Zur Methodik der Zoologie.

Von

Dr. P. Kramer

in Schleusingen.

Die Verschiedenheit der Formen auch ganz nahe verwandter Thiere ist eine Erscheinung, welche, ob sie sich gleich bei jedem Blick in die belebte Natur sofort aufdrängt, dennoch der Erklärung fast am wenigsten zugänglich geworden ist. Die Selectionstheorie glaubt durch Zuhülfenahme ungemessener Zeiträume, innerhalb welcher die das Leben der Geschöpfe regelnden Gesetze wirken, derselben Herr geworden zu sein. Man darf sich aber dennoch nicht verhehlen, dass gerade die Annahme jener nach Hunderttausenden von Jahren gemessenen Zeiträume einen nur um so dichteren Schleier über den ganzen Vorgang, den sie erklären soll, wirft. Man macht es sich dabei nicht im Einzelnen klar, wie durch fortgesetzte Abänderung nach gewissen Richtungen unter Hinzunahme der Absterbebedingungen eine ganze Reihe von Zwischenformen vom Erdboden verschwinden könne. Es muss daher von ganz besonderer Wichtigkeit sein, eine Methode der Forschung heranzuziehen, durch welche man in den Stand gesetzt wird, sich über die einzelnen Schritte, welche der Abänderungsprocess durchmacht, mehr als es sonst möglich war, Rechenschaft zu geben. Diese Methode ist die mathematische. Die neuere Zoologie hat den folgereichen Schritt gethan, dass sie überall auf die Anzahl der vorhandenen Thiere einer gewissen Art ihr Augenmerk richtet. Damit ist sie in den Bereich der Mathematik eingetreten. Sie hat andrerseits die Regeln aufzudecken begonnen, nach welchen sich die Anzahl der vorhandenen Individuen ändert. Damit hat sie der Rechnung die Werkzeuge in die Hand gegeben, mit welchen die Erscheinungen selber behandelt werden können. Sterben und Geborenwerden wird durch die Zahl beherrscht. Das Abändern geschieht so, dass eine verhältnissmässige Anzahl der vorhandenen Individuen einer bestehenden Thierform davon ergriffen wird. Ueberall begegnet man also Zahlgrössen, welche, wenn sie vielleicht auch für die einzelnen bestimmten Fälle noch der wirklichen exacten Auswerthung unzugänglich sind, doch zu allgemeinen Ausdrücken zusammengefügt werden können. Hat so die mathematische Methode ihre vollgültige Berechtigung in der zoologischen Wissenschaft, so bringt sie auch in dieses Gebiet des Wissens, wie überall, wo man sich ihrer bedient, das grösste Maass von Klarheit, dessen die Beweisführung nur irgend fähig ist. Es darf nun nicht mehr nur in allgemeinen Urtheilen gesprochen werden, weil sich herausstellt, dass mit jeder bestimmten Annahme auch das Resultat, welches erreicht wird, anders fällt. Es muss vielmehr bestimmt ausgeführt werden, in welchem Maasse eine Thierform von der Abänderung ihrer Organe ergriffen gedacht wird; ob die Variabilität der Nachkommen in gleichem Maasse wie die der Aeltern sich abstuft oder nicht, und ähnliches mehr. Wird dieses Alles gehörig bedacht, so lehrt diese Methode im Einzelnen die Nachkommen einer gewissen Thierform nach ihrer Gestalt in Zahlengruppen zerlegen und beobachten, in welchem Verhältniss die Anzahlen der Individuen in den einzelnen Gruppen zu einander stehen. Sie vermag zwar nicht zu sagen, dass der historische Process der Umwandlung der Urform in neue Formen so gewesen ist, wie sie sich denselben denkt, aber sie ist im Stande, die Richtigkeit der Principien, mit denen man heute arbeitet, zu bestätigen, wenn sie in der Natur vorkommende Erscheinungen im Einklange findet mit den Resultaten, welche mit logischer Nothwendigkeit aus der fortgesetzten und Schritt für Schritt wiederholten Anwendung jener Principien in einem gedachten Entwicklungsprocess sich ergeben.

Es gilt an einem Beispiele diese Methode darzustellen. Ich nehme das thatsächliche Material dazu aus der Gruppe der Acariden. Es giebt kaum eine andere Abtheilung der Arthropoden, welche einen so ruinenhaften Eindruck macht. Die unendlich zahlreichen Gestalten dieser Thiere sind durch die allerschroffsten Klüfte von einander getrennt, so, dass man hier mehr als sonst die Frage aufwerfen muss: wo sind denn nur die Zwischenformen? Schon die ganze Anordnung des Tracheensystems ist von einer Mannigfaltigkeit, wie man es in keiner andern Abtheilung der Gliederfüssler vorfindet. Dazu kommt die Verschiedenartigkeit der Mundformationen und anderes, kurz, es ist ein Gebiet so recht geschaffen für die erklärende Thätigkeit der Naturforscher. Soll nun ein bestimmtes Beispiel gewählt werden, so kommt es dabei durchaus nicht auf die Eigenthümlichkeit des Objects in dem Sinne an, dass es eine besonders bizarre Form wäre, welche man herausgreifen müsste.

