Kette von verbundenen Chromosomen, in der es nicht möglich ist, die Zahl der Einzelchromosomen exakt festzustellen. In der abgebildeten Platte sehen wir in der Mitte eine solche Kette, und in der in der Mitte wiedergegebenen Spindel eine Reihe verbundener Chromosomen von der Seite. Die Spindel rechts zeigt uns die normalen bivalenten Chromosomen während der Metaphase. Die Schätzung der Zahl der teilnehmenden Chromosomen wird dadurch noch weiter erschwert, dass die Anaphase bald beginnt und die Chromosomen dann aus drei Kugeln bestehen, von denen die in der Mitte liegende das Eliminationschromatin ist. In der Kette mit den schief gestellten Chromosomen wird ein exaktes Zählen demzufolge unmöglich. Immerhin habe ich den Versuch gemacht, die Zahl ungefähr zu schätzen, wobei ich zu dem überraschenden Resultat gelangt bin, dass bei den vier von mir untersuchten Weibchen die Chromosomenzahl in der ersten Reifeteilung auf 30 geschätzt werden muss, eher 31 als unter 30. Die abgebildete Platte zeigt ja auch deutlich 25 freiliegende Chromosomen und dazu die Kette, in der vermutlich fünf Chromosomen vorhanden sind.

*Colias palæno*. — Von dieser Art habe ich 2 Männchen und 1 Weibchen aus Pernå untersucht. Ich gebe hier das Resultat der Zählung in den beiden Testes wieder.

Chromosomenzahl .....	31	32	33	34
Anzahl Spermatozyten, Testis I .....	4	11	—	—
,           ,           , II .....	1	13	2	2

Die Zahl 32 scheint demnach die häufigste zu sein. Fig. 9 zeigt diese Zahl.

Beim Weibchen konnte ich nur in 3 Platten die Zahl ganz genau feststellen. Sie war in allen 31. Unter den Chromosomen fällt eines von ihnen durch seine bedeutende Grösse auf. In Fig. 9 liegt es rechts an der Peripherie.

Im Sommer 1937 gelang es Herrn Mag. phil. A. FR. NORDMAN ein Weibchen dieser Art in Utsjoki zu fangen. Der Fundort liegt unbedeutend südlicher als die 70. Breite. Mit grosser Spannung machte ich mich an die Untersuchung dieses hochnordischen Individuums. Es zeigte sich indessen, dass die Chromosomenzahl dieselbe ist wie bei den auf der 60. Breite gefangenen Exemplaren. In drei Oozytenplatten konnte ich nämlich die Chromosomenzahl 31 exakt feststellen und auch ein

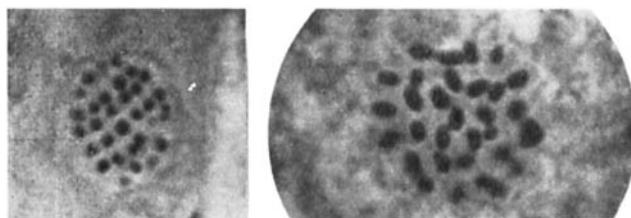


Fig. 9. *Colias palæno* L. Spermatozytenplatte I mit 32 Chromosomen, Oozytenplatte mit 31 Chromosomen.

grösseres Chromosom kommt vor. Es scheint demnach, als ob die *palæno*-Rassen sowohl im Süden als auch im hohen Norden Finnlands dieselbe Chromosomenzahl hätten.

*C. hecla* v. *sulitelma*. — Von dieser hochnordischen Art hat mir Mag. NORDMAN ein von ihm in Utsjoki gefangenes und fixiertes Individuum zur Verfügung gestellt. Auch für diese Art scheint die Chromosomenzahl 31 charakteristisch zu sein. In

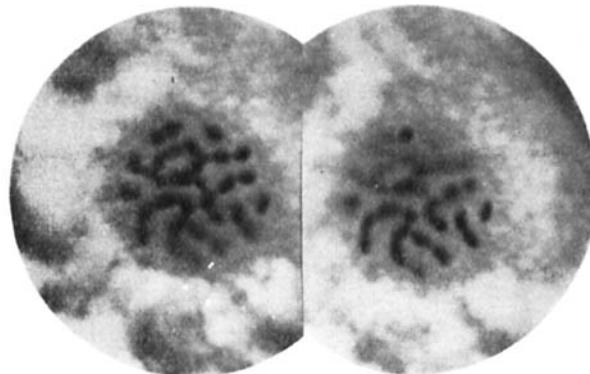


Fig. 10. *Colias hecla* LEF. v. *sulitelma* AURIV. Oozytenplatte I mit 31 Chromosomen in zwei Ebenen photographiert.

9 Oozytenplatten I konnte ich diese Zahl exakt zählen. Die Chromosomen sind durchschnittlich kleiner als bei *palæno*; die Grösse der einzelnen Chromosomen ist etwas verschieden, es kommt jedoch kein besonders grosses vor. Vergleich Fig. 10.

*Gonepteryx rhamni*. — Für diese Art gibt KERNEWITZ für das Männchen die haploide Zahl 31 an. In meinem Material kommt diese Zahl ebenfalls vor. Es scheint jedoch, als ob in Finnland zwei Typen von Männchen vorkämen, nämlich solche mit 31 und solche mit 32 Chromosomen. Ich gebe hier das Resultat einer Untersuchung der Testes von fünf Männchen wieder.

Chromosomenzahl .....	31	32
Anzahl Spermatozyten im Testis I .....	3	12
» » » II .....	7	33
» » » III .....	—	18
» » » IV .....	11	—
» » » V .....	6	—

Wie aus der Tabelle hervorgeht, enthalten die Testes IV und V lauter Spermatozyten mit 31 Chromosomen und der Testis III lauter solche mit 32, während die Testes I und II beide Zahlen aufweisen, wobei die Zahl 32 allerdings stark über-

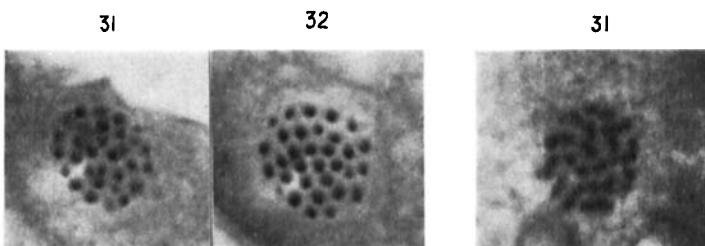


Fig. 11. *Gonopteryx rhamni* L. Spermatozytenplatten I mit 31 und 32 Chromosomen und Oozytenplatte mit ca. 31 Chromosomen.

wiegt. Diese kommt insgesamt in 63 Platten, die Zahl 31 nur in 27 Platten vor. Siehe Fig. 11.

Die Oozytenplatten sind verhältnismässig klein, und die Neigung der Chromosomen, Perlenketten zu bilden, scheint bei dieser Art besonders ausgesprochen zu sein. Dies erschwert die exakte Zählung der Chromosomen. Bei den zwei von mir untersuchten Weibchen habe ich in mehreren Platten 31 Chromosomen zählen können. In weniger klaren Platten schien die Zahl auch 30 und 32 zu sein, wo bei aber diese Zahlen mit gewissem Vorbehalt angeführt seien.

## NYMPHALIDÆ.

### NYMPHALINÆ.

*Limenitis populi*. — Von dieser in Finnland ziemlich seltenen Art habe ich zwei Testes neuausgeschlüpfter Imagines und ein Ovar aus einem alten Weibchen untersucht. Nur der eine Testis enthielt noch einige Reifeteilungen, während der andere lauter apyrene Teilungen aufwies. Es gelang mir, in fünf Spermatozyten I sicher 30 Chromosomen zu zählen und in zwei etwa 29—30. In drei Oozytenplatten war es möglich, genau 30 Chromosomen nachzuweisen.

Die beiden tauglichen Exemplare verdanke ich meinem Assistenten Herrn Mag. phil. ESKO SUOMALAINEN, der sie in der Nähe der Stadt Borgå erbeutete.

*Pyrameis atalanta*. — Von dieser Art wurde mir ein fixierter Testis eines an der Zoologischen Station Tvärminne von Mag. SUOMALAINEN gefangen, frisch ausgeschlüpften Imago zur Verfügung gestellt. Der Testis enthielt noch verhältnismässig viele Zysten mit Reifeteilungen, so dass ich in 10 Platten I und II sicher 31 Chromosomen zählen konnte. Die Platten sind kaum von denjenigen der folgenden drei Arten zu unterscheiden.

*Vanessa urticae*. — BELIAJEFF hat beim Männchen 31 Chromosomen gezählt. In einem Testis einer Raupe fand auch ich 25 Spermatozyten mit 31 Chromosomen und nur eine mit 32. Fig. 12 gibt Platten beider Reifeteilungen wieder.

*V. antiopa*. — Für diese Art gibt STEVENS die Zahl 30 an. Ich habe sowohl Männchen als Weibchen aus Finnland untersucht und dabei gefunden, dass beide Geschlechter 31 Chromosomen besitzen. Da STEVENS ihr Material vermutlich aus Nordamerika, wo die Art vorkommt, erhalten hatte, scheint es wahrscheinlich, dass sich die geographischen Rassen der Art in bezug auf die Chromosomenzahl unter-

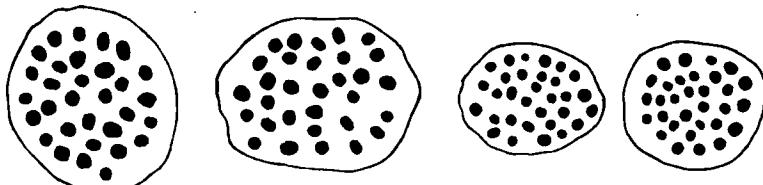


Fig. 12. *Vanessa urticae* L. Spermatozytenplatten I und II mit 31 Chromosomen; gezeichnet.

scheiden. STEVENS hebt hervor, dass eines der Chromosomen die übrigen an Grösse erheblich übertrifft, und die Abbildung bestätigt dies in schönster Weise. Es liegt also die Annahme nahe, dass bei der amerikanischen Rasse zwei Chromosomen miteinander vereinigt sind. Denn wie Fig. 13 von zwei Spermatozyten I finnländischer Falter zeigt, kommt bei diesen kein besonders grosses Chromosom vor.

*Polygonia C-album*. — KERNEWITZ und BELIAJEFF haben beim Männchen 31 Chromosomen gezählt. Die von mir untersuchten Individuen enthielten in beiden Geschlechtern gleichfalls 31 Chromosomen.

*Melitaea iduna*. — Mag. NORDMAN hat mir ein Ovarium dieser nur in Lappland fliegenden Art fixiert. Das Ovar enthielt zahlreiche Eier, und in sechs Oozytenplatten I, die in einem Schnitt lagen, konnte die Chromosomenzahl exakt als 31 festgestellt werden, und in weiteren drei Platten, die auf zwei Schnitte verteilt worden waren, kam dieselbe Zahl vor.

*M. matura*. — BELIAJEFF gibt für das Männchen 31 als die typische Chromosomenzahl an; die von mir gefangen, neuausgeschlüpften Imagines enthielten lauter apyrene Reifeteilungen. Bei einem von Mag. SUOMALAINEN in der Nähe von Borgå gefangenen Weibchen konnte ich dagegen an zehn Oozytenplatten die Zahl 31 einwandfrei feststellen.

*M. cinxia*. — Die Ovarien der zwei Weibchen, die ich in der Lage war zu untersuchen, wurden auch von Mag. SUOMALAINEN gefangen und fixiert; sie stammten aus Åland, Mariehamn. In den Oozyten beider Ovarien konnten in zusammen 14 Fällen exakt 31 Chromosomen gezählt werden. Das eine Ovar enthielt ausserdem noch fünf vom Messer durchschnittene Platten, die sicher 31 Chromosomen besasssen. Das andere hatte dagegen drei Platten mit 30 Chromosomen. Ob bei *cinxia* sowohl die Zahl 31 als auch die Zahl 30 tatsächlich vorkommt, wage ich nach

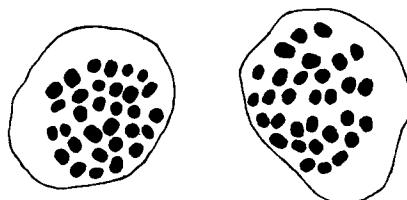


Fig. 13. *Vanessa antiopa* L. Spermatozytenplatten I mit 31 Chromosomen; gezeichnet.

dem vorliegendem Material nicht zu entscheiden. In Fig. 14 ist eine Platte mit 31 Chromosomen photographiert.

*M. athalia*. — Auch diese Art besitzt in beiden Geschlechtern die Chromosomenzahl 31. Wie Fig. 15 zeigt, sind die Chromosomen untereinander hinsichtlich der Grösse nicht erheblich verschieden, wie dies auch bei den anderen Arten der Fall ist.

Die Gattung *Argynnis* gehört zu den an Arten reichsten im Norden. Es ist mir gelungen von 14 Arten Material zu erhalten. Unter diesen befindet sich *A. ino*, die durch die geringe Zahl von nur 12—14 Chromosomen charakterisiert ist. Die Chromosomenzahlen der übrigen Arten liegen zwischen 28 und 31.

*Argynnis aphirape* v. *ossianus*. — Das Material dieser Art stammt aus der Umgebung von Borgå und wurde mir von Mag. SUOMALAINEN gesandt. Die jungen Männchen enthielten keine Reifeteilungen, weshalb ich nichts über die Chromosomenzahlen des männlichen Geschlechts mitteilen kann. Ein Ovarium besass dagegen zahlreiche Metaphasen I; in neun von diesen konnte ich mit Sicherheit exakt 28

Fig. 14. *Melitaea cinxia* L. Oozytenplatte mit 31 Chromosomen.

chromosomen zählen. Fig. 16 zeigt deutlich diese Zahl sowie die geringen Grössenunterschiede der Chromosomen.

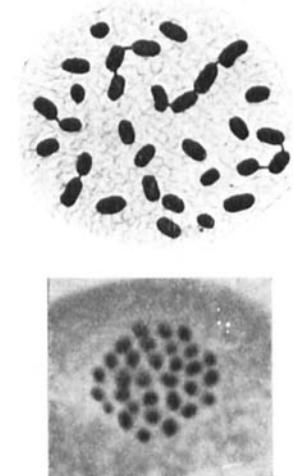


Fig. 15. *Melitaea athalia* ROTT. Spermatozytenplatte I, photographiert, gezeichnete Oozytenplatten I, alle mit 31 Chromosomen.

Chromosomen zählen. Fig. 16 zeigt deutlich diese Zahl sowie die geringen Grössenunterschiede der Chromosomen.

*Arg. selene*. — Das Männchen hat in beiden Reifeteilungen 30 Chromosomen. Fig. 17 stellt eine Platte der 2. Reifeteilung dar. Ein besonders grosses Chromosom in der Mitte der Platte fällt auf. Auch die Oozytenplatten I enthalten klar 30

Chromosomen, worunter ein grosses. Es kommen jedoch auch Platten mit 29 Chromosomen vor.

*Arg. euphrosyne*. — In beiden Reifeteilungen weist das Männchen 31 Chromosomen auf, von denen keines durch besondere Grösse auffällt. Fig. 18 einer Sper-

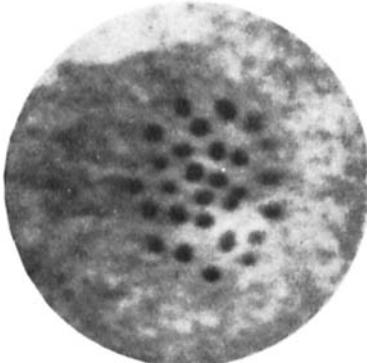


Fig. 16. *Argynnis aphirape* HB. v.  
*ossianus* HBST. Oozytenplatte I mit  
28 Chromosomen.

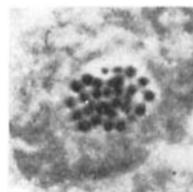


Fig. 17. *Argynnis*  
*selene* SCHIFF.  
Spermatozyten-  
platte II mit 30  
Chromosomen.

matozyte II überzeugt uns hiervon. Das Weibchen zeigt gleichfalls 31 untereinander ziemlich gleich grosse Chromosomen, wie die ungewöhnlich klare Fig. 18 beweist. Leider fehlt ein Chromosom in der Platte; es liegt im folgenden Schnitt.

Die Annahme, dass das grosse Chromosom bei *Arg. selene* zwei Chromosomen bei *euphrosyne* entspricht, liegt sehr nahe.

*Arg. pales* v. *arsilache*. — Die wenigen Platten der 2. Reifeteilung, die ich im Testis eines neuausgeschlüpften Männchens finden konnte, hatten alle deutlich 30 Chromosomen. Beim Weibchen war es dagegen möglich, mit Sicherheit zwei verschiedene Zahlen in den Metaphasen I nachzuweisen, nämlich 30 und 29. Dazu kam noch eine Anzahl Platten, in denen es nicht möglich war zu entscheiden, ob die Zahl 30 oder 29 war. Die Art bildet vielleicht einen Übergang zu den Arten *niobe*, *adippe* und *paphia*, bei denen die Weibchen immer ein Chromosom weniger besitzen als die Männchen, d. h. beim Weibchen haben sich zwei Chromosomen vereinigt.

Auch das Material dieser Art wurde von Mag. SUOMALAINEN in der Nähe von Borgå eingesammelt und zu meiner Verfügung gestellt.

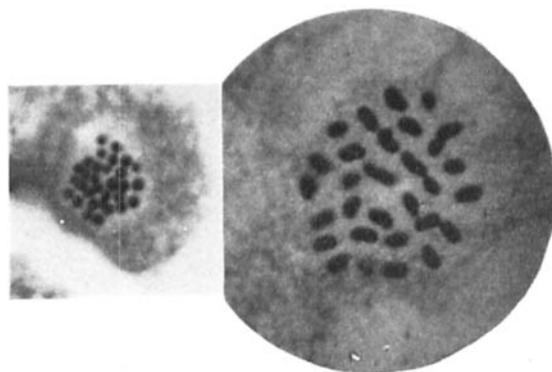


Fig. 18. *Argynnis euphrosyne* L. Spermatozyten-  
platte II und Oozytenplatte I, beide mit 31 Chro-  
mosomen. In der Oozyte fehlt ein Chromosom,  
das im folgenden Schnitt liegt.

*Arg. freija*. — Das Material stammt aus der Umgebung von Helsingfors, wo die Art Ende Mai auf den Mooren nicht selten fliegt. Es wurde von Mag. SUOMALAINEN eingesammelt und fixiert.

Mehrere Testes neuausgeschlüpfter Imagines wurden von mir sorgfältig durchsucht, ohne dass es mir gelungen wäre, Reifeteilungen zu finden. Schliesslich fand ich dennoch eine einzige Spermatozyte I, in der es möglich war, 31 Chromosomen zu zählen. Offenbar findet die Spermatogenese schon in der jungen Puppe statt.

Die Ovarien zweier Weibchen habe ich genau untersucht und dabei 10 Oozyten I mit 31 Chromosomen in einer Platte entdeckt. Ausserdem fand ich noch vier auf zwei Schnitte verteilte Platten, in denen die Zahl 31 auch einwandfrei festgestellt werden konnte. Fig. 19 gibt eine in zwei Aufnahmen photographierte, etwas schräge Platte wieder. Wie die Photographie zeigt, sind die Chromosomen untereinander ziemlich gleich gross. Das scheinbar einheitliche grosse Chromosom

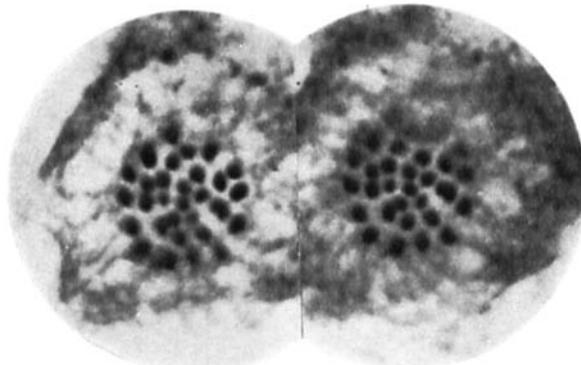


Fig. 19. *Argynnis freija* THUNB. Oozytenplatte I mit 31 Chromosomen in zwei Ebenen photographiert.

(4 Uhr) besteht aus zwei Chromosomen, die schräg untereinander liegen und auf dem Bilde verschmelzen.

*Arg. polaris*. — Von dieser hochnordischen Art fixierte mir Mag. NORDMAN ein Ovar, das leider keine vollständig reife Eier enthielt. Die Eier hatten schon ihre volle Grösse erreicht, jedoch ohne Reifeteilungen zu zeigen.

*Arg. frigga*. — Von dieser verhältnismässig seltenen Art habe ich durch die Güte des Herrn Oberlehrer Dr. ROLF KROGERUS zwei Weibchen erhalten, die er in Kivinebb in Ostfinnland erbeutet hatte. Leider kam die Sendung verzögert bei mir an, und die Weibchen waren tot. Da sie jedoch noch ganz weich waren, fixierte ich sie, wonach es sich zeigte, dass viele der Eier ganz gut fixiert waren und eine exakte Feststellung der Chromosomenzahl erlaubten.

Die Chromosomenzahl in den Oozyten I ist 31. Unter den Chromosomen fällt ein kleines und schlankes Chromosom dadurch auf, dass es öfters in einer anderen Ebene als die übrigen liegt.

*Arg. thore v. scandinavica*. — Die zwei von mir untersuchten Ovarien wurden von Mag. NORDMAN in Haukilampi in Nordlappland fixiert. Beide enthielten zahlreiche Eier. Bei fünfzehn von ihnen gelang es mir, exakt 30 Chromosomen zu

zählen. Wie Fig. 20 zeigt, sind die Größenunterschiede unter den Chromosomen nicht besonders gross.