Im Gegentheil sind es gerade die geringfügigsten Unterschiede, wenn sie nur constant auftreten, welche der Erklärung am meisten spotten. An eigenthümlichen Formen wie an geringfügigen Unterschieden ist die Gruppe der Acariden überreich. Die so unendlich verschiedenen Leibesanhänge bei den Männchen der Gattung Dermaleichus; die so merkwürdige und in der ganzen Acaridenclasse einzig dastehende Saugnapfbildung des Männchens von Dermaleichus ampelidis; die beiden so nahe verwandten Gattungen Tetranychus und Bryobia, von denen die letztere als einzige unter allen Milben bewegliche hörnchenförmige Tracheenöffnungen besitzt; die Gattungen Atax und Nesaea oder die letztere im Vergleich zu Oxus, überhaupt die ganze Gruppe der allerdings nun aufgelösten Hydrachniden; die so zahlreichen Formen der Kopfrandfigur bei den Arten der Gattung Gamasus, welche das sicherste Kennzeichen für specielle Unterscheidungen sind und doch nur als Variationen eines höchst einfachen Grundschemas erscheinen, und viele andere Fälle bieten ein interessantes und reichhaltiges Material zu einer Betrachtung, welche es unternimmt, nach den für gültig gehaltenen Regeln neue Formen aus bereits vorhandenen theoretisch sich entwickeln zu lassen.

Für die nachfolgende Betrachtung nehme ich die Gattung Glyciphagus als Beispiel. Man kennt von ihr seit den schönen Beobachtungen von Robin und Fumouze eine erhebliche Anzahl Arten. Sämmtliche Arten sind von einer neuen, welche ich zu beobachten Gelegenheit fand, dadurch verschieden, dass das männliche Geschlecht in der Behaarung nicht wesentlich von dem weiblichen Geschlecht abweicht. Jene andere Art, welcher ich vorläufig den Namen Glyciphagus ornatus gebe, besitzt im männlichen Geschlecht am ersten und zweiten Fusspaar je eine sehr zierliche, starke, kammförmig gefiederte Borste, welche in ihrer Gestalt gänzlich von den übrigen Borsten des Leibes verschieden ist. Wie haben hier an zwei Fusspaaren so characteristische Borsten entstehen können? Es existirt keine Spur von Uebergängen etwa zwischen Formen, die diesen Character, der auf die Lebensverrichtungen völlig ohne Einfluss ist, nur erst in der Anlage und solchen, die ihn in der Ausbildung besitzen.

Von demselben Interesse wie die Ausbildung dieses geschlechtlichen Unterscheidungscharacters muss, wenn man die verschiedenen Arten mit einander vergleicht, die Entwicklung der blattförmigen Haare von Glyciphagus palmifer Rob. und der gefiederten von Gl. plumiger Rob. im Gegensatz zu den einfach kurz beborsteten aller andern Glyciphagen sein.

Wollte man endlich ein Organ betrachten, welches, wie es scheint, nur der Gattung Glyciphagus eigen ist im Gegensatz zu den nächstverwandten Tyroglyphus und Rhizoglyphus, so ist es die merkwürdige Stigmaöffnung, welche mir bei Glyciphagus ornatus zu beobachten gelang. Man bemerkt hier hinter der Basis der Hüfte des ersten Fusspaares eine längliche, von oben nach unten verlaufende Oeffnung, über welche, wie zum Schutze, ein äusserst zierliches, an der Spitze gabelförmig verzweigtes und mit zahlreichen ebenfalls gabelförmig gespaltenen Fiederborsten und mit breitem nach oben schnell verschmälertem Stamm versehenes Haar sich neigt. Wir finden auch hier wieder ein complicirtes Organ völlig fertig, ohne dass bei verschiedenen Individuen dasselbe einen wesentlich verschiedenen Grad von Ausbildung erreicht hätte.

Sämmtliche so eben beschriebenen Erscheinungen fordern, wie alle ähnlichen, in zahlloser Menge sich bietenden, wie von selbst zur Erklärung auf.

Möge der Versuch gemacht werden auf die Gefahr hin einen negativen Erfolg verzeichnen zu müssen.

Man nehme an, es existire ein Glyciphagus, der als Stammform zu Glyciphagus ornatus anzusehen ist. a Individuen davon sind in einem hinreichend grossen Gebiet, für welches auch das ganze Verbreitungsgebiet der Thierform gedacht werden kann, vorhanden. Es werde die weitere Annahme gemacht, dass Männchen und Weibchen gleich zahlreich seien, eine Annahme, die jeden Augenblick zu Gunsten der Männchen oder der Weibchen abgeändert werden kann. Die Glyciphagen sind sämmtlich völlig blind, auch sind die drei mittleren Glieder der Vorderfüsse mit Borsten derart besetzt, dass es den Thieren, wenn sie einander nahe kommen, nicht leicht wird, die Haut des anderen dort mit den eigenen Füssen zu betasten. Es wird somit die Ausbildung der eigenthümlichen Haarborsten nicht von der Wahl der Weibchen abhängen können. Da weiter sämmtlichen anderen Arten von Glyciphagus diese Borsten fehlen, so kann es nicht in der Richtung, die die Entwicklung der männlichen Glyciphagen nimmt, liegen, dass hier nothwendiger Weise Kammborsten entwickelt werden.

Wir können also von den noch vorhandenen Gründen keinen andern auffinden, der die Ausbildung solcher Borsten nach sich zöge, als dass hier eine in bestimmter Richtung vor sich gehende Variirung spontan ohne weiter erkennbare äussere Veranlassung auftritt, welche lediglich den Vererbungsregeln folgt.

Es ist undenkbar und allen Erfahrungen zuwider, dass in einem bestimmten Zeitpunct, wo diese Variirung zum ersten Mal in einem beliebig geringfügigen Grade sich geltend macht, sämmtliche Individuen davon ergriffen sein werden. Vielmehr wenn $\frac{a}{2}$ Männchen vorhanden waren, werden es nur $\frac{n'}{n}$ davon sein, welche diese Variirung an sich erfuhren. So giebt es also $\frac{n'}{n} \cdot \frac{a}{2}$ veränderte Männchen und $\frac{n-n'}{n} \cdot \frac{a}{2}$ unveränderte. Will man sorgfältiger zu Werke gehen, so denke man sich die $\frac{a}{2}$ Männchen in m verschiedene der Anzahl der Mitglieder nach gleich zahlreiche Gruppen zerlegt, und jede in verschieden starkem Maasse geändert. Man wird alsdann den natürlichen Verhältnissen näher kommen, doch lasse ich um des mir zugemessenen Raumes willen die erstere Annahme gelten. Jene Männchen hinterlassen junge Thiere, deren Anzahl für jedes Pärchen r betragen möge, wobei r die Anzahl der von den Weibchen erzeugten Keime bedeuten mag. Von den so angelegten $\frac{n'}{n} \cdot \frac{a}{2} \cdot r$ und $\frac{n-n'}{n} \cdot \frac{a}{2} \cdot r$ jungen Individuen kommt der allergeringste Theil zur vollen Reife, $\frac{t'}{t}$ davon mögen, sei es als Eier oder als heranwachsende Thiere untergehen, so dass nur $\frac{t-t'}{t}$ davon übrig bleiben. $\frac{t-t'}{t}$ möge der Restcoefficient heissen, wogegen r den Vervielfältigungscoefficienten darstellt. Es werden demnach von den $\frac{n'}{n} \cdot \frac{a}{2}$ Männchen der Anfangsepoche $\frac{n'}{n} \cdot \frac{a}{2} \cdot r \cdot \frac{t-t'}{t}$ junge Thiere und von den andern $\frac{n-n'}{n} \cdot \frac{a}{2}$ Männchen $\frac{n-n'}{n} \cdot \frac{a}{2} \cdot r \cdot \frac{t-t'}{t}$ junge Thiere abstammen, von denen jedesmal die Hälfte Männchen sind. Alle mögen die Eigenthümlichkeiten ihres Vaters ererbt haben, also erstens die bereits erworbenen Formabweichungen und auch die abstracte Möglichkeit weiter zu variiren. Soll sich die Anzahl der vorhandenen Thiere im Wesentlichen nicht ändern, so wird der Restcoefficient sehr klein sein müssen, wenn der Vervielfältigungscoefficient gross ist. Diese Anforderung ist für jeden einzelnen bestimmten Fall durch die Allgemeinheit der Ausdrücke r und $\frac{t'}{t}$, welcher letztere Bruch der Abnahmecoefficient heissen soll, leicht zu erfüllen, so dass die bestimmten Zahlen eines jeden bestimmten Vorkommens nur in die allgemeinen Ausdrücke eingesetzt zu werden brauchen.