*Arg. ino*. — Diese Art gehört zu den interessantesten, weil sie erstens eine so geringe Chromosomenzahl besitzt und zweitens verschiedene Zahlen aufweist.

In einem Testis habe ich in 23 Platten der 1. und 2. Reifeteilung 13 Chromosomen gezählt. Eine andere Zahl kam überhaupt nicht vor. In anderen Testes habe ich dagegen sowohl die Zahl 13 als 12 feststellen können. In den Platten mit 12 Chromosomen hatte ein Chromosom öfters die Form einer Acht, ein Zeichen

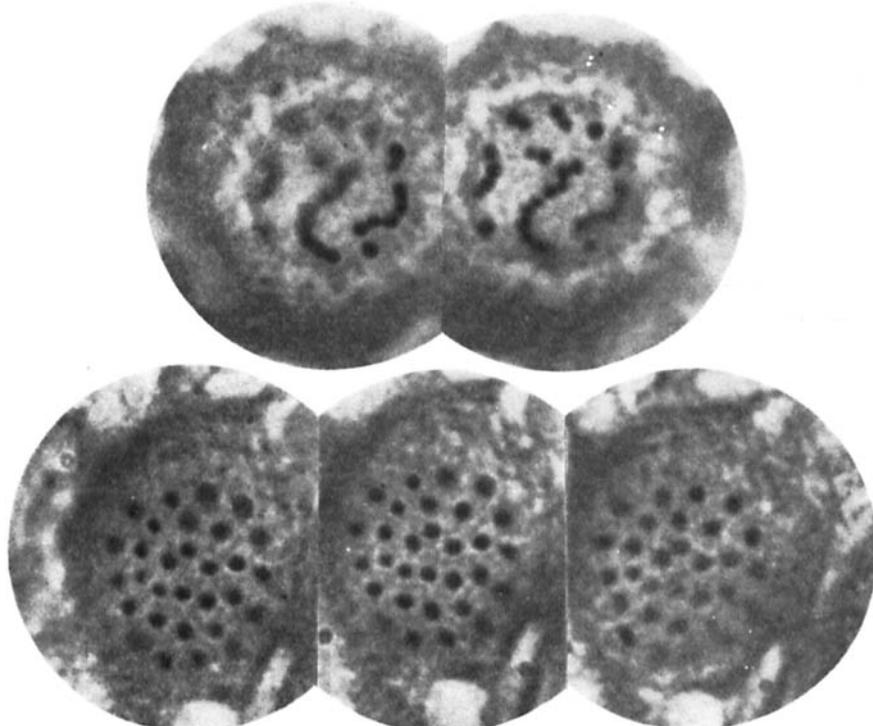


Fig. 20. *Argynnис thore* Hb. v. *scandinavica* RYFFE. Zwei Oozytenplatten mit 30 Chromosomen in zwei resp. drei Ebenen photographiert. Die Chromosomen der oberen agglutiniert.

dafür, dass es eigentlich aus zwei Chromosomen zusammengesetzt ist. Beide Zahlen kommen in beiden Reifeteilungen vor, aber die Platten mit 13 scheinen häufiger zu sein als die mit 12 Chromosomen. Das Verhältnis war 34 zu 18; dazu kamen noch 7 Platten, in denen es Geschmacksache war, ob man die Zahl als 12 oder 13 angeben wollte. Fig. 21 zeigt uns eine sehr schöne und klare Platte I mit 12 Chromosomen und zwei Platten II mit 13.

In den Oozyten ist die Zahl 13 die häufigste; die Zahl 12 habe ich überhaupt nicht beobachtet. Dagegen habe ich einige Platten gefunden, in denen 14 Chromosomen mit grosser Wahrscheinlichkeit gezählt werden konnten. Fig. 21 zeigt uns eine Oozytenplatte mit 13 Chromosomen.

Wie die Abbildungen beweisen, sind die Chromosomen von erheblicher Grösse. *Arg. ino* bildet gewissermassen in bezug auf die Chromosomenverhältnisse eine Parallele zu *Pieris brassicæ*, die gleichfalls eine geringe Zahl grosser Chromosomen besitzt.

*Arg. lathonia*. — Beide Geschlechter enthalten in den Reifeteilungen 30 Chro-

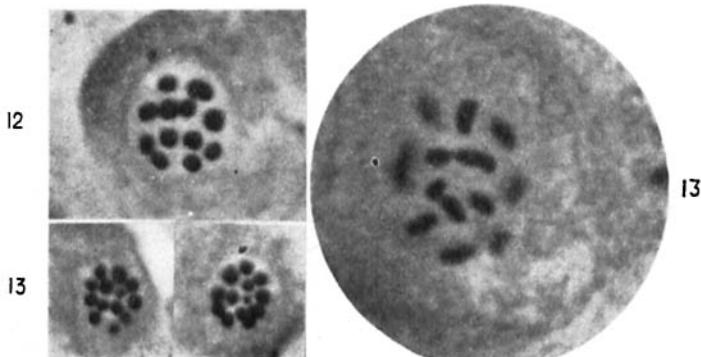


Fig. 21. *Argynnus ino* ROTT. Spermatozytenplatten: I mit 12 und II mit 13, Oozytenplatte I mit 13 Chromosomen.

mosomen. Sie sind von ziemlich gleichmässiger Grösse, in einigen Oozyten kann jedoch ein längeres Chromosom beobachtet werden. In Fig. 22 ist eine Oozytenplatte photographiert.

*Arg. aglaja*. — Das Männchen weist in beiden Reifeteilungen 29 Chromoso-

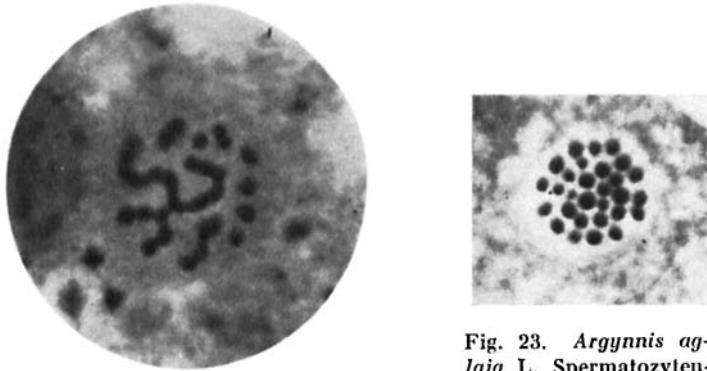


Fig. 22. *Argynnus lathonia* L. Oozytenplatte mit 30 Chromosomen.

Fig. 23. *Argynnus aglaja* L. Spermatozytenplatte I mit 29 Chromosomen.

men auf. Siehe Fig. 23. Dieselbe Zahl wird auch in den Oozytenplatten I gefunden.

*Arg. niobe*. — Bei 4 Männchen habe ich in 44 Spermatozyten I und II 29 Chromosomen gezählt. Nur in einer einzigen Platte war die Anzahl 30.

Dagegen besitzt das Weibchen in der Regel in den Oozytenplatten I 28 Chromosomen und unter diesen ein auffallend grosses. In Fig. 24 liegt dieses grosse Chromosom in der Mitte der Platte. Oft zeigt es eine Einschnürung, die auf seine

zusammengesetzte Natur hinweist. Die Chromosomenzahl 28 habe ich bei einem Weibchen in 14 Platten genau feststellen können. Bei einem anderen Weibchen überwog die Zahl 28 ebenfalls, wobei aber auch einzelne Platten mit 29 Chromosomen vorkamen. In diesen Platten konnte kein grosses Chromosom entdeckt werden.

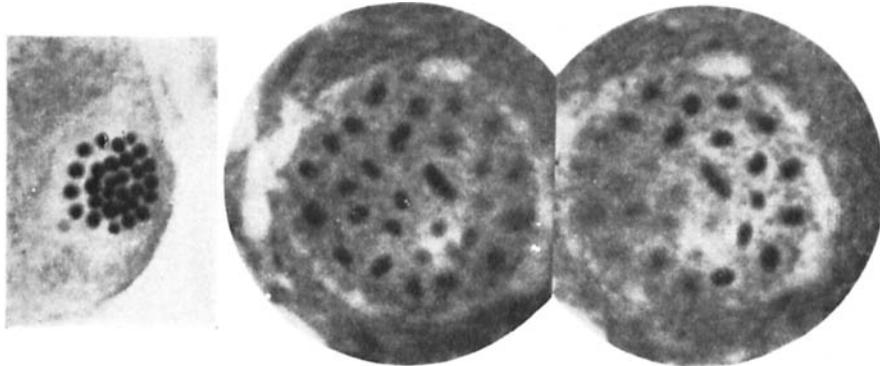


Fig. 24. *Argynnis niobe* L. Spermatozytenplatte I mit 29 Chromosomen, Oozytentplatte I in zwei Aufnahmen mit 28 Chromosomen.

Die untersuchten Weibchen stammten beide aus Ost-Nyland, Pernå, Sarvalö, die vier Männchen dagegen aus West-Nyland, Pojo.

*Arg. adippe*. — Diese Art verhält sich genau so wie die vorige. Bei vier Männchen habe ich in 86 Spermatozytenplatten I und II ganz exakt 29 Chromosomen gezählt; in einer Platte II nur 27.

Beim Weibchen ist dagegen die Zahl 28 die Regel, wie ich bei zwei Individuen

28

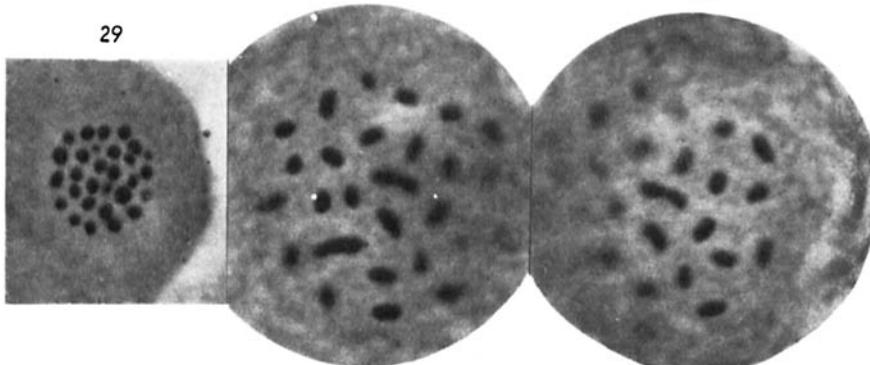


Fig. 25. *Argynnis adippe* L. Spermatozytenplatte I mit 29 Chromosomen, Oozytentplatte in zwei Aufnahmen mit 28 Chromosomen.

der Hauptform und einem Weibchen der ab. *cleodoxa* O. feststellen konnte. In 35 Oozytenplatten I habe ich 28 Chromosomen gezählt.

Wie Fig. 25 zeigt, kommt auch hier ein grosses Chromosom in der Oozyte vor. Es liegt in der linken Platte links unten und wird nach links schmäler. Zwi-

schen diesem schmäleren Ende und dem dickeren Hauptteil kann man oft eine Furche entdecken, die deutlich verrät, dass das Chromosom aus einem grossen und einem kleinen zusammengesetzt ist.

*Arg. paphia*. — In 70 Spermatozyten I und II eines Männchens habe ich exakt 29 Chromosomen gezählt; nur in einer Platte war deren Anzahl 30. Die beiden in Fig. 26 photographierten Platten I zeigen deutlich, dass zwei Chromosomen durch ihre bedeutende Grösse auffallen.

Die zwei von mir untersuchten Weibchen hatten, wie die zwei vorher beschriebenen Arten, in ihren Oozyten I 28 Chromosomen, worunter aber nicht ein, sondern

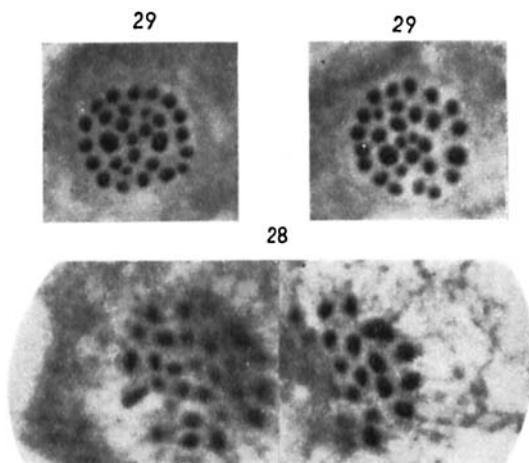


Fig. 26. *Argynnис paphia* L. Spermatozytenplatten I mit 29 Chromosomen, Oozytenplatte mit 28 Chromosomen in zwei Aufnahmen.

zwei lange Chromosomen, in Fig. 26 links 8 Uhr, rechts 2 Uhr. In ganz vereinzelten Platten konnten 29 Chromosomen gezählt werden, und in diesen Platten kam nur ein grosses Chromosom vor.

#### SATYRINÆ.

Diese Familie scheint, nach den 14 von mir untersuchten Arten zu urteilen, in bezug auf die Chromosomenzahl recht einheitlich zu sein. Bei 12 Arten finden wir nämlich die Zahlen 28 und 29. Auf fallenderweise vertreten von den beiden übrigen Arten die eine die Mindestzahl bei den Schmetterlingen überhaupt, die andere die Höchstzahl unter den Rhopaloceren. *Erebia medusa* v. *polaris* hat nämlich nur 11 Chromosomen, *Oeneis jutta* wiederum 32.

*Erebia medusa* v. *polaris*. — Mag. NORDMAN verdanke ich zwei Ovarien dieser eigentümlichen, bloss in Lappland, Utsjoki, fliegenden Varietät der nur in Mitteleuropa vorkommenden Hauptart. Die Ovarien enthielten leider eine verhältnismässig geringe Anzahl Eier. Es war mir jedoch möglich, an 4 unzerschnittenen Oozytenplatten und dazu noch an drei auf zwei Schnitte verteilten Kernen die Chro-

mosomenzahl exakt festzustellen. Sie beträgt nur 11, und als Lepidopterenchromosomen müssen diese Chromosomen als *ungeheuer gross* bezeichnet werden. Infolge ihrer Grösse und Länge liegen sie offenbar nur selten in einer Ebene. Fig. 27 zeigt uns zwei Reifemitosen, die in drei, resp. vier Aufnahmen mit verschiedener Einstellung photographiert sind, und ausserdem eine Aufnahme einiger Chromosomen einer dritten Spindel. Die Bilder geben eine Vorstellung von der Grösse und Form der Chromosomen.

Es wäre von grossem Interesse zu erfahren, ob die in Mitteleuropa fliegende

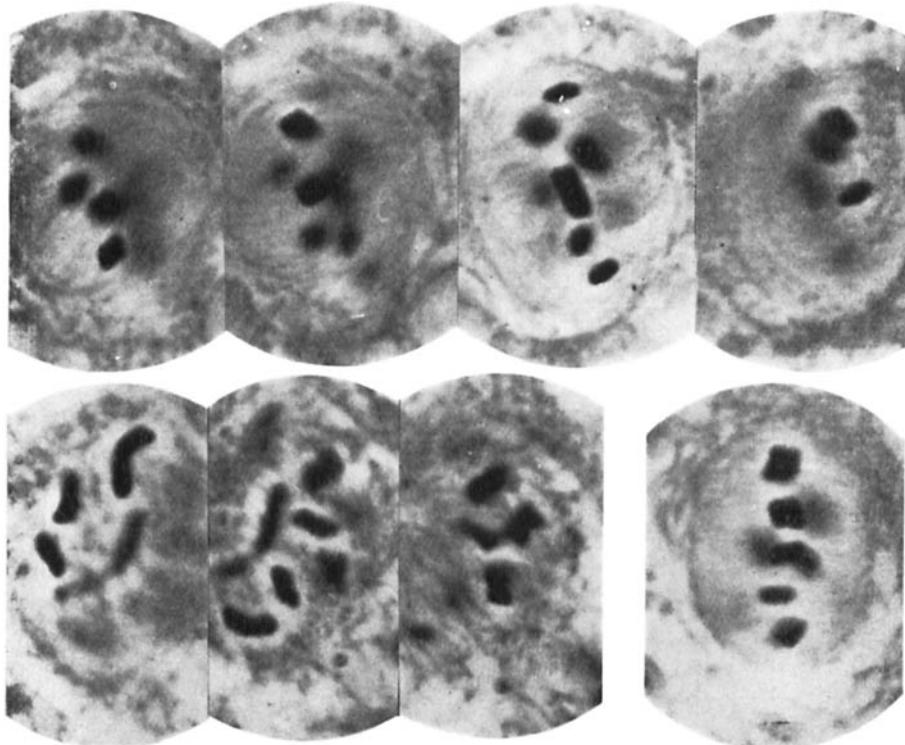


Fig. 27. *Erebia medusa* F. v. *polaris* STAUD. Drei Oozytenmitosen I. In der oberen Reihe vier Aufnahmen, die alle 11 Chromosomen zur Schau bringen. In der unteren Reihe eine jüngere Metaphase in drei Aufnahmen, daneben eine Reifemitose in Profil.

Hauptform auch dieselbe Chromosomengarnitur aufweist, oder ob die als Relikt betrachtete hochnordische Varietät durch eine Mutation diese geringe Zahl von Chromosomen erhalten hat.

*E. ligea*. — Von zahlreichen frischen Männchen habe ich die Testes fixiert, sie enthielten aber lauter Spermien und vereinzelte apyrene Teilungen, in denen die Chromosomenzahl nicht exakt festgestellt werden kann.

In einigen Oozytenplatten I von einem in Pojo und zwei in Pernå gefangenen Faltern habe ich dagegen sicher 29 Chromosomen zählen können.

*E. lappona*. — Von dieser nur in Lappland und auf den norwegischen Fjelden fliegenden Art stand mir ein von Mag. NORDMAN fixiertes Ovarium zur Verfügung. Es stammt von einem in Utsjoki gefangenem Weibchen.

Das Ovar enthielt vier ganz klare Platten mit 28 Chromosomen und ausserdem drei zerschnittenen Kerne, die sicher auch 28 Chromosomen besitzen. Fig. 28

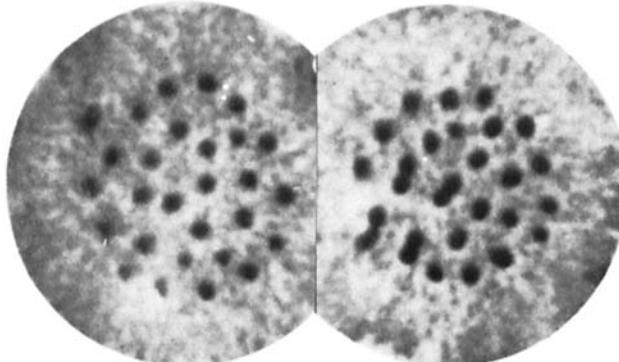


Fig. 28. *Erebia lappona* ESP. Zwei Oozytenplatten I mit 28 Chromosomen. In beiden liegt das grosse Chromosom ausserhalb der eigentlichen Platte und in einer etwas anderen Ebene als die uebrigen Chromosomen, weshalb es kleiner erscheint.

zeigt uns zwei Platten. Wie aus diesen ersichtlich ist, kommt in den Platten ein grösseres Chromosom vor, das meistens ausserhalb der eigentlichen Platte liegt. In der Platte links finden wir es bei 10 Uhr, in der Platte rechts bei 8 Uhr. In beiden Platten erscheint es viel zu klein, weil es in einer anderen Ebene als die übrigen Chromosomen liegt.

*E. disa*. — Durch die Güte von Mag. SUOMALAINEN habe ich ein von ihm fixier-

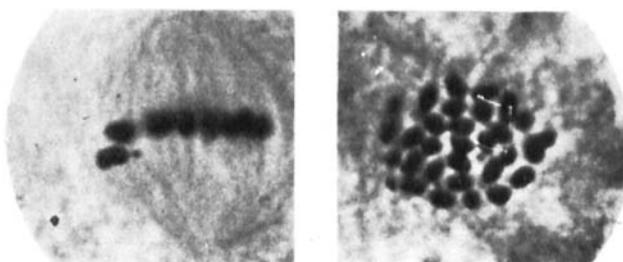


Fig. 29. *Oeneis jutta* HB. Oozyten I. Platte mit 32 Chromosomen und Satelliten. Links Spindel in Profil, Satellit sehr deutlich.

tes Ovarium dieser hochnordischen Art erhalten. Das Weibchen war in Kuusamo erbeutet.

Leider enthielt die Schnittserie des Ovars keine einzige ganze Platte, doch konnte an drei zerschnittenen Platten die Zahl der Chromosomen ganz sicher als 29 festgestellt werden.

*Oeneis jutta*. — Vier Testes von jungen Imagines enthielten keine Reipeteilungen.

Nur ein Weibchen habe ich erbeuten können; es gehört zu den interessantesten der von mir untersuchten Arten. Zunächst besitzt es die grösste Chromosomenzahl unter den Rhopaloceren, nämlich 32, wie *Papilio machaon* in Finnland. Unter diesen Chromosomen sind zwei bedeutend kleiner als die übrigen, die unter einander einigermassen gleich gross sind. Sodann besitzen viele von den grösseren Chromosomen *Satelliten*. In der in Fig. 29 wiedergegebenen Oozytenplatte I kann man

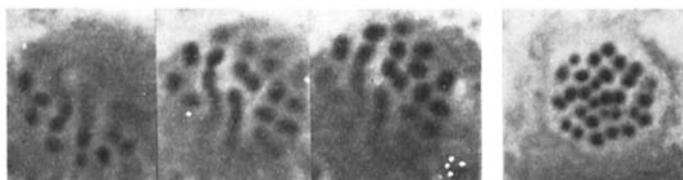


Fig. 30. *Satyrus semele* L. Oozytenplatte I in drei Aufnahmen und Spermatozytenplatte I, beide mit 29 Chromosomen.

nur 31 Chromosomen deutlich unterscheiden, weil eines von den kleinen nicht klar zum Vorschein kommt. Die Satelliten treten auch nicht deutlich hervor, weil sie eine ganz besonders genaue Einstellung fordern. Das Profilbild ist genau auf den Satelliten eingestellt, weshalb er auch scharf gezeichnet ist. Das stärkere oder schwächere Hervortreten der Satelliten ist selbstverständlich in erster Linie von der Stärke der Differenzierung abhängig. Es ist deshalb eine schwere Aufgabe ihre Anzahl exakt festzustellen. Ich möchte sie auf 6—8 schätzen. Sechs habe ich nämlich ganz sicher zählen können. Die Satelliten gehören immer zu den grossen Chromosomen; die beiden kleinen haben niemals Satelliten.

*Satyrus semele*. — In einem Testis eines jungen Imagos habe ich in 16 Spermatozytenplatten I 29 Chromosomen gezählt und nur in einer 28. In 8 Platten II war die Zahl auch 29.

In 13 Oozytenplatten I wurde gleichfalls die Zahl 29 festgestellt. Wie Fig. 30 zeigt, sind sich die Chromosomen der Grösse und Form nach sehr ähnlich.

*Pararge aegeria* v. *aegerides*. — Ein von Mag. SUOMALAINEN in der Umgebung von Helsingfors gefangenes Paar wurde mir zur Verfügung gestellt.

Das Männchen enthielt noch fünf Spermatozytenplatten I, in denen 28 Chromosomen einwandfrei gezählt werden konnten. Vgl. Fig. 31.

Im Ovar konnte in drei Platten dieselbe Zahl 28 festgestellt werden, wie Fig. 31 zeigt.

*P. hiera*. — Nur in einem von vielen untersuchten Testes habe ich in einigen Spermatozyten II die Chromosomenzahl 29 feststellen können.

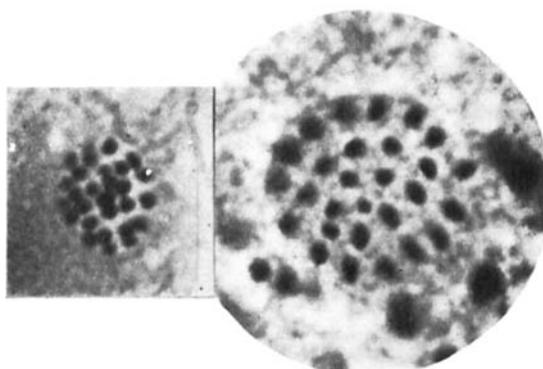


Fig. 31. *Pararge aegeria* L. v. *aegerides* STGR. Spermatozyte I und Oozyte I, beide mit 28 Chromosomen.

Bei zwei Weibchen habe ich in den Oozytenplatten I dieselbe Zahl 29 gefunden.

*P. mæra*. — In drei Testes wurde in insgesamt 28 Spermatozyten I und II exakt 28 Chromosomen gezählt. Unter diesen fällt eines durch erheblichere Grösse auf. Vgl. Fig. 32.

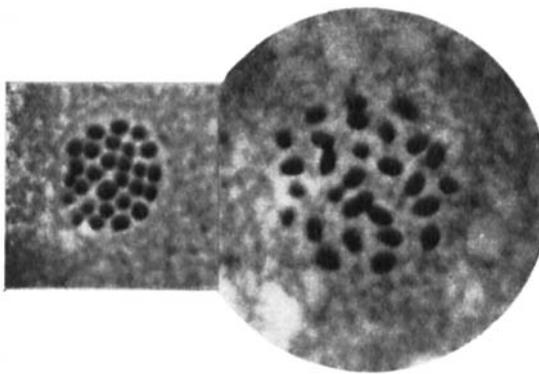


Fig. 32. *Parage mæra* L. Spermatozyte I und Oozyte I mit 28 Chromosomen.

In einem Ovar konnte in drei Oozytenplatten I die Chromosomenzahl als genau 28 festgestellt werden. Auch hier kann man ein grösseres Chromosom von den übrigen unterscheiden, wie die klare Platte der Fig. 32 darlegt.

*Aphantopus hyperantus*.

— Mehrere Schnittserien von Imagotestes zeigten lauter apyrene Reifeteilungen.

In zahlreichen Oozytenplatten I von Weibchen aus verschiedener Gegenden konnten dagegen 29 Chromosomen sicher gezählt werden.

*Epinephele jurtina*. — Drei Testes enthielten zusammen 17 Spermatozytenplatten I, die alle 29 Chromosomen besassen.

Die Oozytenplatten I sind ebenfalls durch die Zahl 29 charakterisiert. Obwohl

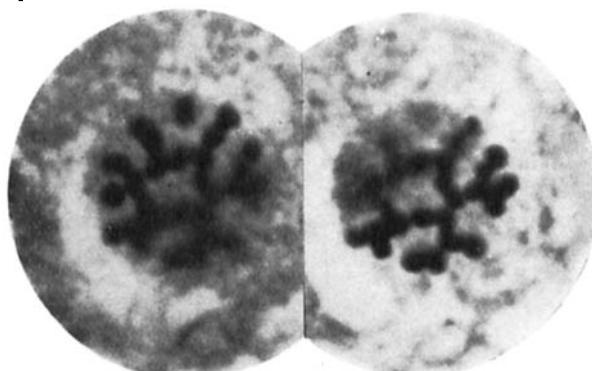


Fig. 33. *Coenonympha tiphon* ROTT. Oozytenplatte mit 29 Chromosomen, ein wenig agglutiniert, in zwei Aufnahmen.

mir leider nur wenige wirklich klare Platten zur Verfügung standen, scheint mir die Zahl 29 doch ganz sicher zu sein.

*Coenonympha iphis*. — Eine beträchtliche Anzahl genau untersuchter Testes aus neuausgeschlüpften Männchen enthielt keine Reifeteilungen.

In einigen Oozytenplatten von drei Weibchen ist es mir dagegen gelungen die Chromosomenzahl genau festzustellen; sie beträgt 29.

*C. tiphon*. — Auch bei dieser Art enthalten die Testes der Imagines keine Reifeteilungen.

Die Oozytenplatten sind denjenigen der vorigen Art ganz gleich und haben auch 29 Chromosomen (Fig. 33).

*C. pamphilus*. — Die Spermatogenese scheint bei den meisten Imagines so weit vorgeschritten zu sein, dass keine Reifeteilungen mehr vorkommen. In einem einzigen von vielen Testes gelang es mir jedoch, eine Zyste mit Spermatozyten in der ersten Reifeteilung zu finden; in zwei von diesen konnte die Zahl 29 genau festgestellt werden.

Die Oogenese habe ich an Exemplaren aus der Gegend von Borgå (Mag. SUOMALAINEN) und aus dem Kirchspiel Snappertuna untersucht. Bei einem Weibchen aus Borgå habe ich in zwei Platten sicher 28 Chromosomen zählen können und in drei weiteren nicht ganz klar 27—28. Das Snappertuna-Weibchen enthielt dagegen eine vorbildlich schöne Platte mit 29 Chromosomen. Es scheint demnach, als ob hier sowohl ein Typus mit 28 wie auch ein solcher mit 29 Chromosomen vorkäme. Das Männchen mit 29 Chromosomen stammte gleichfalls aus Snappertuna. Eine endgültige Bestätigung dieser Vermutung kann selbstverständlich erst nach Untersuchung eines grösseren Materials erlangt werden.

Fig. 34 zeigt eine wenig schöne Oozytenplatte mit 29 stark agglutinierten Chromosomen.

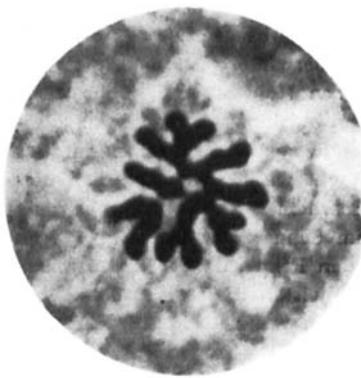


Fig. 34. *Coenonympha pamphilus* L.  
Oozytenplatte mit 29 stark agglutinierten Chromosomen.

#### LYCÆNIDÆ.

Auch die Lycaeniden scheinen, sofern man sich auf Grund der 15 von mir untersuchten Arten ein allgemeines Urteil erlauben darf, eine in bezug auf die Chromosomenzahl sehr einheitliche Familie zu bilden. 13 Arten haben nämlich 23 oder 24 Chromosomen, und eine höhere Zahl kommt nur bei der Art *Cyaniris argiolus* vor, die 25 Chromosomen besitzt. Auffallenderweise kommt auch hier, wie in den drei vorher behandelten Familien, eine Art vor, die eine weit geringere Zahl von sehr grossen Chromosomen aufweist. *Zephyrus betulae* hat nämlich nur etwa 16 lange und kräftige Chromosomen. Aber nicht nur die Chromosomenzahl ist bei der grossen Mehrzahl der Arten dieselbe, auch der Karyotypus selbst zeigt eine auffallend grosse Ähnlichkeit. In den Oozyten ist der Kern in der Regel infolge des reichlich vorhandenen Karyoplasmas und der späten Auflösung der Kernmembran leicht zu finden. Die Chromosomen liegen auch öfters recht weit voneinander entfernt, obgleich Kettenbildung in einem früheren Stadium durchaus nicht selten zu sein braucht.

*Callophrys rubi*. — Die Testes der Imagines enthalten lauter apyrene Spermatozyten und reife Spermien.

Das einzige untersuchte Weibchen enthielt einige Oozyten mit sehr schönen Platten, in denen die Zahl 23 genau festgestellt werden konnte.

*Zephyrus betulae*. — Durch Vermittlung von Mag. SUOMALAINEN wurde mir ein lebendiges Weibchen dieser bei uns seltenen Art aus Karis-Lojo zugesandt. Leider erwies es sich, dass die Fixierung der Eier grosse Schwierigkeiten bereitet. Die überwinternden Eier haben nämlich eine sehr dicke Schale, die außerdem von grossen Hohlräumen durchsetzt ist. Unter solchen Verhältnissen ist es klar, dass das Eindringen der Fixierungsflüssigkeit nur sehr langsam erfolgen kann. Trotzdem das gut und schnell durchdringende Gemisch von CARNOY zur Fixierung gebraucht wurde, erwiesen sich die Eier schlecht fixiert. Die Kernmembran scheint außerdem schlecht permeabel zu sein. Da nun überdies die harte und dicke Schale beim Schneiden sehr lästig ist, und die Eier demzufolge zerrissen werden, wurden in den Präparaten verhältnismässig wenig gute Kerne gefunden und von diesen die allermeisten in Profilansicht.

Es war mir infolgedessen nicht möglich, die Chromosomenzahl exakt festzu-

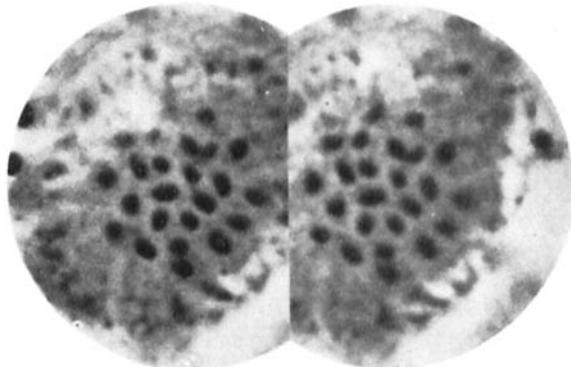


Fig. 35. *Chrysophanus hippothoë* L. Oozytenplatte I mit 24 Chromosomen in zwei Aufnahmen.

stellen. So viel ist indessen klar, dass die Chromosomen *sehr gross* und an der Zahl *gering* sind. Ich möchte die Anzahl auf etwa 16 schätzen; weniger als 14 sind es sicher nicht und mehr als 18 kaum.

*Chrysophanus virgaureæ*. — Vier Testes wurden geschnitten; in 15 Spermatozyten I und in zwei Spermatozyten II wurden exakt 24 Chromosomen gezählt; außerdem konnten die Zahlen 25 und 26 in zwei Kernen festgestellt werden. Die kleinen Chromosomen dieser Kerne deuten auf Fragmentierung hin.

In Ovarien von zwei Imagines habe ich in fünf Platten genau die Chromosomenzahl 24 nachweisen können. Die Chromosomen sind, verglichen miteinander, ziemlich gleich gross; nur eines von ihnen bildet eine Ausnahme, indem es auffallend klein ist.

*Chr. hippothoë*. — Es wurde nur ein Testis untersucht, das jedoch keine Reifeteilungen enthielt.

Die Ovarien von drei Imagines wurden geschnitten; sie hatten zusammen 23 Platten, in denen man die Chromosomenzahl 24 ganz genau feststellen konnte. Alle sind von annähernd gleicher Grösse; keines ist auffallend klein wie bei *virgaureæ*. Fig. 35 gibt eine Oozytenplatte I wieder.

*Chr. phleas.* — Der Testis einer jungen Imago enthielt 11 Platten I und eine Platte II mit 24 Chromosomen.

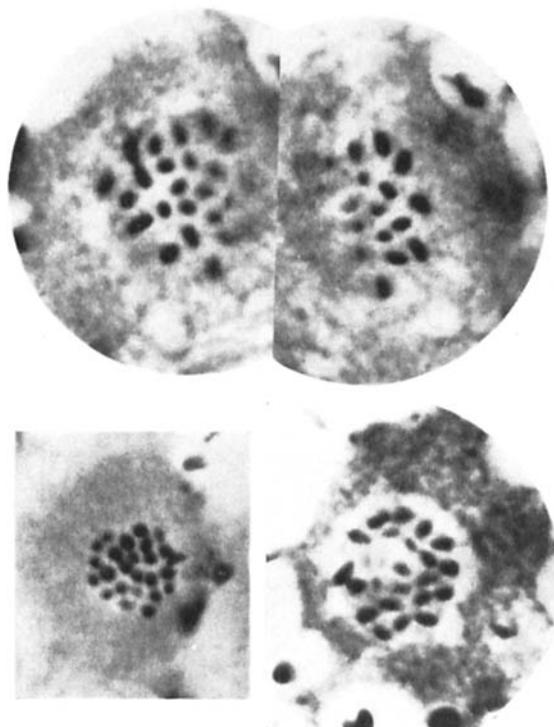


Fig. 36. *Chrysophanus phleas* L. Oben eine Oozytenplatte I in zwei Aufnahmen; unten links eine Spermatozytenplatte I und eine Oozytenplatte I, alle mit 24 Chromosomen, von denen drei in der unteren Oozytenplatte in der Mitte nur unbedeutend hervortreten.

Nur ein Ovarium wurde untersucht; es gelang mir in diesem 18 Platten I mit 24 Chromosomen zu finden.

Fig. 36 gibt eine Spermatozytenplatte I und zwei Oozytenplatten I wieder.

*Lycæna argus.* — In drei Testes wurde zusammen in 16 Platten I und in 5 Platten II die Chromosomenzahl 23 festgestellt. Vgl. Fig. 37.

In Ovarien von zwei Imagines wurden 8 Oozytenplatten I gefunden, die gleichfalls 23 Chromosomen erkennen liessen.

*L. argyrogynomon.* — In zwei Testes konnte an 11 Platten I und II die Chromosomenzahl 24 konstatiert werden (Fig. 38).

Ovarien von zwei Weibchen liessen an zusammen 7 Oozytenplatten I dieselbe Zahl 24 erkennen. In Fig. 38 sind zwei solche Platten wiedergegeben. Die Platte

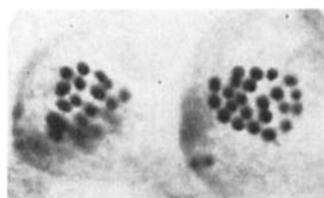


Fig. 37. *Lycaena argus* L. Spermatozytenplatte I mit 23 Chromosomen.

links ist älter und zeigt klar und deutlich 24 Chromosomen (das lange horizontal liegende besteht aus zwei Chromosomen, die in der Photographie fast miteinander vereinigt sind). Die Platte rechts ist jünger. Die endgültige Verkürzung der Chromosomen hat noch nicht stattgefunden, weshalb die Chromosomen länger und weniger scharf umrandet sind. Drei Chromosomen in der Sektion 12—2 Uhr treten nur wie Schattenflecke auf, weil sie in einer niedrigeren Ebene liegen.

Keines von den Chromosomen ist auffallend gross oder klein.

Es ist bemerkenswert, dass die beiden Arten *argus* und *argyrogynomon*, deren Weibchen einander so ähnlich sind, dass sie bloss je nach dem Vorhandensein oder Fehlen eines Stachels an der Vordertibie voneinander unterschieden werden können, eine verschiedene Chromosomenzahl besitzen.

*L. optilete*. — Trotzdem mehr als ein Dutzend Hoden von ganz jungen Imagines geschnitten wurden, gelang es mir nur einen einzigen Testis zu finden, der ganz

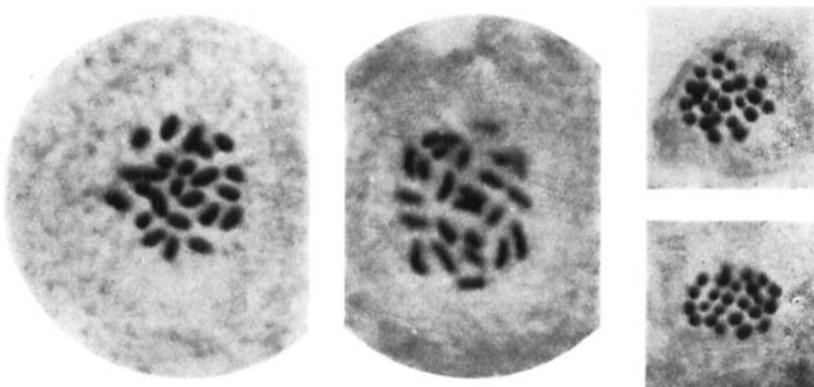


Fig. 38. *Lycæna argyrogynomon* BERGSTR. Zwei Oozytenplatten I mit 24 Chromosomen. Die rechts stehende jünger mit längeren Chromosomen, von denen die drei oben rechts (12—2 Uhr) nur durch Schattenflecke angedeutet sind. Zwei Spermatozytenplatten I mit 24 Chromosomen.

vereinzelte Reifeteilungen aufwies. Diese enthielten alle 24 Chromosomen. Die Reifeteilungen dieser Art finden offenbar schon in der Puppe oder Raupe statt.

Das einzige von mir untersuchte Ovarium enthielt einige sehr klare Platten mit 24 Chromosomen. In Fig. 39 sind zwei solche Platten gezeichnet. Die obere Platte befindet sich noch im Übergang von der Prophase in die Metaphase, weshalb die Chromosomen länger sind und eine rauhe Oberfläche haben.

*L. astrache*. — Zu meiner Verfügung standen nur ein Männchen aus Tvärminne, gefangen von Mag. NORDMAN, und ein Weibchen aus Kuusamo, Nordfinnland, wo das Ovarium von Mag. SUOMALAINEN fixiert wurde.

Der Hoden enthielt 15 Platten von Spermatozyten I und II, in denen genau 28 Chromosomen gezählt werden konnten. Unter diesen fällt ein Chromosom durch seine Grösse auf. In Fig. 40 tritt es in der Spermatozyte I besonders deutlich hervor, wogegen es in der Spermatozyte II niedriger liegt und deshalb nur als ein Schattenfleck links unten zum Vorschein kommt. Dieses grosse Chromosom teilt sich in der ersten Reifeteilung weit später als die übrigen Chromosomen und hinkt

in der späteren Anaphase nach. Wie Fig. 40 deutlich zeigt, ist es jetzt schon längsgespalten.

Im Ovarium gab es zahlreiche Eier; nur in fünf konnte jedoch die Chromosomenzahl ganz einwandfrei festgestellt werden. Sie beträgt 24, wie Fig. 40 beweist. Unter den Chromosomen kommt kein auffallend grosses vor, wie in den Spermatozyten.

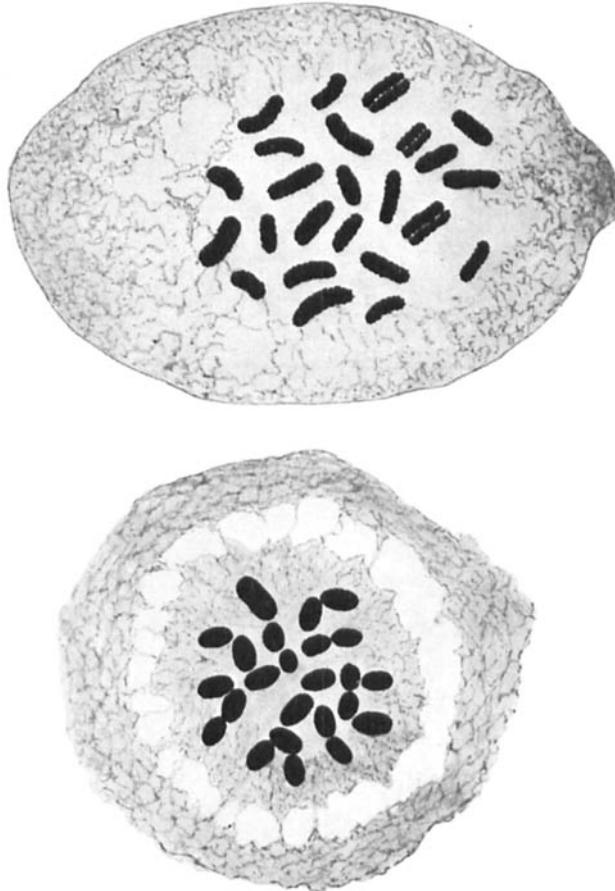


Fig. 39. *Lycaena optilete* KNOCH. Oben, eine ganz junge Oozytenplatte I mit 24 langen noch rauhen Chromosomen; Kernmembran noch nicht aufgelöst. Unten, alte Platte mit 24 ovalen glatten Chromosomen. Beide gezeichnet.