Ich fahre in der Entwicklung der allgemeinen Gedanken weiter fort. Es wird sich von neuem eine Variirung bei den Jungen im Laufe ihrer Entwicklung einstellen, und da kein Grund abzusehen ist, warum gerade diejenigen Individuen absterben sollten, bei welchen die Umwandlung der in Rede stehenden Haarborste noch nicht begonnen hat, so wird sich das Paar von Gruppen in neue Gruppen von Individuen zerlegen. Man hat andrerseits geltend gemacht, dass Variation nach bestimmter Richtung hin allmälig zur Unfruchtbarkeit führt, so dass diejenigen Geschöpfe, welche in der betreffenden Richtung hin abändern, allmälig vom Erdboden verschwanden. So sehr dieser Gedanke auch zum Nachdenken auffordert, so wenig kann er doch in unserer Betrachtung weiter verfolgt werden, da ja gerade die neue Form der Borste die noch heute bestehende ist, und auch wohl ein so geringfügiges Organ kaum die Existenz der Geschöpfe, die es führen, in Frage stellen kann. So würden denn, wenn demnach die ursprünglichen zwei Gruppen von jungen Thieren je wieder in zwei neue Gruppen zerfallen, vier Gruppen von Individuen zweiter Ordnung auftreten. Ich will sie mit II, a; II, b; II, c; II, d bezeichnen. Man hat dann

$$\mathrm{II}, a = \frac{a}{2} \cdot \left(\frac{n'}{n}\right)^2 \cdot \frac{r\,(t-t')}{2\,t}; \quad \mathrm{II}, b = \frac{a}{2} \cdot \frac{n'(n-n')}{n^2} \cdot \frac{r\,(t-t')}{2\,t}$$

$$\mathrm{II}, c = \frac{a}{2} \cdot \frac{n'(n-n')}{n^2} \cdot \frac{r\,(t-t')}{2\,t}; \quad \mathrm{II}, d = \frac{a}{2} \cdot \left(\frac{n-n'}{n}\right)^2 \cdot \frac{r\,(t-t')}{2\,t}.$$

Die Individuen in diesen vier Gruppen zeigen nur drei verschiedene Grade von Variirungen. Die Mitglieder von II, a sind zweimal in der bestimmten Richtung vorgeschritten, die von II, b, da sie von veränderten Männchen abstammten, selbst aber unverändert geblieben sind, sind nur einen Schritt in der bestimmten Richtung vorwärts gegangen; die von II, c, da sie von unveränderten Männchen stammten aber selbst abänderten, sind ebenfalls einen Schritt fortgegangen; die von II, d sind als unveränderte Nachkommen unveränderter Männchen anzusehen, gleichen also den ursprünglichen Männchen.

Es sei wieder II, a + II, b + II, c + II, $d = \frac{a}{2}$, so stellt sich hier das eigenthümliche Resultat dar, dass sich zwischen den Zahlen r, t und t' eine Gleichung von folgender höchst einfacher Form findet, $r\,(t-t') = 2\,t$. Nimmt man nun an, wie man es wohl muss, wie man es wenigstens kann, dass die Formänderungen, welche während einer einzigen Entwicklungsperiode erzielt werden, nur äusserst geringe sind, so kann man mit grosser Annäherung an die Wahrheit in der ganzen Menge von vorhandenen Individuen, wie es ja auch geschehen ist, eine Zweitheilung vornehmen und die eine Hälfte als verändert, die andere Hälfte als unverändert gelten lassen, indem alle Thiere, welche unter dem arithmetischen Mittel aller Veränderungsgrössen in der Variirung zurückgeblieben sind, als unverändert, alle die dieses Mittel überschritten haben, als verändert gelten. In solchem Falle lassen sich aus obiger Gleichung, welche drei Unbekannte enthält, von denen aber eine, nämlich r, der Beobachtung zugänglich ist, für eine bestimmte Art, deren Vervielfältigungscoefficient bekannt geworden ist, nach bekannter Methode die Zahlen t' und t berechnen, was dann wiederum zu Vergleichungen mit der Erfahrung über das Absterben und Ueberleben führen muss. Wie eine Vergleichung obiger vier Gruppenzahlen ergiebt, sind II, b und II, c von gleichem Werth. Die Individuen beider Gruppen sind aber auch gleich stark verändert. Es finden sich also in Wirklichkeit nur 3 verschiedene Formen vor. Nenne ich nun die Anzahl der Männchen in der ersten Gruppe (II, 1), die in der zweiten Gruppe und in der dritten Gruppe (II, 2), die in der vierten Gruppe (II, 3) so hat man als Gesammtzahl aller vorhandenen Männchen (II, 1) + 2 (II, 2) + (II, 3), ein Ausdruck, der bereits den gesetzmässigen Character trägt, der für alle ähnliche Ausdrücke sich ergiebt. Frägt es sich, welche von den Gruppenzahlen die grössere ist, so ergiebt sich sofort, dass wenn $\frac{n'}{n}$ kleiner als $\frac{1}{2}$ ist, (II, 1) kleiner als (II, 2) und dieser kleiner als (II, 3) ist, wogegen, wenn $\frac{n'}{n}$ grösser ist als $\frac{1}{2}$, (II, 1) grösser ist als (II, 2) und dieses grösser als (II, 3).