Nach diesen beiden Individuen zu beurteilen, deren eines aus dem südlichsten Finnland, das andere aus dem Norden stammte, liegen die Verhältnisse bei dieser Art, verglichen mit denen bei den *Argynnis*-Arten *niobe*, *adippe* und *paphia*, umgekehrt. Während bei den *Argynnis*-Arten die Weibchen ein Chromosom weniger haben als die Männchen, besitzt das Weibchen von *astrarche* ein Chromosom mehr. In beiden Fällen erscheint es als wahrscheinlich, dass der Unterschied durch Fusion

zweier Chromosomen entstanden ist, bei den *Argynnis*-Arten im weiblichen, bei *astrache* im männlichen Geschlecht. Da das Material von *astrache* jedoch aus geographisch weit getrennten Gegenden stammt, ist es nicht ausgeschlossen, dass der Unterschied kein geschlechtlicher, sondern ein geographischer Rassenunterschied sein könnte. Hier müssten ergänzende Untersuchungen ausgeführt werden.

*L. eumedon*. — Von dieser Art wurde ein Weibchen von Mag. SUOMALAINEN in der Nähe von Mariehamn, Åland, erbeutet und fixiert.

Das Ovarium enthielt zahlreiche Eier; in sieben Platten konnten die Chromosomen genau gezählt werden. Es sind 24 an der Zahl.

*L. icarus*. — Das Material stammt zum Teil aus Pojo, zum Teil aus Pernå. Irgend einen Unterschied zwischen den Individuen aus den beiden Kirchspielen habe ich nicht entdecken können.

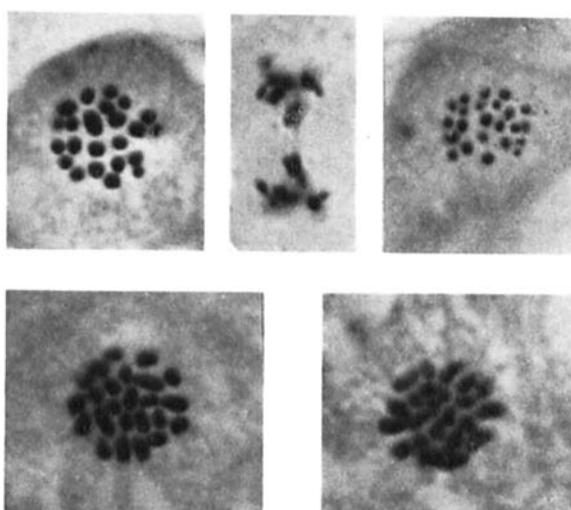


Fig. 40. *Lycena astrache* BERGSTR. Oben: Spermatozytenplatten I und II mit 23 Chromosomen, darunter ein grosses; in der Mitte eine Anaphase I mit nachhinkendem, gespaltenem, grossem Chromosom. Unten: zwei Oozytenplatten I mit 24 Chromosomen, unter denen kein grosses.

Nur ein einziger Testis wurde untersucht; in sechs Platten konnte die Zahl 23 genau festgestellt werden; außerdem kamen auch vereinzelte Spermatogonienplatten vor, in denen es möglich war, mit ziemlich grosser Sicherheit 46 Chromosomen zu zählen. In Fig. 41 sind drei Spermatozytenplatten I und eine Spermatogonienplatte nach Zeichnungen wiedergegeben. In den erstgenannten fällt ein Chromosom durch seine bedeutende Grösse auf, in der letztgenannten entdeckt man zwei längere Chromosomen.

Vier Ovarien wurden geschnitten. An dem in Pojo erbeuteten Weibchen kann in 12 Oozytenplatten die Chromosomenzahl 23 festgestellt werden, wobei das lange Chromosom stets mit einem ganz kleinen verbunden ist, wie die beiden gezeichneten Oozyten der Fig. 41 deutlich zeigen. Eines von den in Pernå gefangenen Weibchen hat 18 ganze und 4 zerschnittene Platten mit 23 Chromosomen, das zweite

hat 3 Platten mit 23 und 4 Platten mit 22 Chromosomen und das dritte schliesslich 8 ganze und 5 zerschnittene Platten, sämtliche mit 22 Chromosomen. Hierbei ist

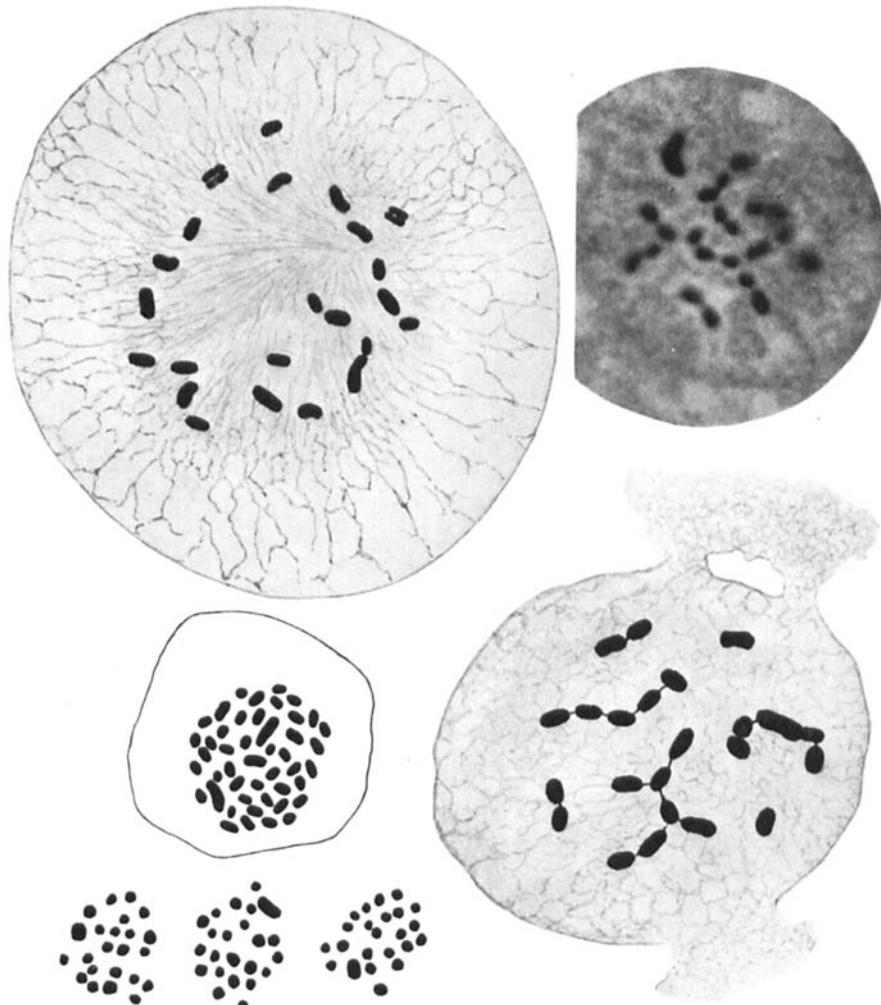


Fig. 41. *Lycaea icarus* ROTT. Links unten: Spermatogoniumplatte mit 46 Chromosomen, unter diesen 2 lange, drei Spermatozytenplatten mit 23 Chromosomen, ein langes. Oben links: Prometaphase der I. Oozytenteilung mit 23 Chromosomen, das lange in Fusion mit einem kleinen (bei 4—5 Uhr). Oben rechts: Oozytenplatte I, das fusionierte Paar bei 11 Uhr. Unten rechts: Oozytenplatte I, das fusionierte Paar bei 3 Uhr. Mit Ausnahme der Photographie oben rechts alle Abbildungen gezeichnet.

zu bemerken, dass alle Platten mit 23 Chromosomen ein langes Chromosom aufweisen, das mit einem kurzen verbunden ist, wie dies mit dem Pojo-Weibchen der Fall war. Dagegen haben die Platten mit 22 Chromosomen ein sehr langes Chro-

mosom, das der Länge nach dem langen und dem kurzen zusammen entspricht. Alles spricht also dafür, dass dieses sehr lange Chromosom durch eine Fusion des langen und des kurzen Chromosoms entstanden ist.

In den jungen wachsenden Oozyten des Pojo-Weibchens kommt ein eigenartiges Gebilde vor, das im Gegensatz zu den zu dieser Zeit rauhen Chromosomen

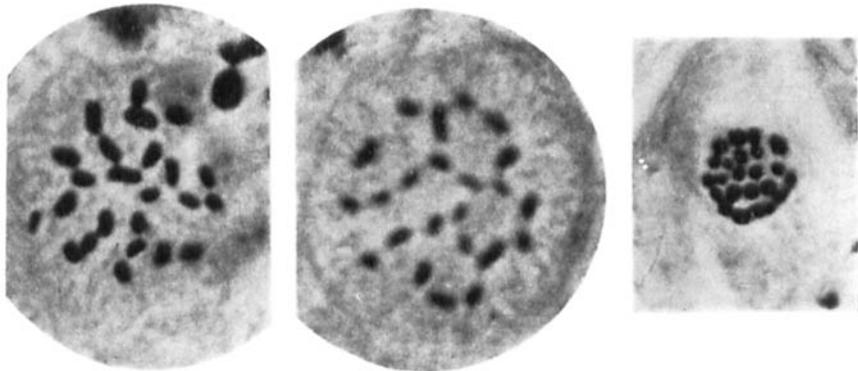


Fig. 42. *Lycæna amandus* SCHN. Zwei Oozytenplatten I und eine Spermatozytenplatte I mit 23 Chromosomen.

glatt und stark ausgedehnt ist. Da es in vielen Oozyten in ganz ähnlicher Weise auftrat, fasste ich es seinerzeit als ein Idiochromosom auf, das sich durch Heteropyknose von den Autosomen unterscheidet (FEDERLEY, 1925). In den drei aus Pernå stammenden Weibchen habe ich ein entsprechendes Gebilde nicht entdecken können, und ich muss die Deutung dieses rätselhaften Gebildes bis auf weiteres offen lassen.

*L. amandus*. — Zwei Männchen und ein Weibchen wurden untersucht.

In den beiden Testes konnten in 26 Spermatozytenplatten I 23 Chromosomen gezählt werden. Fig. 42 gibt eine solche nicht besonders schöne Platte wieder.

Das Weibchen besass 9 Oozyten I, in denen es möglich war die Zahl 23 genau festzustellen. Zwei Oozytenplatten finden wir in Fig. 42. Eine Tendenz zur Fusion von zwei Chromosomen ist nicht vorhanden.

*L. semiargus*. — Die untersuchten Testes enthielten lauter apyrene Spermien.

Fig. 43. *Lycæna arion* L. Oozytenplatte I mit 23 Chromosomen. Zwei Ovarien wurden untersucht. In 13 Platten wurde die Chromosomenzahl 24 festgestellt.

*L. arion*. — Der einzige untersuchte Testis enthielt keine Reifeteilungen, dagegen hübsche eupyrene Diakinesen, in denen jedoch die Chromosomenzahl schwer genau festgestellt werden kann. Auch recht gute Spermatogonienteilungen kamen vor, jedoch nicht so gut fixierte, dass eine genaue Feststellung der diploiden Chromosomenzahl möglich gewesen wäre.



Ein reifes Ovarium enthielt dagegen sehr zahlreiche Oozytenplatten I. In 18 derselben konnten genau 23 Chromosomen gezählt werden, und unter diesen fielen regelmässig zwei besonders lange auf. In Fig. 43 sind sie deutlich zu sehen. Ihre Lage ist nicht bestimmt; zuweilen treten sie in der Chromosomenkette hintereinander auf, meistens aber sind sie weit voneinander getrennt wie in der photographierten Platte, wo sie bei 2 und 7 Uhr zu finden sind.

*Cyaniris argiolus*. — Alle gefangenen Männchen waren viel zu alt, um Reifeteilungen zu besitzen.

Zwei Weibchen dagegen enthielten einzelne Oozytenplatten I, in denen 25 Chromosomen deutlich gezählt werden konnten. Unter diesen ist keines besonders gross, aber zwei sind ein wenig grösser als die übrigen.

#### HESPERIDÆ.

Von den vier Gattungen mit zusammen neun Arten habe ich leider nur vier Vertreter erhalten können, aber unter diesen eine Art, die in den Ovarien beide Reifeteilungen aufweist.

*Thymelicus lineola*. — Die Reifeteilungen finden im Testis schon auf dem Puppenstadium statt, denn von vier geschnittenen Testes enthielt nur einer wenige Reifeteilungen. In drei Spermatozytenplatten I konnten ganz eindeutig 29 Chromosomen beobachtet werden.

Nur ein Ovarium wurde geschnitten, und in diesem gab es nur eine Platte, in der genau 29 Chromosomen gezählt werden konnten. Vgl. Fig. 44. In einigen auf zwei Schnitte verteilten Platten wurde dieselbe Zahl beobachtet. Die Platten sind auffallend klein. Man vergleiche Fig. 44 mit Fig. 47.

*Augiades sylvanus*. — Es wurden 8 Testes aus jungen Imagines geschnitten. Nur zwei von diesen enthielten Reifeteilungen und sogar in erheblicher Zahl. Es wurden 10 hübsche Platten in der ersten und 24 in der zweiten Reifeteilung gefunden, in denen sich die Chromosomenzahl einwandfrei als 29 erwies. In Fig. 45 sind zwei photographiert; in der Platte I links ist ein Chromosom (9 Uhr) nur durch einen schwachen Schatten angedeutet.

Die Oogenese dieser Art ist von besonderem Interesse, denn die erste Reifeteilung findet hier häufig schon im Ovarium in dem unbefruchteten Ei statt. In den ältesten Eiern kann man nämlich nicht nur Anaphasen der ersten Reifeteilung finden, sondern auch Metaphasen der zweiten. Ich habe aus diesem Grunde sieben Ovarien geschnitten, und in drei von diesen war die Oogenese bis zur zweiten Reifeteilung vorgeschritten. In allen sieben Ovarien wurde in der ersten Reifeteilung die Zahl 29 festgestellt. Es waren zusammen 13 Platten. Da das Material aus Pernå und aus Snappertuna stammt, dürfte die Zahl 29 wohl als einzige Zahl angesehen werden können, um so mehr, als außerdem zahlreiche zerschnittene Platten dieselbe

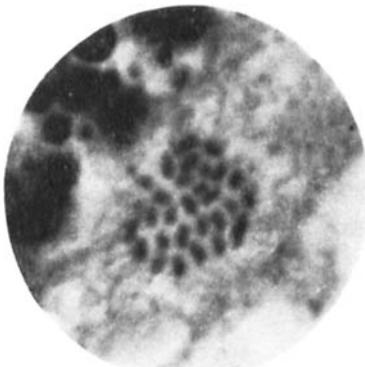


Fig. 44. *Thymelicus lineola* L. Oozytenplatte I mit 29 Chromosomen; der kleine Fleck außerhalb der Peripherie bei 10 Uhr ist kein Chromosom.

Zahl aufwiesen. Die genaue Feststellung der Zahl ist nämlich für die Beurteilung der zweiten Reifeteilung und eines eventuellen Vorkommens von Geschlechtschromosomen von grosser Bedeutung.

Es ist mir gelungen, nur drei Eier zu finden, in denen man die Chromosomen in den beiden Platten der zweiten Reifeteilung zählen kann, und leider liegen die

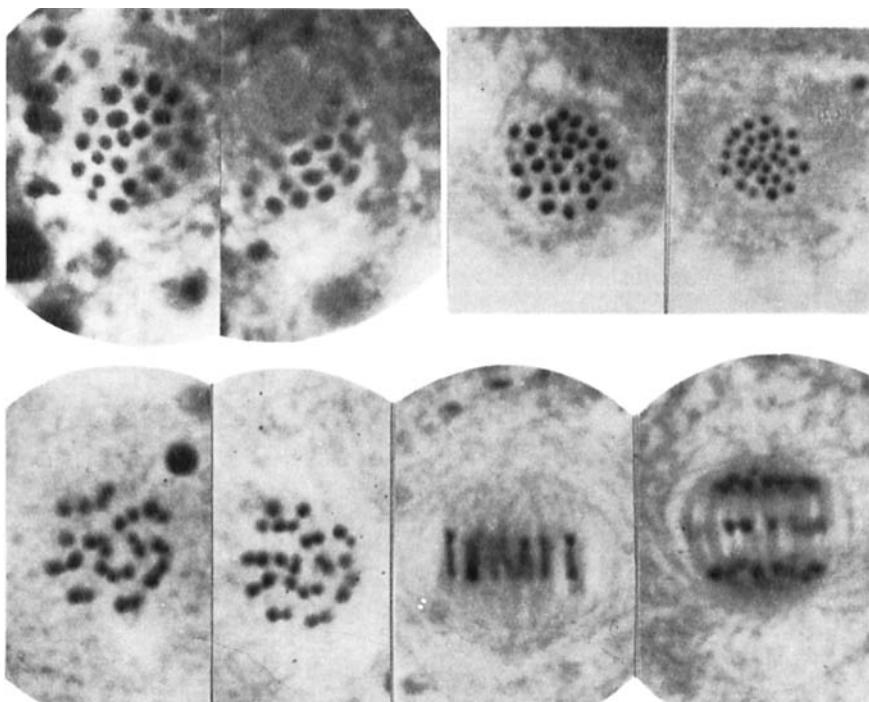


Fig. 45. *Augiades sylvanus* Esp. Oben rechts: Spermatozytenplatten I und II mit 29 Chromosomen; in der Platte links ein Chromosom bei 10—11 Uhr an der Peripherie nur blass angedeutet. Oben links: Oozytenplatte I mit 29 Chromosomen in zwei Aufnahmen. Unten links: Zwei Oozytenplatten II aus demselben Ei; in der unteren (links) kommt ein Chromosom, das in der oberen (rechts) bei 11 Uhr deutlich ist, nicht zum Vorschein, weil es in einem anderen Schnitt liegt; in der oberen (rechts) sind zwei Chromosomen in der Photographie bei 3—4 Uhr an der Peripherie so gut wie unsichtbar; in der unteren ist das eine von diesen auch undeutlich. Untere Platte mit 28, obere mit 29 Chromosomen, in der unteren fehlt das Chromosom bei 9 Uhr an der Peripherie, wogegen es klar in der oberen hervortritt. Unten rechts: Anaphase der Oozytentteilung I, in der rechten eine deutliche Eliminationsplatte.

Verhältnisse auch in diesen nicht vollständig klar. Ich werde die drei Eier jedes für sich beschreiben.

1. Hier kann man die beiden Chromosomenplatten und die Eliminationsplatte deutlich sehen. Die Chromosomenplatten sind in Fig. 45 photographiert. Das Mikrotommesser hat die obere Platte (Polplatte) nebst der Eliminationsplatte von der unteren oder der Oozytenplatte II getrennt. Von dieser ist jedoch ein

Chromosom ganz an der Peripherie (11 Uhr) entfernt worden und ist auf dem oberen Schnitt wiederzufinden. Wie den Photographien zu entnehmen ist, können die in den Platten einander entsprechenden Chromosomen mit grosser Leichtigkeit identifiziert werden. Eine Verschiebung der getrennten Chromosomen hat noch nicht stattgefunden, und die Präparate sind demzufolge ungewöhnlich klar. In der Photographie der oberen Platte sind indessen zwei Chromosomen an der Peripherie rechts (3 Uhr) infolge ihrer niedrigeren Lage nicht zu sehen; im Präparat sind sie dagegen vollständig klar. Zählen wir die Chromosomen der beiden Platten, so erhalten wir in der oberen 29, in der unteren dagegen nur 28 (in der Photographie nur 27, weil ein Chromosom in dem oberen Schnitt liegt). Es ist auch leicht anzugeben, welches Chromosom in der unteren Platte fehlt; es ist das äusserste an der Peripherie gelegene (9 Uhr). In der Eliminationsplatte kann man dieses Chromosom noch sehen und gleich unterhalb dieser, in derselben Ebene wie das aus der unteren Platte entfernte Chromosom (11 Uhr), kommt ein ganz kleiner heller Fleck zum Vorschein. Es könnte sich also um ein XY-Paar handeln, sofern dieser kleine Fleck überhaupt als ein Chromosom aufzufassen ist.

Wäre dies nicht der Fall, so hätten wir es demnach mit einem unpaarigen X-Chromosom zu tun.

2. In diesem Ei liegen beide Platten in einem Schnitt und eine Eliminationsplatte fehlt, was die Identifizierung der homologen Chromosomen erleichtert. In der oberen Platte kann man einwandfrei 29 Chromosomen zählen, in der unteren dagegen nur 28. Zwei in der oberen Platte nebeneinander liegende Chromosomen werden in der unteren von einem einzigen vertreten, das jedoch fast ebenso gross ist wie die beiden zusammen. Nun liegt aber das untere grosse Chromosom so, dass man es von der Seite sieht und der Spalt sichtbar ist, was vielleicht dazu beiträgt, das Chromosom erheblich grösser erscheinen zu lassen, als es eigentlich ist.

3. Das dritte Ei erinnert mehr an das erste. Hier sind zwar beide Platten vom Messer geteilt worden, aber das Fehlen des Eliminationschromatins und die vollständig kongruente Lage sämtlicher Chromosomen macht die Identifizierung derselben äusserst leicht. In beiden Platten kann man 29 Chromosomen zählen, wobei aber ein grosses und deutliches Chromosom der unteren Platte in der oberen nur durch ein ganz kleines und helles vertreten ist, über dessen Natur als Chromosom man gewisse Zweifel hegen kann.