Es ist nun ersichtlich, dass durch Eintritt in die dritte Entwicklungsperiode jede der vier Gruppen der Individuen zweiter Ordnung in zwei Gruppen von Individuen dritter Ordnung auseinander gehen wird. Die Gruppe (II, 1) zerfällt in eine Gruppe mit dreifacher und in eine mit zweifacher Abänderungsgrösse; jede der Gruppen (II, 2) zerfällt in eine mit zweifacher und eine mit einfacher Abänderungsgrösse und die Gruppe (II, 3) zerfällt in eine Gruppe mit einfacher und mit gar keiner Abänderungsgrösse. So findet sich also eine vierfache Abänderung vor, und zwar mit drei, mit zwei Schritten, mit einem und mit gar keinem Schritte vorwärts in der bestimmt angenommenen Richtung. Die erste ist nur einmal entstanden, jede der beiden folgenden ist dreimal entstanden, die letzte ist nur einmal entstanden, man erhält also einen Ausdruck wie folgenden (III, 1) + 3 · (III, 2) + 3 (III, 3) + (III, 4) und zwar ist $(\mathrm{III}, 1) = \frac{a}{2} \cdot \left(\frac{n'}{n}\right)^3 \cdot \left(\frac{r\,(t-t')}{2\,t}\right)^2$;

$(\mathrm{III}, 2) = \frac{a}{2} \cdot \frac{n'^2\,(n-n')}{n^3} \cdot \left(\frac{r\,(t-t')}{2\,t}\right)^2$; $(\mathrm{III}, 3) = \frac{a}{2} \cdot \frac{n'(n-n')^2}{n^3} \cdot \left(\frac{r\,(t-t')}{2\,t}\right)^2$;

$(\mathrm{III}, 4) = \frac{a}{2} \cdot \left(\frac{n-n'}{n}\right)^3 \cdot \left(\frac{r\,(t-t')}{2\,t}\right)^2$.

Es wiederholen sich nun alle Schlüsse von vorhin. Auch jetzt ist (III, 1) kleiner als (III, 2), dieses kleiner als (III, 3), dieses kleiner als (III, 4), wenn $\frac{n'}{n}$ kleiner als $\frac{1}{2}$ und umgekehrt grösser wenn $\frac{n'}{n}$ grösser als $\frac{1}{2}$ ist. Es wird auch so bleiben, wenn die Entwicklungsperioden sich häufen.

Wenn nach Millionen von Jahren wieder beobachtet wird, so wird sich zeigen müssen, dass die am weitesten abgeänderte Form am wenigsten zahlreich ist, wenn $\frac{n'}{n}$ kleiner als $\frac{1}{2}$, und dass durch die unabsehbare Reihe von Formengruppen immer die weniger abgeänderte die zahlreichere ist. Ebenso, dass die Zahlenverhältnisse sich umgekehrt verhalten, wenn $\frac{n'}{n}$ grösser als $\frac{1}{2}$ ist. Zugleich ist ersichtlich, dass mit der zunehmenden Zahl von Entwicklungsperioden die Anzahl der vorhandenen Gruppen von weniger oder mehr abgeänderten Geschöpfen wächst. Sind x Generationen abgelaufen und ist keine Störung eingetreten, so haben sich die Individuen x. Ordnung in $x+1$ Gruppen zerlegt, von denen die erste x Schritte in der durch die Variation angedeuteten Richtung zurückgelegt hat. Es hat sich bei ihr ein Organ entwickelt, von dem die letzte Gruppe noch keine Spur aufweist und zwischen beiden liegt die Unzahl derjenigen Geschöpfe, welche dieses Organ in allen möglichen Stufen der Ausbildung darbieten. Begegnet man nun in Wirklichkeit solchen Erscheinungen? Es bleibt wohl nur die eine Antwort, dass dem nicht so ist. So stehen wir also vor folgendem Dilemma: Entweder man behält die Variations- und Vererbungsregeln, wie sie bisher verstanden wurden, bei und dann entsprechen die Erscheinungen in der Thierwelt nicht dem, was sich aus der logischen Entwicklung des Inhaltes jener Regeln ergiebt; oder man hält es mit den Erscheinungen, und dann reichen jene Regeln mindestens allein nicht aus.

Ich wende mich zu dem letzten der drei am Anfange dieses Aufsatzes erwähnten Beispiele. Es handelt sich da um die Entwicklung der über dem Luftloch angebrachten Schutzborste. Hier wird im Gegensatz gegen den so eben besprochenen Fall die Idee der natürlichen Züchtung Platz greifen, welche auch in der logischen Gedankenentwicklung im Einzelnen berücksichtigt werden muss. Man wird dem Gedanken Raum geben müssen, dass da, wo der Schutz am vollkommensten ist, auch die Sicherheit für das Leben am grössten sein muss. Es werde vorausgesetzt, dass über jener Luftöffnung eine einfache Borste gestanden habe und dass durch irgend welche Richtung des Organisationsprocesses eine Fiederung desselben beginnt; nicht plötzlich, sondern allmälig; dass endlich der Stamm der Borste sich theilt, so dass die gefiederte Fläche an Breite gewinnt, bis die vollendete Schutzborste in ihrer eigenthümlichen Form vor unsern Augen steht.