In drei Eiern konnte ich also eine Verschiedenheit in den beiden Platten nach der ersten Reifeteilung beobachten. Sie ist aber nicht der Art, dass ich mir ein endgültiges Urteil über sie erlauben möchte. Das Material ist zu gering und es hängt ganz vom Zufall ab, ob man gut getroffene Anaphasen erhält. Unter solchen Umständen schien mir die Beschaffung und Untersuchung von neuem Material kaum lohnend, besonders nachdem die drei zuletzt geschnittenen Ovarien nichts prinzipiell neues enthielten. Die Weibchen dieser Art legen ihre Eier nicht leicht in der Gefangenschaft ab, und das Schneiden der Imagoovarien ist mühsam und äusserst zeitraubend, wozu noch kommt, dass der Erfolg höchst unsicher ist.

*Hesperia alveus*. — Von dieser ziemlich seltenen Art vermochte ich nur ein Weibchen und ein Männchen zu erbeuten.

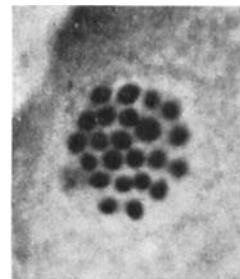


Fig. 46. *Hesperia alveus* HB. Spermatozytenplatte I mit 24 Chromosomen.

Der Testis enthält nur drei Platten der ersten Reifeteilung, alle mit 24 Chromosomen (Fig. 46). Alle Chromosomen sind von erheblicher Grösse, und eines von ihnen überragt die übrigen bedeutend der Grösse nach.

Das Ovarium weist 5 Platten der ersten Reifeteilung auf, in denen die gleiche Zahl 24 festgestellt wurde. Auch hier fällt ein Chromosom durch seine bedeutende Grösse auf.

*H. malvae*. — Mehrere geschnittene Testes von ganz frischen Imagines enthielten lauter Spermien.

In 7 Oozyten von zwei Weibchen konnte die Chromosomenzahl ganz genau

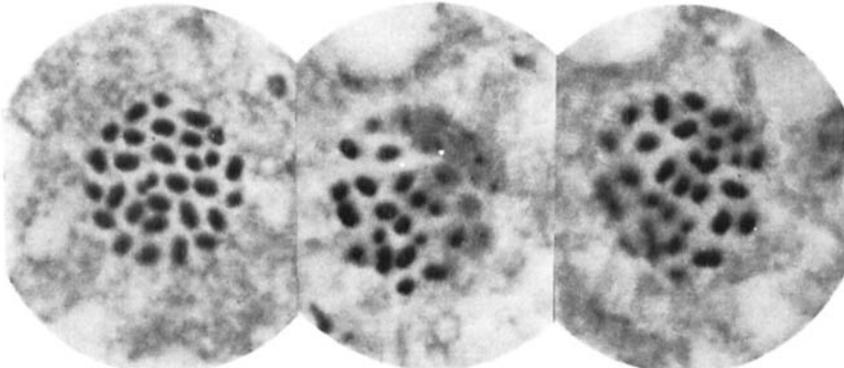


Fig. 47. *Hesperia malvae* L. Zwei Oozytenplatten mit 31 Chromosomen, eine in zwei Aufnahmen.

bestimmt werden. Sie beträgt 31. Kein auffallend grosses Chromosom kommt vor, wohl aber ziehen etwa drei Chromosomen durch ihre geringe Grösse (Fig. 47) die Aufmerksamkeit auf sich.

---

Wenn in der obigen Beschreibung der Arten nichts vom Fundort derselben erwähnt ist, so sind die Exemplare von mir auf der grossen Insel Sarvsalö in der Lill-Pernå Bucht erbeutet worden.

### ALLGEMEINE ERÖRTERUNGEN.

Der Verfasser ist sich der Mängel der obigen Untersuchung klar bewusst. Sie kann weder als eine Schilderung der Gametogenese noch als eine Beschreibung der Karyotypen der Rhopaloceren gelten. Die Karyotypen kommen ja bekanntlich immer am deutlichsten in den somatischen Mitosen zum Vorschein, und gerade diese sind von mir nicht untersucht worden. Ausserdem lässt das benutzte Fixiermittel, das Gemisch von CARNOY, bei all seinen Vorzügen, die Morphologie der Chromosomen nicht zu ihrem Rechte kommen. Es schien mir jedoch nicht der Mühe wert, eine derartige allen Ansprüchen genügende

Karyologie der Rhopaloceren anzustreben, denn die Erfahrungen meiner Untersuchungen über andere Lepidopterenfamilien haben mich davon überzeugt, dass die somatischen Chromosomen der Schmetterlinge überhaupt ihrer Form nach wenig charakteristisch sind. Nur ausnahmsweise kommen vereinzelte grosse Chromosomen von besonderer Form vor. Es dürfte nur äusserst selten möglich sein, unter den zahlreichen kleinen Chromosomen von mehr oder weniger kurzylindrischer Form eines Chromosomensatzes ein bestimmtes Chromosom-individuum zu identifizieren. Hierzu kommen noch praktische und technische Schwierigkeiten, die mit der Beschaffung des nötigen Materials verbunden sind.

Bei den Schmetterlingen kann man die somatischen Mitosen eigentlich nur während der Bildung des Blastoderms studieren, und diese findet bei den verschiedenen Arten zu sehr verschiedener Zeit statt und ist dazu noch von sehr kurzer Dauer. Man kann sich also das nötige Material nur derweise beschaffen, dass man Eier ablegende Weibchen in Gefangenschaft hält und genau den Zeitpunkt der Eiablage notiert und sodann nach bestimmten Zeitperioden die Eier fixiert. Hierbei wird man die wenig erfreuliche Erfahrung machen, dass ein sehr grosses Material vergeblich untersucht werden muss, ehe man über die gewünschten Stadien verfügt.

Die Fixierung bereitet ebenfalls Schwierigkeiten. Als für die somatischen Chromosomen geeignete Fixiermittel werden in erster Linie diejenigen mit Osmiumsäure empfohlen; sie sind aber in unserem Falle völlig unbrauchbar. Die Eier lassen sich nämlich nach einer solchen Fixierung nicht schälen, sondern zerbröckeln und können sogar in ein feines Pulver zerfallen. Ungeschälte abgelegte Eier wiederum, deren Chorion an der Luft erhärtet ist, lassen sich nicht schneiden. Die anderen Fixierungsgemische, die sich besonders für somatische Chromosomen eignen sollen und allgemein von den Botanikern benutzt werden, dringen wieder so langsam und schlecht ein, dass die Chromosomen ganz miserabel fixiert werden und von ihren »Constrictions» überhaupt nichts zeigen. Ich bin schliesslich immer wieder zu dem alterprobten für Insekten besonders günstigen Gemisch von CARNOY (6 : 3 : 1) zurückgekehrt. Ich lasse es aber nicht länger als einige Stunden wirken und wasche die Präparate in einem Gemisch von Chloroform und absolutem Alkohol aus, wonach sie durch reines Chloroform in Parovax eingebettet werden.

Obwohl also die vorliegende Untersuchung durchaus nicht als eine Karyologie der Rhopaloceren charakterisiert werden kann, dürfte sie

trotzdem in zytologischer Hinsicht nicht ohne Interesse sein. Zwar ist die Form der Chromosomen bei den Schmetterlingen überhaupt im grossen und ganzen wenig interessant, und besonders in den Reifeteilungen treten die Chromosomen fast ausschliesslich in sphärischer oder elliptischer Form auf. Wir dürfen demnach keine Resultate erwarten, die mit den von den russischen Botanikern an verschiedenen Pflanzenfamilien gewonnenen Ergebnissen verglichen werden könnten. Ich erinnere nur an die schönen Analysen von NAWASCHIN an *Crepis*-Arten, SVESHNIKOVA an *Vicia*-Arten und die Untersuchungen über die Morphologie der Chromosomen von LEVITSKY (1931). Bei den Schmetterlingen sind ähnliche Analysen an miteinander verwandten Arten nicht oder nur ausnahmsweise möglich. Wir müssen uns hier in erster Linie auf die Zahl- und Größenverhältnisse der Chromosomen beschränken. Es wird sich indessen zeigen, dass man auch bei den Rhopaloceren gewisse für die Familien charakteristische Karyotypen feststellen kann, obwohl sie nicht so ausgesprochen sind wie bei den Pflanzen.

## ZAHL, GRÖSSE UND FORM DER CHROMOSOMEN.

### DIE CHROMOSOMENZAHL.

Die Aufgabe, eine zusammenfassende und übersichtliche graphische Darstellung der bei den 67 untersuchten Rhopaloceren-Arten gefundenen Chromosomenzahlen zum Zweck einer vergleichenden Behandlung derselben zu geben, bereitet gewisse Schwierigkeiten.

Erstens haben die Geschlechter derselben Art nicht selten verschiedene Chromosomenzahlen, welche Verschiedenheiten jedoch nicht mit dem Vorkommen von Geschlechtschromosomen verbunden sind, sondern von verschiedenartiger Fusion resp. Fragmentierung der Chromosomen in den beiden Geschlechtern bei der Gametogenese abhängig sind. In solchen Fällen habe ich immer die grössere Zahl als die für die Art charakteristische angegeben.

Zweitens kommen Individuen desselben Geschlechts mit verschiedenen Chromosomenzahlen vor. Hier habe ich mich bemüht, soweit es mir möglich war, festzustellen, welche Zahl als die häufigste angesehen werden kann, und sodann habe ich diese in die graphische Darstellung eingeführt.

Drittens stösst man auf Individuen, die in ein und derselben Gonade, in der Regel in dem Testis, eine ganze Serie von Chromosomen-

zahlen aufweisen. In solchen Fällen habe ich auch die allgemeinste Zahl der Statistik zu Grunde gelegt.

Einige Beispiele mögen die Schwierigkeiten erläutern.

In der Familie der *Pieriden* haben sich die Schwierigkeiten gehäuft, indem nicht nur die beiden Geschlechter verschiedene Zahlen aufweisen, sondern die Zahl noch überdies in demselben Geschlecht wechselt, wobei ein und dasselbe Individuum eine relativ konstante Zahl zeigt, oder aber die Zahl in den verschiedenen Spermatozyten desselben Testis erheblich schwanken kann. So hat z. B. das Männchen von *Leptidia sinapis* 26—28 Chromosomen, das Weibchen dagegen 30—31, vielleicht sogar noch mehr (Fig. 8). Bei *Colias palæno* fanden wir wiederum in dem Testis eines Männchens 31—34 Chromosomen, bei den zwei untersuchten Weibchen dagegen nur die Zahl 31 (Fig. 9).

Bei den *Nymphalinen* hat bei einigen Arten in den Oozyten I eine Fusion von zwei Chromosomen stattgefunden, so dass z. B. bei *Argynnis niobe*, *A. adippe* und *A. paphia* (Fig. 24—26) regelmässig beim Männchen 29, beim Weibchen meistens nur 28 Chromosomen in den Gametozysten I gezählt werden. Bei *Arg. pales v. arsilache* scheint die Fusion nicht immer vollzogen zu werden, so dass man für das Männchen 30, für das Weibchen 29 und 30 als die charakteristische Zahl angeben muss. Bei einzelnen *niobe*-Weibchen unterbleibt die Fusion gleichfalls.

Unter den *Lycæniden* entdeckten wir wieder ein zu dem bei den *Argynnис*-Arten beschriebenen umgekehrtes Verhältnis, indem bei *Lycæna astrarche* (Fig. 40) das Männchen nur 23 Chromosomen (unter diesen ein sehr grosses) besitzt, das Weibchen dagegen 24. Bei *Lycæna icarus* sehen wir wiederum eine andere Eigentümlichkeit. Hier ist in der Oozyte I das grösste Chromosom immer mit einem kleineren verbunden, aber die Fusion ist hier nicht bei allen Individuen so innig, dass man nicht die beiden fusionierten Chromosomen deutlich als zwei erkennen könnte.

Unter den oben beschriebenen, bei den Rhopaloceren herrschenden Verhältnissen kann man es gewissermassen als eine Geschmacksache bezeichnen, wie man die graphische Darstellung der Chromosomenzahlenverhältnisse gestalten will. Eine allzu grosse Verschiebung der Zahlenreihen würde indessen kaum hervorgerufen, wenn man anderen als den von mir gewählten Massregeln Folge leisten würde. Im grossen und ganzen würden die Diagramme ihre charakteristischen Eigenschaften trotzdem beibehalten.

Betrachten wir nunmehr nach den vorangegangenen Erklärungen die auf S. 440 wiedergegebenen graphischen Darstellungen (Dia-

gramm I), so entdecken wir, dass sie nicht ohne Interesse sind. Wir fangen unsere Analyse mit den Familien an.

Die drei *Papilioniden* mit 29, 30 und 32 Chromosomen sind hier nicht besonders dargestellt.

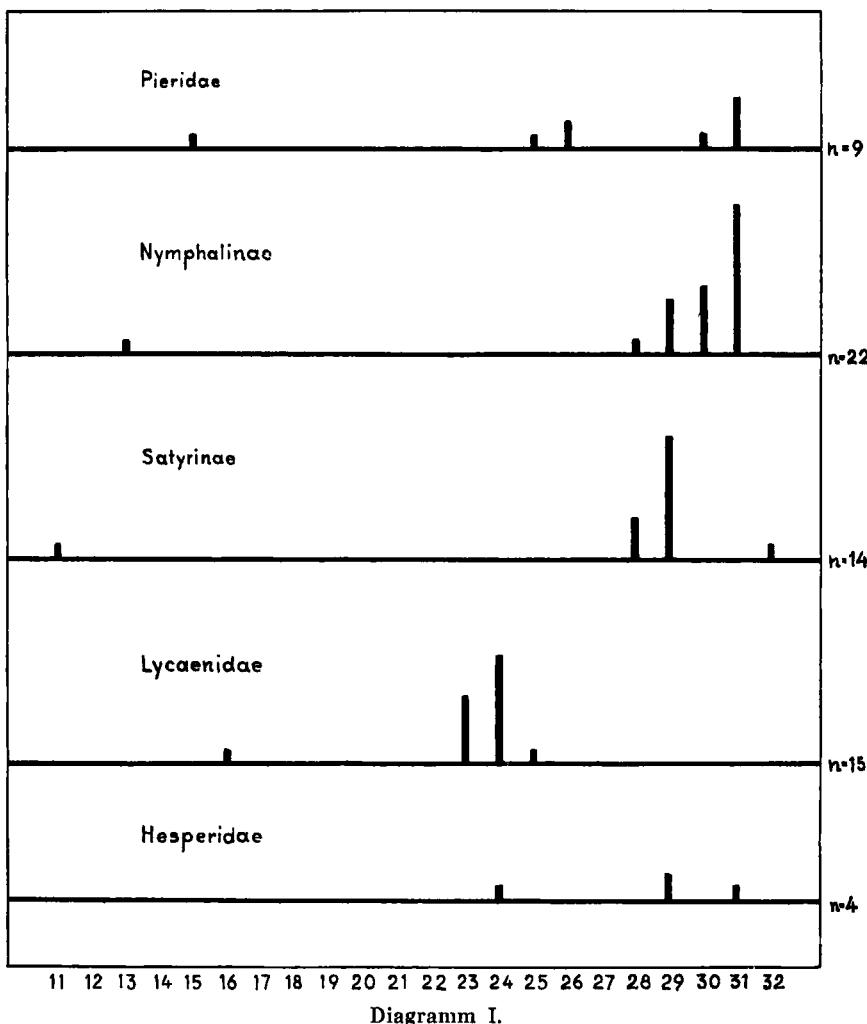


Diagramm I.

Von den neun untersuchten *Pieriden* fallen fünf auf die Klassen 30—31, drei auf die Klassen 25—26, und eine einzige Art *Pieris brassicæ* hat nur 15 grosse Chromosomen.

Unter den 22 *Nymphalinen* fallen 20 auf die Klassen 29—31, eine Art hat 28 Chromosomen und *Argynnis ino* zeigt die niedrige Zahl 13,

wobei aber zu bemerken ist, dass die Chromosomen sehr gross sind.

Die 14 *Satyrinen* verteilen sich auch ähnlich wie die Arten der vorigen Familien, indem 12 Arten zu den Klassen 28—29 gehören, eine Art 32 Chromosomen besitzt und *Erebia medusa* 11 riesengrosse Chromosomen hat.

Bei den *Lycäeniden* ist der Höhepunkt der Frequenzkurve nach links verschoben, so dass von den 15 Arten 13 auf die Klassen 23—24 entfallen, nur eine Art 25 Chromosomen hat, und *Zephyrus betulæ* etwa 16 grosse Chromosomen aufweist.

Die vier *Hesperiden* sind nur deswegen graphisch dargestellt, weil sie eine gewisse Ähnlichkeit mit den übrigen Familien zeigen. *Hesperia alveus* mit ihren 24 Chromosomen steht auch hier ziemlich weit links von den drei übrigen mit ihren 29 und 31 Chromosomen.

Es wird, wenn man die Diagramme betrachtet, sofort klar, dass sie gewisse gemeinsame Charakteristika besitzen. In allen Familien zeigt die Verteilung der Arten auf die verschiedenen Klassen eine gewisse Ähnlichkeit. Alle Diagramme besitzen einen mehr oder weniger ausgesprochenen Gipfel, der bei den Pieriden und Nymphalinen bei 31 liegt, bei den Satyriden und Hesperiden (wenn sie überhaupt mitgezählt werden sollen) bei 29 und bei den Lycäeniden etwas mehr nach links bei 24. Sämtliche Familien sind aber auch durch eine Spezies charakterisiert, die eine weit geringere Zahl von Chromosomen aufweist, und diese sind immer sehr viel grösser als bei den übrigen Vertretern der Familie.

Durchmustern wir nun das neueste Verzeichnis über Chromosomenzahlen bei Lepidopteren von MAKINO, der hauptsächlich auf BELIA-JEFF baut, so finden wir, dass die oben angeführten Rhopaloceren-Familien in ihrer Art durchaus nicht alleinstehend sind. Es gibt auch andere Familien, die eine ganz ähnliche Verteilung der Arten in bezug auf die Chromosomenzahl zeigen. Ich führe hier die Zahlenreihen der 10 Saturniiden und der 15 Geometriden an.

Saturniiden: 13, 19, 29, 30, 30, 30, 31, 31, 33, 49

Geometriden: 13—14, 28, 30, 30, 31, 31, 31, 32, 32, 33, 37, 51, 56, 112

Also wiederum ein ausgesprochener Gipfel bei 30—31 und eine Art mit einer sehr niedrigen Zahl 13 (unter den Saturniiden dazu noch eine mit der Zahl 19).

Ausserdem möchte ich noch die Aufmerksamkeit auf vier Familien lenken, in denen die Kurve der Chromosomenzahlen eine äusserst

geringe Breite hat und nur 2—4 Klassen umfasst. Es sind die folgenden:

8 Sphingiden . . . . .	27—29	Chromosomen
7 Lasiocampiden . . . . .	30—31	»
9 Noctuiden . . . . .	29—31	»
7 Arctiiden . . . . .	28—31	»

Nur in zwei Familien ist die Variationsamplitude eine weite und die Verteilung der Arten auf der Kurve gleichmässiger.

Notodontidæ: 21, 23, 28, 29, 29, 30, 30, 31, 49

Lymantriiden: 11, 14, 23, 28, 28, 30, 30, 31, 87

Man fragt sich: liegt hier nur ein Zufall vor oder ist diese höchst auffallende Verteilung der Chromosomenzahlen der Ausdruck eines Prozesses, der eine Fusion der Chromosomen verursacht? Es scheint mir, dass wir es tatsächlich mit einer Mutation zu tun haben, die eine Verschmelzung der Chromosomen zu grösseren Verbänden hervorruft. Für eine solche Annahme spricht zunächst die schon hervorgehobene erhebliche Grösse der Chromosomen bei den Arten mit einer geringen Zahl. Man vergleiche z. B. die 11 Riesenchromosomen von *Erebia medusa* mit den 28 von *Erebia lappona*, oder die 12—13 Chromosomen von *Argynnis ino* mit denjenigen der übrigen Arten dieser Gattung. Der Vergleich zwingt, meiner Ansicht nach, zu der Annahme, dass wir es bei den genannten Arten mit wenigen, grossen Chromosomen, mit *Sammelchromosomen* zu tun haben, wie solche ja auch anderwärts im Tierreich bekannt sind. Ich erinnere an das klassische Beispiel *Ascaris megalcephala*. Wir finden jedoch auch viel näher liegende Beispiele einer solchen Fusion von Chromosomen. Ich verweise zunächst auf den S. 399 erwähnten Fall bei *Lymantria monacha* und füge noch die von SEILER (1922) untersuchten und genau analysierten Verhältnisse bei *Solenobia pineti* hinzu. Bei dieser Art fand SEILER sowohl in der Oogenese als auch der Spermatogenese in den Gametozyten I 30, 31 und 32 Chromosomen. In der Regel enthält ein und dasselbe Individuum nur eine einzige Anzahl, nur bei vereinzelten Weibchen konnten die Eier verschiedene Zahlen aufweisen. Auch die somatischen Chromosomenzahlen konnten an Blastodermmitosen genau festgestellt werden und erwiesen sich als 61, 62 und 63. Die Zahl 64 kam nicht vor, 60 auch nicht (in der Tabelle wird diese Zahl jedoch vier Mal angeführt, obgleich sie dem Text nach fehlen soll). Wenn alle Gameten miteinander fertile Kombinationen bilden, so hätte man auch die Zahlen 60 und 64 erwartet. SEILER erklärt ihr Fehlen damit, dass diese

Kombinationen mit der Höchst- und Mindestzahl so selten sind, dass sie in seinem verhältnismässig kleinen Material nicht realisiert wurden. Was uns in dieser Darstellung der Chromosomenverhältnisse bei *Solenobia pineti* besonders interessiert, ist die Feststellung, dass diese Art ein Chromosom besitzt, dass als ein einheitliches Chromosom oder als zwei oder drei selbständige Chromosomen auftreten kann, sowie dass diese verschiedenen Koppelungsverhältnisse der Chromosomen erblich bedingt sind und sich mendelistisch vererben. Dabei dominiert der eine Typus immer über den anderen. Auf SEILERS in mancher Hinsicht interessanten Darlegungen über die Bedeutung dieser eigenartigen Verhältnisse für den Faktorenaustausch brauchen wir hier nicht näher einzugehen.