Um diese Entwicklung genauer ins Auge zu fassen, sei wieder angenommen, dass einst a Individuen zur Fortpflanzung gelangten, wodurch $\frac{a}{2}$ Pärchen bedingt sind. Der Vervielfältigungscoefficient sei r und der bisherige Absterbecoefficient sei $\frac{t'}{t}$ gewesen. Es sei nun, damit die Berechnung sich in einigermassen bestimmten Grenzen bewege, angenommen, dass die gesammte Menge der gezeugten jungen Thiere, deren Anzahl also $r \cdot \frac{a}{2}$ beträgt, in fünf Classen zerfalle, welche unter sich gleich zahlreich seien, aber fünf verschiedene Variabilitätszustände repräsentiren sollen, so zwar, dass die erste $\frac{4}{4}$ Schritt in der bestimmten Veränderungsrichtung fortgeschritten sei — wobei über die Grösse des Schrittes die Ansichten sehr verschieden sein dürfen; während die zweite nur $\frac{3}{4}$, die dritte $\frac{2}{4}$, die vierte $\frac{1}{4}$ und die fünfte $\frac{0}{4}$ Schritt in derselben Richtung zurücklegte. Zugleich mit dieser Verschiedenheit der Abänderungsgrösse sei eine Verschiedenheit des Abnahmecoefficienten verbunden, indem angenommen wird, dass nur die am meisten abgeänderten Individuen die bisher vorhandene Grösse dieses Coefficienten zugetheilt bekommen, während der Abnahmecoefficient der übrigen Gruppen zunimmt und zwar sei, wenn man $\frac{t'}{t}$ durch $\frac{t'}{t}\left(1+0\cdot\frac{\varrho'}{\varrho}\right)$ ausdrückt, der Abnahmecoefficient der zweiten Gruppe $\frac{t'}{t}\left(1+1\,.\,\frac{\varrho'}{\varrho}\right)$; der der dritten $\frac{t'}{t}\left(1+2\cdot\frac{\varrho'}{\varrho}\right)$; der der vierten $\frac{t'}{t}\left(1+3\cdot\frac{\varrho'}{\varrho}\right)$; der der fünften $\frac{t'}{t}\left(1+4\cdot\frac{\varrho'}{\varrho}\right)$. In Folge dessen ist der Restcoefficient der ersten Gruppe $1-\frac{t'}{t}\left(1+0\cdot\frac{\varrho'}{\varrho}\right)$; der der zweiten $1-\frac{t'}{t}\left(1+1\cdot\frac{\varrho'}{\varrho}\right)$; der der dritten $1-\frac{t'}{t}\left(1+2\cdot\frac{\varrho'}{\varrho}\right)$; der der vierten $1-\frac{t'}{t}\left(1+3\cdot\frac{\varrho'}{\varrho}\right)$ und der der fünften $1-\frac{t'}{t}\left(1+4\cdot\frac{\varrho'}{\varrho}\right)$. Diese Restcoefficienten mögen zur Abkürzung mit c_0, c_1, c_2, c_3, c_4 bezeichnet werden. Von reifen Individuen zweiter Ordnung sind dann fünf Gruppen vorhanden, welche sämmtlich an Individuenzahl verschieden sind und zwar ist, wenn die frühere Bezeichnung wieder herangezogen wird:

$$(\mathrm{II}, 1) = \frac{ar}{2\cdot 5}\cdot c_0; \quad (\mathrm{II}, 2) = \frac{ar}{2\cdot 5}\cdot c_1; \quad (\mathrm{II}, 3) = \frac{ar}{2\cdot 5}\cdot c_2;$$

$$(\mathrm{II}, 4) = \frac{ar}{2\cdot 5}\cdot c_3; \quad (\mathrm{II}, 4) = \frac{ar}{2\cdot 5}\cdot c_4.$$

Für die weitere Entwicklung sind folgende Gesichtspuncte massgebend:

Wie bereits vorhin angenommen wurde, möge auch fernerhin von den Individuen dritter und höherer Ordnung dasjenige aus irgend einer Gruppe von Eltern, welches am weitesten in der individuellen

Abänderung fortgeschritten ist, den Restcoefficienten der Eltern in Anspruch nehmen, während bei allen übrigen derselbe verhältnissmässig kleiner wird. Die weiterhin auftretenden Restcoefficienten erhalten dabei die Form c_5, c_6 u. s. f.