Nach meinen Untersuchungen, die ja nur Stichproben von verschiedenen Arten sind, will es mir scheinen, dass *Solenobia pineti* als eine Art mit einer Anzahl verschiedener Chromosomenrassen nicht allein dasteht. Es kommen offenbar viele andere Arten vor, die ähnliche Verhältnisse aufweisen, sonst hätte ich wohl kaum in meinem Material so viele Beispiele finden können.

Auch bei *Phragmatobia fuliginosa* kommen, wie bereits erwähnt, nach den Untersuchungen SEILERS, mehrere Rassen vor, die nur an den Chromosomen unterschieden werden können. Bei einer von ihnen gibt es ein sehr langes Chromosom, das bei einer anderen auf zwei selbständige Chromosome verteilt ist.

Ob in den von SEILER untersuchten Fällen die Entwicklung in der Richtung einer Vermehrung der Chromosomen, d. h. einer Fragmentierung derselben oder umgekehrt in der Richtung einer Verminderung der Chromosomenzahl, also einer Fusion schreitet, darüber äussert sich SEILER mit grosser Vorsicht. Er lässt die Frage offen.

Es gibt aber auch andere Indizien dafür, dass die grossen Chromosomen Sammelchromosomen sind. Schon 1913 beschrieben DONCASTER und HARRISON die Chromosomenverhältnisse bei *Biston hirtarius* und *zonarius* sowie bei dem Bastard zwischen diesen beiden Arten. *Biston hirtarius* ist eine Art, die in zwei verschiedenen Chromosomenrassen auftritt, in einer mit 14 und einer mit 13 Chromosomen. Die letzterwähnte Rasse zeigt deutlich, dass ein Chromosom aus zweien zusammengesetzt ist. Bei den reziproken Bastarden zwischen *hirtarius* und *zonarius* können die Elternchromosomen infolge ihrer verschiedenen Grösse leicht unterschieden werden, und in den meisten Spermatozyten ist es möglich zu konstatieren, dass keine oder nur ganz wenige *zonarius*- und *hirtarius*-Chromosomen miteinander konjugiert haben.

Es kommen aber auch vereinzelte Spermatozyten vor, in denen die Chromosomenzahl nur 50 oder etwas mehr beträgt. Hier haben also zwei oder mehrere *zonarius*-Chromosomen mit einem *hirtarius*-Chromosom konjugiert, sonst wäre eine Abnahme der Chromosomenzahl unter 56 nicht möglich, wenn man nicht bei *zonarius* Autosyndese annimmt. Dass zwei kleinere Chromosomen mit einem grösseren konjugieren spricht aber dafür, dass dieses ein Sammelchromosom ist. Wir können es also als höchst wahrscheinlich ansehen, dass die 14 grossen *hirtarius*-Chromosomen durch eine Fusion von mehreren kleinen Chromosomen von *zonarius*-ähnlichem Typus entstanden sind, sonst könnte kaum eine Affinität zwischen einem *hirtarius*-Chromosom und zwei oder mehreren *zonarius*-Chromosomen vorhanden sein.

Zu diesem Beispiel kann ich einen Fall hinzufügen, der noch deutlicher für die Richtigkeit der Annahme einer Fusion von Chromosomen spricht. Der Fall ist noch nicht vollständig klargelegt und deshalb nicht veröffentlicht. Es handelt sich um eine Kreuzung der schon in der Einleitung berührten Arten *Dicranura vinula* mit 21 Chromosomen mit der in Marocco fliegende *D. delavoiei* mit 31 Chromosomen. Bis jetzt habe ich nur einen Testis des Bastards untersuchen können; die weiblichen Puppen haben überhaupt noch keine Falter ergeben, sondern überwintern zum zweiten Male, wie dies bei den *Dicranura*-Arten gewöhnlich ist. Die Spermatogenese ist aber höchst interessant. Eine nicht ganz geringe Zahl der Spermatozyten zeigt nämlich nur 21 Chromosomen, und sehr zahlreiche Platten der ersten Reifeteilung haben eine Chromosomenzahl, die nur um wenige Chromosomen die Zahl 21 übersteigt. Hier haben also zweifellos von den 31 *delavoiei*-Chromosomen zwei oder mehrere mit einem *vinula*-Chromosom konjugiert. Es dürfte also kaum allzu kühn sein, aus diesem Verhältnis die Schlussfolgerung zu ziehen, dass die *vinula*-Chromosomen Sammelchromosomen sind, die durch Fusion mehrerer Chromosomen von *delavoiei*-ähnlichem Typus entstanden sind.

In diesem Zusammenhang möchte ich auch noch an den S. 398 erwähnten Fall erinnern, in dem durch eine Kreuzung zweier *vinula*-Rassen, beide mit 21 Chromosomen, ein Bastard mit 20 Chromosomen entstand. Hier wird also die Fusion durch eine Neukombination von Genen ausgelöst (FEDERLEY, 1937).

Wir sind also zu der Schlussfolgerung gelangt, dass ein bestimmter Erbfaktor, oder vielleicht mehrere solche, für die Bildung von Sammelchromosomen verantwortlich sind. In einer solchen Annahme liegt nichts unwahrscheinliches. Wir kennen ja schon seit langem Gene, die

die Form der Chromosomen beeinflussen. Solche sind von LESLEY und MANN bei *Mathiola incana* entdeckt und in bezug auf ihre Wirkungsweise experimentell untersucht worden. SEILER (1925) hat auch ähnliche Gene bei *Phragmatobia fuliginosa* gefunden. Diese Gene haben auf die Form aller Chromosomen dieselbe Wirkung. Es darf also als feststehend angesehen werden, dass es Gene gibt, die sozusagen eine generelle Wirkung auf sämtliche Chromosomen eines Satzes ausüben.

Es ist jedoch auch die Möglichkeit vorhanden, dass Gene existieren, die eine ganz spezielle Wirkung auslösen und nur eine Fusion zweier bestimmter Chromosomen hervorrufen, wogegen sie in bezug auf die übrigen Chromosomen völlig wirkungslos sind. In dem deskriptiven Teil dieser Untersuchung sind mehrere Beispiele dafür erwähnt, dass sich zwei nahe verwandte Arten nur dadurch unterscheiden, dass die eine ein Chromosom mehr besitzt als die andere, und dass die Art mit der geringeren Zahl ein besonders grosses Chromosom hat. Es wurde auch die Vermutung ausgesprochen, dass dieses grosse Chromosom durch Fusion zweier kleinerer entstanden wäre. Bei den *Argynnis*-Arten hatten wir Beispiele dafür, dass die beiden Geschlechter mehrerer Arten einen solchen Unterschied zeigen. In einigen Fällen konnte man sogar in dem grossen Chromosom ein Doppelchromosom erkennen, denn es wies eine tief einschneidende Furche auf. Eine Art besass sogar noch Weibchen von zwei Typen, nämlich solche mit zwei Chromosomen und solche mit einem einzigen. Hier können wir also nicht daran zweifeln, dass tatsächlich eine Fusion zwischen zwei Chromosomen stattgefunden hat, und in anderen Fällen werden wohl die Verhältnisse die gleichen sein.

Wie vorsichtig man jedoch bei der Aufstellung ähnlicher Hypothesen sein muss, zeigt in klarer Weise der Fall beim Roggen. Die haploide Chromosomenzahl bei den meisten Roggenrassen ist 7. Es gibt aber auch Rassen mit 8 Chromosomen. Da 7 die für die meisten Gräser charakteristische Grundzahl der Chromosomen ist, so wurde von vielen Zytologen angenommen, dass die Rassen mit 8 Chromosomen durch Fragmentierung eines der 7 Chromosomen der gewöhnlichen Rassen entstanden seien. Ein Vergleich der Grösse der Chromosomen der beiden Rassen sprach ebenfalls für diese Annahme, denn die 8-chromosomige Rasse hatte ein Paar Chromosomen von geringerer Grösse als diejenigen der 7-chromosomigen.

Durch Benutzung verfeinerter Fixierungsmethoden, die die Einschnürungen der Chromosomen deutlicher hervortreten liessen und demzufolge eine sichere Identifizierung der einzelnen Chromosomen der

beiden Roggenrassen ernöglichte, gelang LEVITSKY (1930) der Nachweis, dass die Vermutung, dass bei der älteren 7-chromosomigen Rasse ein Chromosom durch Querteilung in zwei zerfallen sei, nicht richtig ist. Die kleinen Chromosomen der 8-chromosomigen Rasse lassen sich durchaus nicht mit einem grossen der 7-chromosomigen identifizieren.

Es ist also sehr gut möglich, dass z. B. das grosse Chromosom der Art *Argynnis selene* mit der Zahl 30 nicht zwei kleineren der Art *euphydryas* mit der Zahl 31 entspricht. Da die Chromosomen der Lepidopteren auch in den somatischen Zellen kurz und zylindrisch sind, dürfte es kaum möglich sein die Frage hier endgültig zu beantworten.

Dass aber bei den Insekten durch Mutation eine Fusion zweier Chromosomen hervorgerufen werden kann, zeigt der bekannte von LILIAN MORGAN entdeckte Fall von »attached X-chromosomes« bei *Drosophila melanogaster*. Zwar handelt es sich hier um zwei identische Chromosomen des diploiden Satzes, es ist jedoch durchaus nicht unwahrscheinlich, dass eine solche Bindung zwischen zwei bivalenten, nicht homologen Chromosomen stattfinden könnte, denn eine solche Fusion wird für die Existenz der Art weniger gefährlich, da sie keine durch Non-disjunction hervorgerufene Störung der Harmonie des Genoms verursacht.

Bei einer anderen *Drosophila*-Art finden wir ein Beispiel von Fragmentierung eines Chromosomenpaars. FROLOWA hat nämlich eine in Russland lebende Rasse von *Dr. obscura* gefunden, die nur 4—5 % Männchen hat und sich ausserdem dadurch auszeichnet, dass ein bei der amerikanischen Rasse vorkommendes langes Chromosomenpaar mit einer submedialen Einschnürung durch zwei stäbchenförmige Chromosomenpaare ersetzt ist. Die amerikanische Rasse hat also 5, die russische dagegen 6 Paare Chromosomen. FROLOWA nimmt an, dass die russische Rasse durch Fragmentierung des genannten Chromosomenpaars der amerikanischen entstanden sei.

Auch in bezug auf die Lepidopteren können wir auf eine Untersuchung hinweisen, die klar und eindeutig beweist, dass es innerhalb einer Spezies Rassen gibt, die sich bloss durch verschiedene Chromosomenzahlen unterscheiden. PAULINE DEDERER hat mehrere gezüchtete Stämme von der Saturniide *Philosamia cynthia* auf ihre Chromosomenverhältnisse untersucht und dabei entdeckt, dass die meisten Familien, nämlich deren 29, 13 Chromosomen in den Reifeteilungen aufwiesen. Drei Familien hatten nur 12 Chromosomen, zwei hatten 12, 13 und 14, und eine Familie schliesslich hatte 12 und 13. Nach DEDERER sind in den Familien mit 12 Chromosomen zwei Chromosomen der 13-chromoso-

migen Art gekoppelt und zwar nur in den Spermatozyten erster Ordnung. Denn die Blastodermzellen dieser Rasse enthalten immer 26 Chromosomen. Auch die Familien mit 14 Chromosomen in der ersten Reifeteilung der Spermatogenese zeigen die Chromosomenzahl 26 in den somatischen Zellen. Es dürfte also klar sein, dass bei dieser Art sowohl eine Fusion als auch eine Fragmentierung von einzelnen Chromosomen stattfinden kann.

Über die Chromosomenverhältnisse bei zwei Rassen der oben behandelten Art hat neuerdings KAWAGUCHI interessante Beobachtungen veröffentlicht. KAWAGUCHI bestätigte zunächst die Angaben DEDERERS, dass *Philosamia cynthia Walkeri* FELDER, eine kontinentale Rasse, in den Spermatozyten I und II 13 Chromosomen aufweist. Dagegen hat die in Japan heimische *Ph. cynthia Pryeri* BUTLER immer 14 Chromosomen. Also wieder ein Beispiel dafür, dass zwei einander nahestehende Rassen verschiedene Chromosomenzahlen besitzen. Nach den Abbildungen KAWAGUCHIS zu beurteilen, dürfte hier kaum von einer Fusion resp. Fragmentierung die Rede sein, denn die Chromosomen zeigen keine auffallenden Größenunterschiede. Das interessante mit diesen Rassen ist jedoch, dass der Bastard zwischen diesen nur 12 Chromosomen hat, und dass unter diesen ein sehr langes mit vier Anschwellungen und ein birnenförmiges vorkommen. In dem erstgenannten sieht KAWAGUCHI eine Kette von vier univalenten Chromosomen und in dem letztgenannten ein trivalentes Chromosom, das aus einem kleineren univalenten und einem grösseren bivalenten Chromosom zusammengesetzt ist. Nach KAWAGUCHI sollen diese eigentümlichen Gebilde ihre Erklärung darin finden, dass 1:o eine Translokation von einem Endstück eines Chromosoms stattgefunden hat, und 2:o eine Verdoppelung eines Chromosoms in weit zurückliegender Zeit vorgekommen ist. Diese verdoppelten Chromosomen haben sodann in verschiedene Richtungen mutiert und konjugieren deshalb nicht mehr miteinander. Hierauf deutet eine öfters beobachtete Annäherung zweier Chromosomen während der Diakinese der 14-chromosomigen Rasse. Infolge der Translokation wird wiederum Kettenbildung möglich, wie wir sie bei verschiedenen Pflanzengattungen kennen.

Es kann also kein Zweifel darüber bestehen, dass die Chromosomenzahl sehr bedeutende Fluktuationen aufweist. Andererseits gibt es aber auch Untersuchungen, die den Beweis dafür erbringen, dass die Chromosomenzahl gewisser Schmetterlingsarten ein äusserst konstantes Merkmal ist. So hat GOLDSCHMIDT (1932) bei den von ihm und seinen Schülern untersuchten 39 Rassen von *Lymantria dispar* aus Europa-

Nordamerika, Asien und im letztgenannten Weltteil besonders aus den japanischen Inseln nachweisen können, dass alle Rassen dieselbe Chromosomenzahl, nämlich 31, besitzen. Dagegen erwies sich die Grösse der Chromosomen bei den verschiedenen Rassen sehr verschieden, und zwar so, dass die schwachen Geschlechtsrassen die grösseren, die starken dagegen die kleineren besitzen.

YATSU hat die Spermatogenese von 17 Rassen des Seidenspinners *Bombyx mori* untersucht und keine Verschiedenheiten in Zahl und Form der Chromosomen finden können.

#### FUSION, ASSOZIATION, KONJUGATION, SEKUNDÄRE PAARUNG UND AGGLUTINATION DER CHROMOSOMEN.

Wir haben die Chromosomenzahl bei den Reifeteilungen der Lepidopteren behandelt und wir haben dabei unterstrichen, welche Schwierigkeiten mit der exakten Bestimmung der haploiden Chromosomenzahl in dieser Ordnung verbunden sind. In erster Linie hielten wir uns bei der Frage auf: »Fusion oder Fragmentierung der Chromosomen» und betonten mehrmals, wie schwer, ja unmöglich es oft ist zu entscheiden, welcher von den beiden Prozessen tatsächlich stattgefunden hat. Es gibt indessen auch andere Schwierigkeiten, die unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen.

Zunächst kann eine Vergrösserung der haploiden Chromosomenzahl durch *fehlende Konjugation* gewisser homologer Chromosomen vorgetäuscht werden. Es ist klar, dass der Ausfall der Konjugation eine Vergrösserung der haploiden Chromosomenzahl hervorrufen muss. Ein normal bivalentes Chromosom wird durch zwei univalente ersetzt. Da die Chromosomen eines Sortiments bei den Schmetterlingen oft von verschiedener Grösse sind, und die Grössenklassen überdies in der Regel eine Serie bilden und ohne scharfe Grenzen ineinander übergehen, so wird es unmöglich, in einem Satze festzustellen, ob anstatt eines bivalenten Chromosoms zwei univalente vorkommen. Mit anderen Worten, es ist nicht möglich, zwischen fehlender Konjugation und Fragmentierung eines Chromosoms zu unterscheiden. In dem Fall, dass in einem Testis vereinzelte Spermatozyten mit einem überzähligen Chromosom vorkommen, haben wir es wahrscheinlich mit Ausfall der Konjugation zwischen zwei homologen Chromosomen zu tun. Diese gestörte Konjugation braucht nicht mit fehlender Affinität zwischen den Chromosomen in Zusammenhang zu stehen, wie dies bei zahlreichen Bastarden der Fall ist. Es können die Umweltbedingungen sein, die hier störend eingreifen. So ist bewiesen, dass hohe Temperaturen für

die Konjugation hinderlich sind. Auch ist es denkbar, dass die in der Zelle herrschenden rein physiologischen Verhältnisse Störungen im normalen Verlauf der Konjugation hervorrufen können. Über diese Verhältnisse wissen wir so gut wie nichts. Fälle von überzähligen Chromosomen in einzelnen Spermatozyten gehören durchaus nicht zu den Seltenheiten. Durchmustert man sorgfältig einen Testis mit hoher Frequenz der Reifeteilungen, so wird man fast immer einzelne Spermatozyten finden, die ein oder sogar ein Paar überzählige Chromosomen besitzen. Diese spielen selbstverständlich keine Rolle bei der Beurteilung der Chromosomenzahl und der Variationen in derselben. Im beschreibenden Teil dieser Untersuchung sind mehrere solche Fälle erwähnt.

Eine *sekundäre Paarung*, d. h. eine Verbindung von bivalenten Chromosomen, die also schon eine primäre Konjugation vollendet haben, soll nach zahlreichen Botanikern bei den Pflanzen keine seltene Erscheinung sein. Sie wird von den Phytozytologen, besonders von den englischen mit DARLINGTON an der Spitze, als ein Beweis für Polyploidie angesehen. Verbindungen von vier homologen Chromosomen sind nämlich bei sicher tetraploiden Rassen beobachtet worden, und man schloss hieraus, dass in den Fällen, wo Verbindungen von vier Chromosomen vorkommen, Polyploidie vorliegt.

Sehr oft kommt es jedoch vor, dass die bivalenten Chromosomen keine eigentliche Verbindung eingehen, sondern nur Neigung zeigen, sich einander zu nähern. Auch diese Annäherung wird von vielen Zytologen als eine unvollständige sekundäre Paarung angesehen. Dieser Auffassung hat HEILBORN (1936) energisch widersprochen. Er sieht in der gegenseitigen Annäherung gewisser Chromosomen keine verdeckte und unvollendete Konjugation zwischen homologen Chromosomen. Nach HEILBORN liegt nur eine rein mechanische Sortierung der Chromosomen der Grösse nach vor. Diese Gruppierung der Chromosomen hat also nichts mit ihren Genen zu tun. HEILBORN will sie deshalb »Assoziation«, nicht »sekundäre Paarung« nennen. Dass tatsächlich eine mechanische Sortierung der Chromosomen immer vorhanden wäre, scheint mir nicht endgültig bewiesen zu sein. Dass die Chromosomen in der Metaphaseplatte der ersten Reifeteilung in ihrem Verhalten zueinander oft eine bestimmte charakteristische Konfiguration zeigen, kann zwar nicht bezweifelt werden, obgleich offenbar mehrere verschiedene Typen von Konfigurationen möglich sind. Eine Reihe Untersuchungen auf diesem Gebiete sind bekanntlich von den japanischen Zytologen vorgenommen worden.

HEILBORN, der seine Ansicht auf eingehende Studien zahlreicher *Carex*-Arten stützt, meint, dass in dieser Gattung die gleich grossen Chromosomen sich in der Regel parallel gruppieren. Er begleitet seine Darstellung mit zahlreichen Abbildungen. Die Gattung *Carex* zeigt bekanntlich keine Polyploidie und verhält sich also in dieser Beziehung wie die Lepidopteren. Ein Vergleich scheint deshalb motiviert.

HEILBORN hat zweifellos recht, wenn er behauptet, dass bei den von ihm untersuchten *Carex*-Arten gewisse Kräfte dafür sorgen, dass gleich grosse Chromosomen nahe zueinander zu liegen kommen und dass gewissermassen eine Art Assoziation dieser Chromosomentypen zustande kommt. Dies ist aber kein Hindernis dafür, dass bei Arten mit Polyploidie Neigung zu sekundärer Paarung zwischen homologen Chromosomenpaaren vorkommen kann. Bei den Lepidopteren finden wir bei vielen Arten eine *Assoziation bestimmter Chromosomen* von ganz verschiedener Grösse und offenbar mit verschiedenen Genen. In vielen Fällen kommt diese Assoziation einer Fusion sehr nahe. Ich erinnere an das lange Chromosom von *Lycæna icarus*, das in den Oozyten I mit einem ganz kurzen verbunden ist, und an die Verhältnisse bei der Oogenese einiger *Argynnis*-Arten. Hier sind ein grösseres und ein kleineres Chromosom miteinander assoziiert resp. fusioniert. Bei *Arg. arsilache* und *niobe* kommen noch beide Typen von Verbindung oder Annäherung vor, wogegen eine vollständige Fusion bei *adippe* und *paphia* durchgeführt ist. Die eigenartige Kettenbildung bestimmter Chromosomen in der Mitte der Oozytenplatte von *Leptidia sinapis* verdient in diesem Zusammenhang ebenfalls erwähnt zu werden. Ob in den obenerwähnten Fällen ein Austausch von Chromosomenstücken (»Interchange«) stattgefunden hat, wie wir sie bei den Oenotheren annehmen, kann selbstverständlich nicht festgestellt werden.