Es werden also aus der Gruppe (II, 1) fünf neue hervorgehen, mit $\frac{4}{4}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{4}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{0}{4}$ neuen Abänderungsfortschritten, so dass hieraus sich Individuen entwickeln, welche an sich bereits im Ganzen $\frac{8}{4}$, $\frac{7}{4}$, $\frac{6}{4}$, $\frac{5}{4}$, $\frac{4}{4}$ Schritte in der Abänderungsrichtung zeigen. Nur die erste behält den Restcoefficient c_0, die anderen bekommen der Reihe nach c_1, c_2, c_3, c_4.

Die Gruppe (II, 2) liefert fünf Gruppen von Nachkommen, deren erste den Restcoefficient c_1 behält, als die am weitesten fortgeschrittene, während die anderen die Coefficienten c_2, c_3, c_4, c_5 verlangen.

Wird hiernach die Masse der Individuen dritter Ordnung überschlagen, so findet man im Ganzen neun Abtheilungen nach den Maasszahlen der Fortschritte in der Abänderungsrichtung beurtheilt, nämlich von $\frac{8}{4}$ bis $\frac{0}{4}$ solcher Schritte herab. Wird die Anzahl der zu jeder Gruppe gehörigen Individuen aufgesucht, so erhält man folgende Zahlausdrücke:

$$(\mathrm{III}, 1) = a\left(\frac{r}{2 \cdot 5}\right)^2 c_0\, c_0; \quad (\mathrm{III}, 2) = a\left(\frac{r}{2 \cdot 5}\right)^2 (c_0\, c_1 + c_1\, c_1);$$

$$(\mathrm{III}, 3) = a\left(\frac{r}{2 \cdot 5}\right)^2 (c_0\, c_2 + c_1\, c_2 + c_2\, c_2);$$

$$(\mathrm{III}, 4) = a\left(\frac{r}{2 \cdot 5}\right)^2 (c_0\, c_3 + c_1\, c_3 + c_2\, c_3 + c_3\, c_3);$$

$$(\mathrm{III}, 5) = a\left(\frac{r}{2 \cdot 5}\right)^2 (c_0\, c_4 + c_1\, c_4 + c_2\, c_4 + c_3\, c_4 + c_4\, c_4);$$

$$(\mathrm{III}, 6) = a\left(\frac{r}{2 \cdot 5}\right)^2 (c_1\, c_5 + c_2\, c_5 + c_3\, c_5 + c_4\, c_5);$$

$$(\mathrm{III}, 7) = a\left(\frac{r}{2 \cdot 5}\right)^2 (c_2\, c_6 + c_3\, c_6 + c_4\, c_6);$$

$$(\mathrm{III}, 8) = a\left(\frac{r}{2 \cdot 5}\right)^2 (c_3\, c_7 + c_4\, c_7);$$

$$(\mathrm{III}, 9) = a\left(\frac{r}{2 \cdot 5}\right)^2 c_4\, c_8.$$

Wird das Verhältniss der Grösse dieser Zahlen zu einander gesucht, so findet sich folgendes: (III, 2) ist grösser als (III, 1). Wird nämlich mit (III, 1) in (III, 2) dividirt, so erhält man einen Ausdruck von der Gestalt $2 - \frac{3\, t'\, \varrho'}{(t-t')\, \varrho} + \frac{(t'\, \varrho')^2}{(t-t')^2\, \varrho^2}$. Hierin ist, da t' stets kleiner als t, ϱ' dagegen bedeutend kleiner als ϱ gedacht werden muss, das zweite Glied niemals gleich 1. Dass ϱ eine sehr grosse Zahl sein muss, ergiebt sich daraus, dass die Aenderung des Abnahmecoefficienten doch nur eine ganz besonders allmälige sein kann. Ausserdem muss bedacht werden, dass, wenn t' eine grosse, von t nicht sehr verschiedene Zahl ist, ϱ erst recht eine sehr grosse Zahl sein muss, wenn man nicht annehmen will, dass nach wenigen Generationen alle weniger veränderten Individuen aussterben. Soll sich aber die Zahl der Individuen nicht wesentlich ändern, d. h. soll sie nicht schnell abnehmen, so wird man dies nicht annehmen können.