Es fällt auf, dass die besprochenen Assoziationen und Fusionen in den meisten Fällen in den Oozyten entdeckt wurden. Nur in einem Fall, bei *Lycæna astrarche*, wurde in den Spermatozyten ein grosses Chromosom gefunden, während bei den Oozyten kein entsprechendes zu entdecken ist. Anstatt dessen besitzen diese ein Chromosom mehr. Es scheint mir, als wären die Bedingungen in den Oozyten günstiger nicht nur für eine regelrechte Konjugation der homologen Chromosomen, sondern auch für Verbindungen verschiedener Art zwischen nicht homologen Chromosomen. Ich erinnere daran, dass bei vielen Bastarden, sowohl im Tier- als im Pflanzenreich, eine Konjugation zwischen den artfremden Chromosomen in den Oozyten beobachtet wor-

den ist, während eine solche in den Spermatozyten überhaupt nicht stattfindet. Ich möchte weiter darauf hinweisen, dass in der normalen Oogenese der Schmetterlinge ein Stadium vorkommt — es handelt sich um die Metaphase der ersten Reifeteilung, die sich über eine sehr lange Zeit erstreckt — in dem die Chromosomen sehr stark zur Kettenbildung neigen, wie auch SEILER bei seinen Untersuchungen festgestellt hat. Etwas entsprechendes habe ich niemals in der Spermatogenese beobachtet.

Schliesslich möchte ich noch erwähnen, dass bei älteren, überreifen Eiern und bei abgelegten unbefruchteten Eiern die Chromosomen oft zu Ketten vereinigt sind, sowie das schlechte Fixierung Kettenbildung hervorrufen kann. Im erstgenannten Fall handelt es sich offenbar um pathologische Zustände, die eine *Agglutination* der Chromosomen verursachen, im zweiten wiederum um *Artefakte*. Charakteristisch für diese ist jedoch, dass sie nur im weiblichen Geschlecht vorkommen.

#### CHROMOSOMENZAHL UND KAMPF UM'S DASEIN.

Welche Bedeutung kann man der Chromosomenzahl in selektions-theoretischer Hinsicht beimessen? Ist eine grosse Anzahl im Kampf um's Dasein vorteilhafter als eine kleinere?

Über diese Fragen haben die Botaniker Aufschlüsse zu geben vermocht. Bei den Pflanzen liegen indessen die Verhältnisse anders. Die Untersuchungen der Botaniker gelten in erster Linie einem Vergleich zwischen diploiden und polyploiden Arten. Sie haben feststellen können, dass an den äussersten Grenzen des Verbreitungsgebietes einer Pflanze — es möge sich um hocharktische oder wüstenartige Gegenden handeln — die diploiden Formen selten sind oder ganz fehlen und von polyploiden ersetzt werden. Diese Tatsache ist von grossem Interesse und ihre Erklärung nicht minder interessant. Die polyploiden Rassen mit ihrem doppelt oder mehrfach grösseren Gensatz bieten selbstverständlich weit grössere Möglichkeiten für die Entstehung von Mutationen als die diploiden Typen. Wenn diese Mutationen Selektionswert haben, liegt ausserdem noch die Möglichkeit ihrer Wiederholung in mehreren Chromosomen vor, und es entstehen die bekannten Polymerien, die bei diploiden Rassen ausgeschlossen sind.

Bei den Schmetterlingen können wir zwar nicht mit Polymerien in diesem Sinne rechnen, da Polyploidie hier nicht nachgewiesen ist und, nach allem zu urteilen, überhaupt nicht vorkommt. Man kann sich jedoch auch hier die Frage stellen, ob nicht eine grössere Chromo-

somenzahl gewisse Vorteile mit sich bringe. Je geringer die Koppelungsgruppen sind, um so geringer sind die Kombinationsmöglichkeiten von wertvollen neuen Mutationen, und umgekehrt wäre eine grosse Anzahl Koppelungsgruppen im Kampf um's Dasein ein Vorteil. Wenn diese Betrachtungsweise richtig wäre, könnte man erwarten, dass in einer Gattung die Arten mit einer grösseren Chromosomenzahl eine weitere Verbreitung hätten als diejenigen mit einer geringeren. Wie verhalten sich in dieser Beziehung die Arten der Rhopalocerengattungen, deren Chromosomenzahlen untersucht wurden?

Ich habe die Verbreitung der Tagfalter Finnlands nach dem Verzeichnis von GRÖNBLOM (1936) genau studiert und mit der Chromosomenzahl verglichen, jedoch ohne irgend einen Zusammenhang finden zu können. So kommt *Pieris brassicæ* mit 15 Chromosomen in allen 21 naturhistorischen Provinzen Finnlands vor und ist eine der häufigsten Arten. Die nahen Verwandten *napi* mit 25 und *rapæ* mit 26 Chromosomen haben fast dieselbe Verbreitung, aber *rapæ* ist überall seltener und fehlt in einigen der nördlichsten Provinzen.

Von den 13 untersuchten *Argynnis*-Arten hat *ino* nur 12—13 Chromosomen, *lathonia* dagegen 30, ihre Verbreitung aber ist genau dieselbe. Beide Arten fehlen nur in Kuusamo und nördlich der 68. Breite. *Arg. aphirape* mit 28 und *arsilache* mit 29—30 Chromosomen kommen in allen Provinzen vor; dasselbe ist der Fall mit *freija* mit 31 und *frigga* mit 31 Chromosomen. *Arg. niobe* und *adippe*, beide mit 28 und 29 Chromosomen, sind nicht nördlich der 63. Breite gefunden worden. Es ist durchaus nicht möglich, irgend einen Zusammenhang zwischen Verbreitung und Chromosomenzahl zu finden.

Gehen wir wieder von den rein lappländischen Arten aus, so finden wir unter diesen *Erebia medusa* v. *polaris* mit der kleinsten Chromosomenzahl 11, während die übrigen alle hohe Zahlen besitzen. *Colias hecla* hat 31 wie *Melitaea iduna*; *Arg. thore* v. *scandinavica* hat 30 und von den beiden *Erebia*-Arten haben *disa* 29 und *lappona* 28. Also existiert kein Unterschied zwischen den hochnordischen Arten und den südlicheren in bezug auf die Chromosomenzahl.

Ferner ist den Botanikern der Nachweis gelungen, dass gewisse Beziehungen zwischen der Chromosomenzahl und der Entwicklungsweise der Pflanzen bestehen. Die annuellen Pflanzen sollen in der Regel diploid sein, während die perennierenden Arten im allgemeinen polyploid sind.

Diese interessanten Beobachtungen der Botaniker haben mich dazu angeregt, nach irgend welchen Beziehungen zwischen Chromosomen-

zahl und Lebensweise bei den Schmetterlingen zu suchen. Es ist selbstverständlich, dass solche Beziehungen nur bei Arten innerhalb einer Gattung gesucht werden dürfen. Denn dieselben Chromosomenzahlen finden wir ja häufig bei Arten ganz verschiedener Familien, und hier kann ein Vergleich überhaupt nicht in Frage kommen. In meinem kleinen Material gibt es eigentlich nur zwei Gattungen, *Argynnus* und *Lycæna*, die eine grössere Anzahl enthalten.

Die Arten der Gattung *Lycæna* sind jedoch für die Beantwortung unserer Frage von geringem Wert, da die Chromosomenzahl derselben entweder 23 oder 24 ist. Die nahe verwandte *Cyaniris argiolus* hat die grösste Chromosomenzahl 25 und erscheint im Frühling als erster aller Bläulinge, während *Zephyrus betulæ* mit ca. 16 Chromosomen erst im August und September fliegt. Man könnte sich versucht fühlen, die Vermutung auszusprechen, je grösser die Chromosomenzahl, um so schneller die Entwicklung. Wir fügen jedoch gleich hinzu, dass *Thecla rubi* mit 23 Chromosomen auch schon früh im Mai fliegt.

Wie verhalten sich nun die *Argynnus*-Arten, deren Chromosomenzahl zwischen 28 und 31 schwankt, wenn wir *ino* ( $n = 12-13$ ) ausser der Rechnung lassen? Die früheste, schon im Mai fliegende Art *freija* hat 31 und die sodann Ende Mai erscheinende *euphydryas* gleichfalls 31 Chromosomen. *Frigga* ( $n = 31$ ), *selene* ( $n = 30$ ), *arsilache* ( $n = 29-30$ ) und *aphirape* ( $n = 28$ ) fliegen erst im Juni—Juli. Erst Ende Juli und im August erscheinen die grossen Arten *aglaja* ( $n = 29$ ) und *adippe*, *niobe* und *paphia*, alle drei mit 28—29 Chromosomen, sowie *ino* ( $n = 12-13$ ). *Lathonia* ( $n = 30$ ) bildet eine Art für sich, indem sie als Imago überwintert und deshalb im Herbst und Frühling fliegt. *Thore* ( $n = 30$ ) kann auch nicht mit den übrigen Arten verglichen werden, da die Art nur in Lappland vorkommt. Im grossen und ganzen zeigen also auch die *Argynnus*-Arten, dass die Arten mit einer grösseren Chromosomenzahl im allgemeinen eine schnellere Entwicklung durchmachen als diejenigen mit einer kleineren.

Wir wollen jetzt noch die Arten mit einer besonders kleinen Chromosomenzahl mit ihren nächsten Verwandten vergleichen.

*Pieris brassicæ* ( $n = 15$ ) erscheint später, erst im Juni, während *napi* ( $n = 25$ ) und *rapæ* ( $n = 26$ ) schon im Mai fliegen.

*Hesperia alveus* ( $n = 24$ ) fliegt im Juli und August, *malvæ* ( $n = 31$ ) dagegen im Mai.

*Erebia medusa* v. *polaris* ( $n = 11$ ) kann leider nicht mit den übrigen Arten der Gattung verglichen werden, da sie nur im hohen

Norden vorkommt, wo überhaupt fast alle Arten gleichzeitig während des kurzen Sommers fliegen.

Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, dass die Zahl der angeführten Fälle bei den Rhopaloceren viel zu gering ist um uns zu überzeugen, dass Chromosomenzahl und Entwicklungsgeschwindigkeit in irgend welchem Zusammenhang stehen. Ich hätte sie kaum angeführt, wenn ich nicht auch in anderen Familien Beispiele derselben Art gefunden hätte.

Bei meinen Kreuzungsversuchen mit den *Pygæra*-Arten war es selbstverständlich von grösstem Gewicht, dass die Arten gleichzeitig ausschlüpfen. Ich war infolgedessen gezwungen, die Zeit des Ausschlüpfens genau festzustellen und die sich langsamer entwickelnden Arten zu treiben, um so das gleichzeitige Ausschlüpfen zu erreichen. Es erwies sich nun, dass sich folgende Reihenfolge ergab: *anachoreta* ( $n = 30$ ), *curtula* ( $n = 29$ ) und *pigra* ( $n = 23$ ). *P. anastomosis* ( $n = 25$ ) hat eine andere Lebensweise — sie überwintert als Raupe — und fällt ausserhalb der Serie. Also wiederum: je grösser die Chromosomenzahl, um so früher das Ausschlüpfen.

In der Gattung *Dasychira* haben die beiden Arten *selenitica* ( $n = 22$ ) und *pudibunda* ( $n = 87$ ) einen ähnlichen Lebenszyklus, aber *pudibunda* scheint zu den frühesten Schmetterlingen zu gehören; erst etwas später im Juni erscheint *selenitica*. *D. abietis* ( $n = 22$ ) hat eine ganz andere Entwicklungsweise, indem sie als Raupe — nicht als Puppe wie die vorgenannten Arten — überwintert.

Von den *Biston*-Arten erscheint *zonaria* ( $n = 56$ ) schon im Winter, wenn der Schnee noch liegt, während *hirtaria* ( $n = 14$ ) erst im Mai fliegt.

Die *Orgyia*-Arten erscheinen in folgender Ordnung: *gonostigma* ( $n = 30$ ) und *ericæ* ( $n = 30$ ) im Juli, *antiqua* ( $n = 14$ ) erst im Spätsommer und Herbst. Zwar überwintert *gonostigma* im Raupenstadium und kann deshalb nicht mit den anderen verglichen werden. Aber *ericæ* und *antiqua* verhalten sich ganz ähnlich, indem sie beide im Eistadium überwintern. Ich erinnere daran, dass auch *Zephyrus betulæ* als Ei den Winter überlebt und gleichfalls nur eine geringe Anzahl Chromosomen besitzt.

Selbstverständlich ist die Zahl der angeführten Beispiele zu gering und diese sind auch noch ausgewählt. An und für sich sind sie nicht genügend beweiskräftig; sie schienen mir jedoch interessant zu sein und können zu fortgesetzten Untersuchungen anregen.

### CHROMOSOMENZAHL UND PHYLOGENIE.

Wir haben die Frage von der Phylogenie der Chromosomenzahl schon mehrmals gestreift. Hier wollen wir sie etwas eingehender behandeln.

Es ist in der Literatur öfters diskutiert worden, ob eine Tendenz zur Verminderung oder Vermehrung der Zahl der Chromosomen in der Evolution verspürt werden kann. Für eine Gattung ist festgestellt worden, dass die primitiveren Arten zahlreiche Chromosomen besitzen, die hochspezialisierten dagegen eine geringere Zahl, und man hat daraus den Schluss gezogen, dass sich die Evolution in Richtung einer Abnahme der Chromosomenzahl bewege, d. h. dass eine Fusion der Chromosomen stattfinde. In einer anderen Gattung liegen die Verhältnisse dagegen umgekehrt, die am wenigsten differenzierten Arten haben eine kleine Chromosomenzahl, während sich die höchstspezialisierten Arten durch hohe Zahlen auszeichnen. Der Entdecker dieser Verhältnisse ist der Meinung, eine Entwicklungstendenz zu einer Verteilung des Idioplastas auf kleinere aber zahlreichere Einheiten gefunden zu haben, und glaubt also an eine fortschreitende Fragmentierung der Chromosomen.

Ganz davon abgesehen, dass es nach dem heutigen Standpunkt der Biologie kaum mehr möglich sein dürfte, im allgemeinen zwischen höher und niedriger differenzierten Arten zu unterscheiden — es könnte höchstens die Rede sein von mehr oder weniger stark spezialisierten Organen — ist die Fragestellung falsch. Auch die Veränderungen der Chromosomenzahl sind offenbar eine Folge von Mutationen, und obgleich es nach den Untersuchungen von JOLLOS orthogenetische Mutationen gibt, so ist wohl doch die grosse Mehrzahl der Mutationen richtungslos. Es ist also nicht richtig, in der Evolution *entweder* eine Verminderung *oder* eine Vermehrung der Chromosomen zu sehen, es kommt mit aller Wahrscheinlichkeit *sowohl* eine Verminderung *als auch* eine Vermehrung vor. Für eine solche Auffassung sprechen die neuesten Resultate der *Drosophila*-Forschung. Sie hat Fragmentierungen und Fusionen, Translokationen und Inversionen von Chromosomen entdeckt und gezeigt, dass diese ganz verschiedenartigen Veränderungen vollkommen konstant sind.

In einem vorgängigen Abschnitt haben wir die Fusionen und Fragmentierungen schon eingehend behandelt. Hier möchte ich nun auf Grund der bekannten Chromosomenzahlen bei den Lepidopteren die Bedeutung dieser Zahlen sozusagen vergleichend phylogenetisch in Angriff nehmen.

Betrachten wir die graphische Darstellung der Chromosomenzahlen bei den Rhopaloceren (Diagramm II) und bei den Lepidopteren überhaupt, soweit sie in der Literatur bekannt sind, so fällt sofort auf, dass die Zahlen 29—31 entschieden die häufigsten sind. Zu den Zahlen, die den Diagrammen zugrunde liegen, könnte ich aus meinen noch unveröffentlichten Untersuchungen eine grosse Menge hinzufügen, und

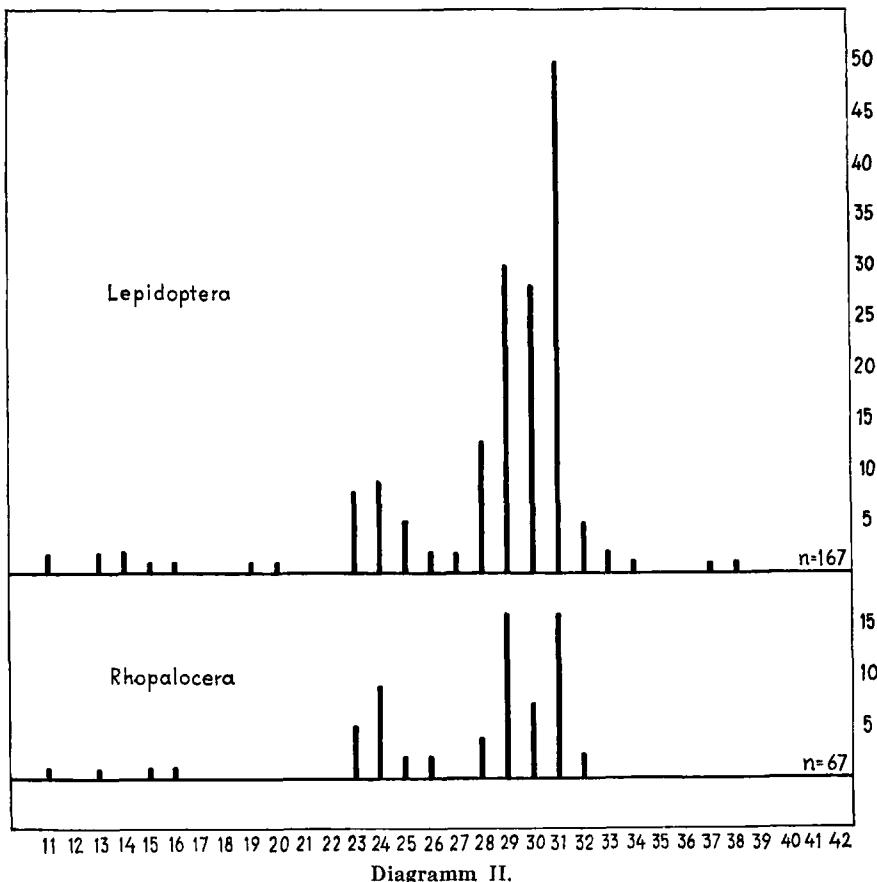


Diagramm II.

diese würden nur dazu beitragen, die Klassen 29—31 zu vergrössern, während der Zuwachs der übrigen Klassen ganz unbedeutend wäre. Unter den Rhopaloceren bilden die Arten der Klassen 29—31 etwa 58 % der untersuchten Arten und bei allen Lepidopteren steigt ihr Anteil sogar auf 64 %. Der Unterschied erklärt sich dadurch, dass die Familie der Lycaeniden mit keiner Art zu den Klassen 29—31 beiträgt, zu den Klassen 23—24 dagegen mit 13. Unter den Nymphalinen

gehören aber von den 22 untersuchten Arten 21 oder 91 % zu den Klassen 29—31.

BELIAJEFF (1930) hat schon in seiner Abhandlung die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, dass die Chromosomenzahlen 29—31 bei den Lepidopteren sehr häufig vertreten sind, und glaubt aus dieser hohen Frequenz — wie es mir scheint mit Recht — den Schluss ziehen zu können, dass diese Zahlen die phylogenetisch ältesten sind. Zur Stütze dieser seiner Ansicht führt er die Untersuchung von PCHAKADZE (1930) über die Karyologie der Trichopteren an. Diese Ordnung wird bekanntlich als die den Lepidopteren am nächsten verwandte angesehen, und auch hier sind die Zahlen 29—30 die häufigsten. Von den 24 von PCHAKADZE untersuchten Arten haben 10 oder gegen 42 % 29—30 Chromosomen. Eine höhere Zahl kommt überhaupt nicht vor, die niedrigeren halten sich meistens um 20 herum, die niedrigsten sind 10 und 6.

Eine kritische Prüfung der Chromosomendiagramme ergibt nun weiter, dass die Klassen mit einer höheren Zahl als 31 überhaupt sehr selten sind. Bei den Rhopaloceren gibt es nur eine solche Klasse, diejenige mit 32 Chromosomen, und sie enthält nur 2 Arten. Bei anderen Ordnungen sind die höheren Zahlen häufiger vertreten, obgleich auch hier selten. In dem Diagramm fehlen die Klassen 49, 51, 56 und 87, die alle mit einer Art vertreten sind. Schliesslich hat REGNART bei der Geometride *Phigalia pedaria* FABR. die Zahl 112 gefunden, die als Höchstzahl anzusehen ist.

Wenden wir uns jetzt den Klassen mit niedrigerer Zahl als 29 zu, so finden wir sie weit zahlreicher vertreten und die Artfrequenz ist in diesen auch weit grösser. Diese Klassenverteilung scheint mir auch für die Richtigkeit der schon bei der Behandlung der einzelnen Rhopalocerenfamilien ausgesprochenen Ansicht zu sprechen, dass nämlich Mutationen, die zu einer Fusion von Chromosomen geführt haben, häufig vorgekommen sind. Die Seltenheit der Arten mit höheren Chromosomenzahlen könnte umgekehrt als Anzeichen der Seltenheit von Mutationen, die Fragmentierungen hervorrufen, angesehen werden. Von genetischem Standpunkt würde man zwar, wie schon in anderem Zusammenhang betont wurde, eher erwarten, dass eine Fragmentierung nützlich wäre, da hierdurch die Kombinationsmöglichkeiten von neu entstandenen Genen mit Selektionswert zahlreicher werden. Offenbar haben sich aber zahlreiche Arten mit geringer Chromosomenzahl sowohl bei den Lepidopteren als auch unter den Trichopteren im Kampf um's Dasein mit Erfolg behaupten können. Vielleicht kommt Austausch von Chromosomenteilchen in diesen grossen

Sammelchromosomen so häufig vor, dass hierdurch schon genügend Möglichkeiten zu Neukombinationen geboten sind.

#### CHROMOSOMENZAHL UND GENOM.

Wir sind demnach durch das Studium der Chromosomen bei den Rhopaloceren zum Schlusse gelangt, dass die Zahl der Chromosomen nicht von vitaler Bedeutung ist. Es ist schliesslich das Genom, das in letzter Hand über Leben und Tod entscheidet. Die Art und Weise der Verteilung der Gene auf eine grössere oder geringere Zahl von Chromosomen scheint dagegen eine untergeordnete Rolle zu spielen. Bei der embryonalen Entwicklung dürfte sie jedenfalls ziemlich gleichgültig sein. Die Entwicklung eines Bastards, dessen Eltern ganz verschiedene Chromosomenzahlen aufweisen, kann trotzdem ohne jegliche Störung vor sich gehen. Erst die Bildung der Geschlechtszellen muss als eine kritische Phase bezeichnet werden, und hier scheitert zunächst die regelrechte Konjugation der maternellen und paternellen Chromosomen, was wiederum eine regellose Verteilung der Chromosomen zur Folge hat. Hierdurch entstehen Genome, die entweder keine normale Gameten ergeben oder, wenn dies der Fall wäre, dennoch nicht bei der Befruchtung in einer lebensfähigen Kombination von Genen resultieren.

Einige Beispiele von Kreuzungen zwischen Arten mit bekannten Chromosomenzahlen werden am besten teils die Rolle der Chromosomen, teils diejenige der Gene erläutern.

Die beiden einander sehr ähnlichen Arten *Cerura furcula* ( $n = 29$ ) und *C. bifida* ( $n = 49$ ) lassen sich äusserst leicht kreuzen, wenn *furcula* das Weibchen ist. Die kreuzbefruchteten Eier entwickeln sich sehr gut und ergeben Falter, die äusserlich vollständig normal aussehen. Die Spermatogenese des Bastards ist jedoch sehr stark gestört, und nur ganz vereinzelte Spermien vereinen sich mit den Eiern der Elternarten zu lebensfähigen Individuen. Die meisten der von Bastardpermien befruchteten Eier ergeben überhaupt keine Raupen. Die Bastardweibchen wiederum sind zwar auch phänotypisch völlig normal, besitzen jedoch öfters nur kümmерlich entwickelte Eier. Auch die vereinzelten normal aussehenden Eier enthalten keinen normal entwickelten Kern, sondern nur Chromatinbrocken.

Wir sehen hier ein Beispiel dafür, wie die im Bastard durch das Ei und die Samenzelle der Elternarten zusammengebrachten verschiedenen Chromosomensätze einerseits keine entwicklungsphysiologischen Störungen in der Ontogenie des Bastards hervorrufen, anderseits jedoch in beiden Geschlechtern des Bastards eine normale Keimzellenbildung

verhindern. Beim Männchen wird die normale Konjugation sicher infolge der verschiedenartigen Chromosomensätze der Eltern verhindert und demzufolge die normale Entwicklung von Spermien gestört. Beim Weibchen liegen die Verhältnisse vermutlich etwas anders. Hier sind die Geschlechtsfaktoren der beiden Elternarten wahrscheinlich so disharmonisch, dass die Oogenese einen pathologischen Verlauf erhält.

Anderseits sei hier eine Kreuzung angeführt, in der beide Eltern dieselbe Chromosomenzahl besitzen, die Konjugation bei den reziproken Bastardmännchen ganz normal verläuft und diese, sowie das Weibchen der einen Kreuzung, völlig normal und fertig sind, während das phänotypisch normale Weibchen der reziproken Kreuzung überhaupt keine Eier entwickelt. Es handelt sich um die Bastarde zwischen den beiden Lasiocampiden *Epicnaptera ilicifolia* L. ( $n = 31$ ) und *E. tremulifolia* Hb. ( $n = 31$ ). Wenn *tremulifolia* die Mutter ist, so sind beide Geschlechter des Bastards fertig. Ist dagegen *ilicifolia* die Mutter, so enthält das riesengrosse Weibchen lauter völlig leere Ovarialfollikel, während das Männchen, wie gesagt, fertig ist. Hier sind es also nicht die Chromosomen als solche, die die Sterilität verursachen, sondern die Geschlechtsgene. Das *ilicifolia* Y-Chromosom bildet mit dem *tremulifolia* X-Chromosom eine disharmonische Kombination, weil die in diesen Chromosomen lokalisierten Geschlechtsgene nicht miteinander harmonisch arbeiten können.

Ein ähnliches Beispiel haben wir in den reziproken Bastarden zwischen den beiden Sphingiden *Metopsilus porcellus* L. ( $n = 29$ ) und *Chærocampa elpenor* L. ( $n = 29$ ). Wenn bei der Kreuzung *porcellus* als Mutterart benutzt wird, so ist der Bastard in beiden Geschlechtern fruchtbar, während in der reziproken Kreuzung das Bastardmännchen, wie zu erwarten ist, völlig fertig ist, das Weibchen dagegen in seiner Entwicklung das Puppenstadium niemals überschreitet. Während also bei den drei fertilen Bastardtypen die Kooperation der artfremden Chromosomen in der embryonalen und postembryonalen Entwicklung sowie bei der Konjugation normal verläuft, ist beim Bastardweibchen *elpenor*  $\times$  *porcellus* die Kombination von einem *elpenor* Y-Chromosom mit einem X-Chromosom von *porcellus* eine subletale Kombination, die die normalen histolytischen und histogenetischen Prozesse in der Puppe paralysieren. Es ist ohne weiteres klar, dass die Chromosomenzahl hier keine Rolle spielen kann. Nur die Gene, und zwar nur die Geschlechtsgene verursachen hier eine Unterbrechung der Metamorphose und rufen so — obgleich erst nach 2—3 Jahren — den Tod hervor. (Vgl. FEDERLEY, 1929 und 1932.)

Es dürfte also ganz klar sein, dass die Chromosomen als Verbände von Genen im Vergleich mit den Genen selbst eine untergeordnete Rolle spielen. Die Art der Verteilung der Gene auf eine bestimmte Anzahl Chromosomen ist keine so konstante und absolute, wie öfters angenommen wird. Fusionen, Fragmentierungen und Translokationen der Chromosomen scheinen weit häufiger zu sein, als man bisher gewusst hat. Solche Veränderungen der Chromosomenzahl und des Chromosomensatzes können vermutlich sowohl durch Mutationen, also Veränderungen in dem Genom selbst, als auch durch peristatische Einflüsse verursacht werden. Die Chromosomenzahl muss also als ein phänotypisches Merkmal charakterisiert werden, obgleich es als solches von relativer Konstanz ist.

#### FORM UND GRÖSSE DER CHROMOSOMEN.

Von vielen Karyologen ist mit Recht betont worden, dass die Form der Chromosomen weit wichtiger ist als die Zahl. Die Form soll selbstverständlich in erster Linie an somatischen Chromosomen studiert werden. Dies gilt vor allem für die Pflanzen, denn diese bieten in ihren Wurzelspitzen ein wunderbares Material für Chromosomenstudien. Ganz anders liegen die Verhältnisse bei den Lepidopteren. Die besten somatischen Chromosomen finden wir hier in den Blastodermzellen, aber auch hier sind die Chromosomen oft kugelförmig oder im besten Fall stäbchenförmig, jedoch immerhin kurz und dick ohne besonders charakteristische Einschnürungen. Die Form der Meiosischromosomen ist noch weniger charakteristisch. Bei fast allen untersuchten Arten sind die Chromosomen kugelrund oder oval, zuweilen kurz zylindrisch.

Am auffallendsten ist die Entdeckung, dass die Chromosomen von *Oeneis jutta Satelliten* besitzen. Solche sind meines Wissens bei Insekten noch nicht entdeckt worden. Von grösstem Interesse wäre natürlich zu erfahren, ob die nahe verwandten hochnordischen Arten der Gattung auch mit Satelliten ausgestattete Chromosomen haben. Leider dürften die Aussichten, gut fixiertes Material von diesen seltenen Arten zu erhalten, sehr minimal sein.

Die Größenunterschiede unter den Chromosomen einer Garnitur sind meistens ziemlich gering. Zuweilen kann ein Chromosom die übrigen an Grösse übertreffen und es ist dann wohl durch Fusion zweier Chromosomen von gewöhnlicher Grösse entstanden. Wie vorsichtig man bei der Beurteilung solcher Fälle sein soll, ist bereits betont worden.

Wenn eine Art eine weit geringere Zahl Chromosomen besitzt als

die übrigen Vertreter der Gattung, so sind diese Chromosomen immer sehr erheblich grösser. Das schönste Beispiel in dieser Beziehung bietet uns *Erebia medusa* mit den elf Riesenchromosomen, aber auch *Argynnis ino* und *Pieris brassicæ* illustrieren in schöner Weise die obige Regel. Wir brauchen hier nicht näher auf diese Fragen einzugehen, da sie in anderem Zusammenhang schon eingehend diskutiert worden sind.

---

Die Untersuchung über die Gametogenese der Schmetterlinge wurde im Jahre 1912 begonnen und dann mit zahlreichen längeren und kürzeren Unterbrechungen an verschiedenen Instituten fortgesetzt. Zunächst wurde das eingesammelte Material im Zoologischen Institut der Universität Helsingfors bearbeitet. In der Kriegszeit während der Jahre 1916—1918 hatte ich als Inhaber des ROSENBERGSchen Stipendiums der Universität Helsingfors den Vorzug, im Botanischen Laboratorium der Hochschule zu Stockholm über einen Arbeitsplatz zu verfügen, wodurch mir die Gelegenheit geboten wurde, dort die Bearbeitung des Materials fortzusetzen. Nachdem im Jahre 1923 an der Universität Helsingfors ein Genetisches Institut gegründet worden war, sind die Untersuchungen dort weitergeführt und in bezug auf die Rhopaloceren zu einem gewissen Abschluss gebracht worden.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Consistorium academicum der Universität Helsingfors für das mir seinerzeit bewilligte Stipendium sowie meinen Freunden, dem Direktor des Zoologischen Instituts, Helsingfors, Herrn Prof. Dr. ENZIO REUTER, und dem Direktor des Botanischen Laboratoriums, Stockholm, Herrn Prof. Dr. OTTO ROSENBERG, für den mir zu Verfügung gestellten Arbeitsplatz und für das mir stets in liebenswürdigster Weise erwiesene Entgegenkommen meinen aufrichtigen und tief empfundenen Dank auszusprechen.

Bei der Beschaffung des Materials hat sich in erster Linie mein Assistent am Genetischen Institut, Herr Mag. phil. ESKO SUOMALAINEN, meiner Dankbarkeit verdient gemacht. Auf seinen Reisen nach Kuusamo, Åland und anderen Gegenden hat er sich stets bemüht, Ovarien und Testes dort vorkommender, seltener Arten zu fixieren. Ausserdem hat er Sammler dazu angeregt, mir lebendige Falter nicht häufiger Arten zuzusenden. Für seine aufopfernde und wertvolle Hilfe spreche ich ihm meinen besten Dank aus. Auch Herrn Mag. phil. ADOLF FR. NORDMAN, der mir in Lappland Material der hochnordischen Arten fixiert hat, bin ich zu grossem Dank verpflichtet.

## ZUSAMMENFASSUNG.

Es wurde die Chromosomenzahl 67 finnländischer Tagschmetterlinge in den Reifeteilungen festgestellt, bei der Mehrzahl in beiden Geschlechtern, bei den übrigen nur in dem einen. (Siehe Tabelle 1.)

Die Chromosomenzahl schwankt zwischen 11 und 32; 58 % der Arten haben 29—31 Chromosomen. (Siehe Diagramm II.)

Es ist auffallend, dass in fünf Familien eine Art mit einer stark verminderten Chromosomenzahl vorkommt. Die bedeutende Grösse dieser Chromosomen lässt auf Sammelchromosomen schliessen, die vermutlich infolge einer Mutation durch Fusion mehrerer Chromosomen entstanden sind. (Siehe Diagramm I.)

Bei vielen Arten ist die Chromosomenzahl in den beiden Geschlechtern verschieden. In dem einen Geschlecht sind zwei Chromosomen miteinander vereinigt, während sie in dem anderen frei sind. Die Fusion ist bei fünf Arten im weiblichen Geschlecht gefunden worden, im männlichen nur bei einer.

Auch verschiedene Rassen können verschiedene Chromosomenzahlen besitzen.

Die Chromosomenzahl der Spermatozyten eines und desselben Testis kann auch verschieden sein. Hier sind es vermutlich rein peristatische Einflüsse, die die Chromosomenzahl bestimmen.

Nur bei einer Art, *Augiades sylvanus*, konnte die zweite Reifeteilung im Ei erforscht werden. Hier kommt vermutlich ein Geschlechtschromosomenpaar vor, dessen Partner von verschiedener Grösse sind.

Die Chromosomenzahl ist ein phänotypisches Merkmal, das wie alle Eigenschaften teils von Genen, teils von der Umwelt bestimmt wird.

Bei der ontogenetischen Entwicklung spielt die Zahl der Chromosomen eine untergeordnete Rolle; die Gene der beiden Genome bestimmen die Entwicklung. Im Mechanismus der Keimzellbildung, in erster Linie bei der Konjugation der maternellen und paternellen Chromosomen, ist dagegen die Chromosomenzahl von vitaler Bedeutung.

---

## ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Sämtliche Photographien sind mit dem »Phoku« und dem Objektiv mit 120-maliger Eigenvergrösserung von ZEISS aufgenommen und sodann dreimal vergrössert. Alle Photographien sind unretuschiert.

Die Zeichnungen sind mit dem ABBE'schen Zeichenapparat auf Objekttischhöhe ausgeführt. Optik: ZEISS' apochromatisches Objektiv mit Eigenvergrösserung 120 und altes Kompensationsokular 12. Vergrösserung: ca. 2000 X.

---

## ZITIERTE LITERATUR.

1. BELIAJEFF, N. K. 1930. Die Chromosomenkomplexe und ihre Beziehung zur Phylogenie bei den Lepidopteren. — Z. f. ind. Abst.- und Vbgslehre, Vol. 54, S. 369—399.
2. CRETSCHEMAR, M. 1928. Das Verhalten der Chromosome bei der Spermatogenese von *Orgyia thyellina* BTL. und *antiqua* L., sowie eines ihrer Bastarde. — Z. f. Zellforsch. und mikrosk. Anat., Vol. 7, pp. 290—399.
3. DARLINGTON, C. D. 1932. Recent Advances in Cytology. — London, Churchill.
4. DEDERER, PAULINE H. 1928. Variations in chromosome number in the spermatogenesis of *Philosamia cynthia*. — Journ. of Morph. and Physiol., Vol. 45, pp. 599—613.
5. DONCASTER, L. 1912. The Chromosomes in the Oogenesis and Spermatogenesis of *Pieris brassicæ*, and in the Oogenesis of *Abraxas grossulariata*. — Journ. of Genetics, Vol. 2, pp. 189—200.
6. FEDERLEY, H. 1929 a. Methoden zur Erforschung der Vererbung bei den Lepidopteren. — Handb. der biol. Arbeitsmethoden von E. ABBERHALDEN, Abt. 9, Teil 3, pp. 637—690.
7. — 1929 b. Über subletale und disharmonische Chromosomenkombinationen. — Hereditas, Vol. XII, pp. 271—293.
8. — 1932. Fortgesetzte Untersuchungen über die Subletalität gewisser Kombinationen von Geschlechtschromosomen. — Bulletins of the Laboratory of Genetics, No. 9, Leningrad, pp. 121—128.
9. — 1937. Fusion zweier Chromosomen als Folge einer Kreuzung. — Acta Soc. pro Fauna et Flora Fenn., Vol. 60, pp. 685—695.
10. FROLOWA, S. L. und ASTAUROW, B. L. 1929. Die Chromosomengarnitur als systematisches Merkmal. — Z. f. Zellforsch. und mikrosk. Anat., Vol. 10, pp. 201—213.
11. GOLDSCHMIDT, R. 1932. Untersuchungen zur Genetik der geographischen Variation. IV. Cytologisches. — Roux' Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, Vol. 126, pp. 592—612.
12. GRÖNBLOM, TH. 1936. Verzeichnis der Gross-Schmetterlinge Finnlands mit Rücksicht auf ihre Verbreitung in den verschiedenen Provinzen. — Acta Soc. pro Fauna et Flora Fenn., Vol. 58, N:r 5, pp. 1—44.
13. HARRISON, J. W. H. and DONCASTER, L. 1914. On Hybrids between Moths of the Geometrid Sub-Family *Bistoninae*, with an Account of the Behaviour of the Chromosomes in Gametogenesis in *Lycia (Biston) hirtaria*, *Ithysia (Nyssia) zonaria* and in their Hybrids. — Journ. of Genetics, Vol. 3, pp. 229—248.
14. HEILBORN, O. 1937 a. The Mechanics of so-called Secondary Association between Chromosomes. — Hereditas, Vol. XXII, pp. 167—188.
15. — 1937 b. Notes on Chromosome Associations. — Cytologia, FUJI Jubilee Vol., pp. 9—13.
16. HENKING, H. 1890. Untersuchungen über die ersten Entwicklungsvorgänge in den Eiern der Insekten. I. Das Ei von *Pieris brassicæ*. — Z. f. wiss. Zool., Vol. 49.
17. JOLLOS, V. 1931. Genetik und Evolutionsproblem. — Verhandl. der Deutschen Zoolog. Gesellschaft, 1931, pp. 252—295.

18. KAWAGUCHI, E. 1937. Chromosomenketten beim Rassenbastarde des Seiden-spinners *Philosamia cynthia*. — *Cytologia*, FUJI Jubilee Vol., pp. 1023—1032.
  19. KERNEWITZ, B. 1914. Über Spermiogenese bei Lepidopteren. — *Zoolog. Anz.*, Vol. 45.
  20. — 1915. Spermiogenese bei Lepidopteren mit besonderer Berücksichtigung der Chromosomen. — *Arch. Nat.-Gesch.*, Abt. A., Vol. 81.
  21. LESLEY, M. M. and FROST, H. B. 1927. Mendelian Inheritance of Chromosome Shape in *Matthiola*. — *Genetics*, Vol. 12, pp. 449—460.
  22. LEVITSKY, G. A. 1930. Investigation on the Morphology of Chromosomes. — *Proceedings of the U. S. S. R. Congress of Genetics, Plant- and Animal-Breeding in Leningrad 1929*, pp. 87—105.
  23. — 1931. The Morphology of Chromosomes. — *Bulletin of Applied Botany, of Genetics and Plant-Breeding*, Vol. 27, pp. 19—174.
  24. MAKINO, S. 1935. Phylogenetic Relation of Lepidoptera and Trichoptera, reviewed from the Studies on their Chromosome-Complex (Collective review). — *The Japanese Journ. of Genetics*, Vol. 11, pp. 288—292.
  25. MORGAN, L. V. 1922. Non-criss-cross inheritance in *Drosophila melanogaster*. — *Biol. Bull.*, Vol. 42, pp. 267—274.
  26. MUNSON, J. P. 1906. Spermatogenesis of the Butterfly, *Papilio rutulus*. — *Proc. of the Boston Society of Nat. Hist.*, Vol. 33, pp. 43—124.
  27. NAWASCHIN, M. 1925. Morphologische Kernstudien der *Crepis*-Arten in bezug auf die Artbildung. — *Z. f. Zellf. und mikr. Anat.*, Vol. 2, pp. 98—111.
  28. PCHAKADZE, G. M. 1930. Karyologische Untersuchungen an Trichopteren. — *Arch. Russes d'Anatomie, d'Histologie et d'Embryologie*, Vol. 9, pp. 227—321.
  29. REGNART, H. C. 1930. Additions to our Knowledge of Chromosome Numbers in the Lepidoptera. — *Proc. of the University of Durham Philosoph. Soc.*, Vol. 9, pp. 79—83.
  30. SEILER, J. 1914. Das Verhalten der Geschlechtschromosomen bei Lepidopteren. — *Arch. f. Zellforsch.*, Vol. 13, pp. 159—269.
  31. — 1922. Geschlechtschromosomen-Untersuchungen an Psychiden. III. Chromosomenkoppelungen bei *Solenobia pineti* Z. — *Ibid.* Vol. 16, pp. 171—216.
  32. — 1925. Zytologische Vererbungsstudien an Schmetterlingen. I. Ergebnisse aus Kreuzungen von Schmetterlingsrassen mit verschiedener Chromosomenzahl. Ein Beweis für das Mendeln der Chromosomen. — *Arch. JULIUS KLAUS-Stiftung für Vererbungsforschung, Sozialanthropologie und Rassenhygiene*, Vol. I, pp. 63—117.
  33. SEILER, J. und HANIEL, C. B. 1921. Das verschiedene Verhalten der Chromosomen in Eireifung und Samenreifung von *Lymantria monacha* L. — *Z. f. ind. Abst.- und Vbgslehre*, Vol. 27, pp. 81—103.
  34. STEVENS, N. M. 1906. Studies in Spermatogenesis. II. A comparative study of the heterochromosomes in certain species of Coleoptera, Hemiptera and Lepidoptera, with especial reference to sex-determination. — *Carnegie Institution of Washington, Public. No. 36, Part II*, pp. 33—74.
  35. SVESHNIKOVA, I. N. 1927. Karyological Studies in *Vicia*. — *Bull. of Applied Botany, of Genetics and Plant-Breeding*, Vol. 17, pp. 37—72.
  36. YATSU, N. 1913. Notes on the Spermatogenesis of the wild and the domesticated Silkworms. — *Annot. Zoolog. Japon.*, Vol. 8.
-