Doch wird ein bestimmtes Beispiel dies besser erläutern. Man denke sich, dass von 1000 angelegten Keimen immer nur ein einziger zur vollen Reifeentwicklung gelange, so ist $\frac{t'}{t} = \frac{999}{1000}$, also $t - t' = 1$. Nimmt man nun noch an, dass nach tausend Generationen ein Aussterben der am wenigsten abgeänderten Nachkommen eintritt, so wird man den für dieselben gültigen Restcoefficienten gleich Null setzen müssen. Es ist also nach dem Obigen $1 - \frac{t'}{t}\left(1 + 4000\,\frac{\varrho'}{\varrho}\right) = 0$. Hieraus ergiebt sich $\frac{\varrho'}{\varrho} = \frac{1}{3996000}$. Demnach ist klar, dass in diesem Falle (III, 2) grösser sein muss als (III, 1). Um für die weiteren Zahlen eine schnellere Vergleichungsrechnung zu erhalten, nehme man (III, 3) zu klein, nämlich gleich $a\left(\frac{r}{2 \cdot 5}\right)^2 \cdot 3\, c_2\, c_2$, indem statt $c_0\, c_2 + c_1\, c_2 + c_2\, c_2$ das kleinere $c_2\, c_2 + c_2\, c_2 + c_2\, c_2$ gesetzt wird; ebenso nehme man (III, 2) zu gross, nämlich gleich $a\left(\frac{r}{2 \cdot 5}\right)^2 2\, c_0\, c_0$, indem statt $c_0\, c_1 + c_1\, c_1$ das grössere $c_0\, c_0 + c_0\, c_0$ gedacht wird. Werden nun die Zahlen unter der Annahme, dass $\frac{t'}{t} = \frac{999}{1000}$ und $\frac{\varrho'}{\varrho} = \frac{1}{3996000}$ ist, mit einander verglichen, so stellt sich dennoch (III, 3) als die grössere Zahl heraus, sie wird also um so mehr grösser als (III, 2) sein, wenn die eigentlichen Werthe der betreffenden Zahlen mit einander verglichen werden. Fährt man mit diesen Erwägungen fort, so stellt sich (III, 4) grösser als (III, 3), (III, 5) grösser als (III, 4) heraus. Von (III, 6) nehmen die Zahlen wieder ab, aber (III, 7) ist noch bedeutend grösser als (III, 1), ebenso ist (III, 8) noch grösser als (III, 1), und erst (III, 9) ist kleiner als (III, 1).

Wird noch die Gruppe der Individuen vierter Ordnung gebildet, so stellt sich heraus, dass nun bereits 13 Abtheilungen von verschiedener Abänderungsgrösse vorhanden sind. Die Maasszahlen für die in jeder Abtheilung vorhandenen Individuenmenge sind folgende:

$$(\mathrm{IV}, 1) = a\left(\frac{r}{2 \cdot 5}\right)^3 c_0\, c_0\, c_0;$$

$$(\mathrm{IV}, 2) = a\left(\frac{r}{2 \cdot 5}\right)^3 (c_0\, c_0\, c_1 + c_0\, c_1\, c_1 + c_1\, c_1\, c_1);$$

$$(\mathrm{IV}, 3) = a\left(\frac{r}{2 \cdot 5}\right)^3 (c_0\, c_0\, c_2 + c_0\, c_1\, c_2 + c_1\, c_1\, c_2 + c_0\, c_2\, c_2 + c_1\, c_2\, c_2 + c_2\, c_2\, c_2);$$

u. s. f. Die Zahl der Summanden in der Klammer ist für (IV, 4) 10, für (IV, 5) 15, für (IV, 6) 18, für (IV, 7) 19, für (IV, 8) 18, worauf sich die Zahlenreihe in umgekehrter Ordnung wiederholt.

Werden auf diese neuen Zahlen die obigen Schlüsse wieder angewendet, so stellt sich heraus, dass (IV, 2) grösser ist als (IV, 1) und zwar fast dreimal u. s. f. Nun lasse man die Zahl der Generationen bis 1000 steigen, so sind bereits 4001 verschiedene Abtheilungen unter den Individuen tausendster Ordnung nach Massgabe der Abänderung zu machen, und sämmtliche von den 5^{999} Gruppen, die sich allmälig durch immer wiederholte Spaltung früherer Gruppen in fünf neue bildeten, und deren Restcoefficient nicht Null geworden ist, was erst mit c_{4000} eintreten soll, werden durch lebende Individuen vertreten sein. Man sieht, in was für ein Chaos von Formen sich die abändernde Art auflöst, ein Chaos, in welchem das abändernde Organ in allen möglichen Stufen der Ausbildung auftritt. Noch mehr in Einzelheiten hierüber einzugehen, liegt ja allerdings nahe, möge aber hier unterbleiben. So viel steht bereits durch das Gegebene fest, dass die blosse natürliche Züchtung zur Erklärung der Thatsachen in dem vorausgesetzten Falle nicht ausreicht. Es kommt daher darauf an, entweder noch andere Bedingungen der Abnahme auszudenken, oder sich zu gestehen, dass überhaupt die natürliche Züchtung allein — und dies wird für viele Naturerscheinungen heutzutage angenommen — nicht ausreicht, die Erscheinung der scharf und selbständig ausgebildeten Organe zu erklären.