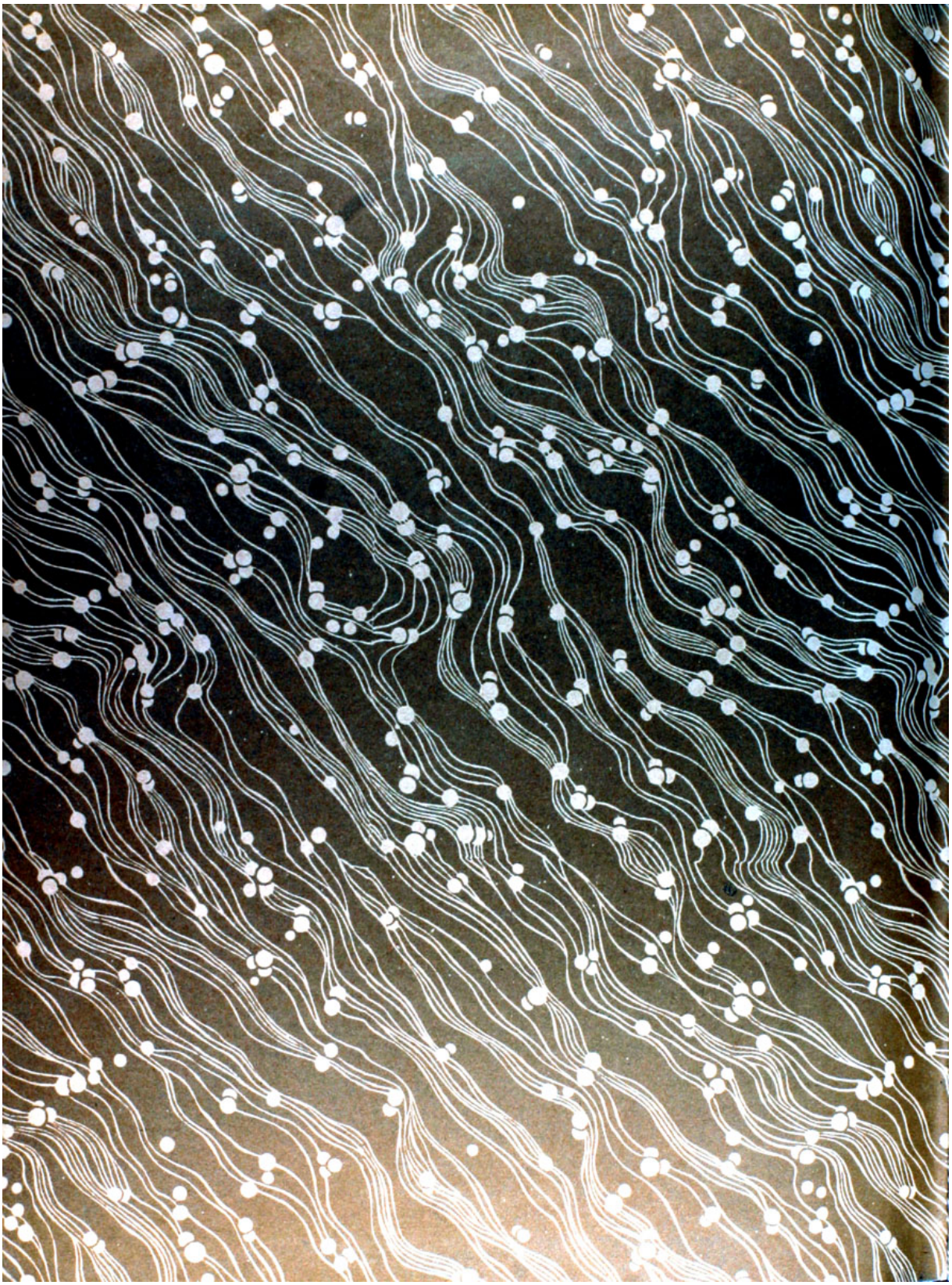
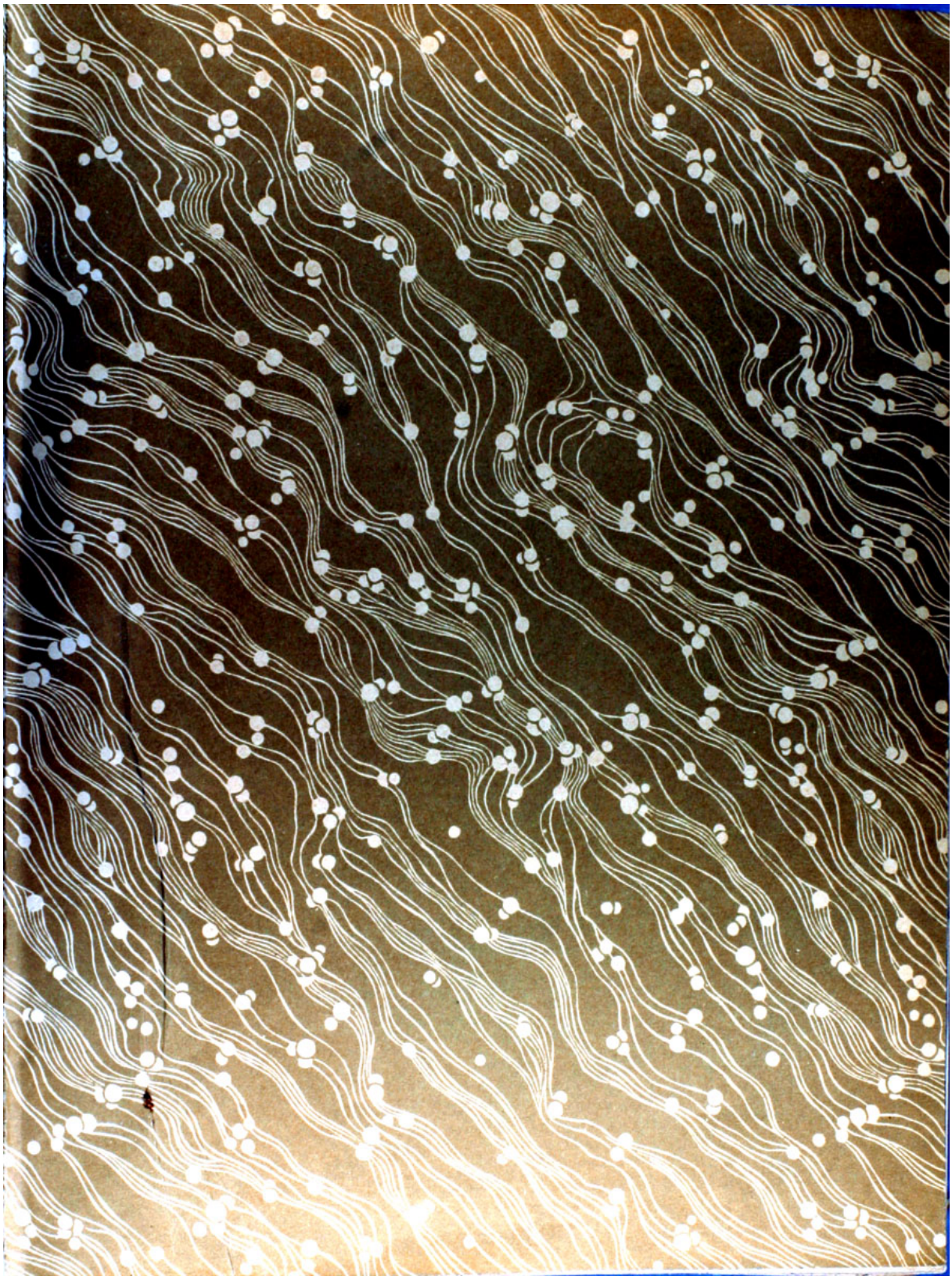
Die experimentelle Vererbungslehre in der Zoologie seit 1900

Arnold Lang





Die experimentelle Vererbungslehre in der Zoologie seit 1900

Ein Sammelwerk und Hilfsbuch bei Untersuchungen

Von

Arnold Lang

Mit einem Abschnitt:

Anfangsgründe der Biometrik der Variation und Korrelation

Erste Hälfte

Mit 244 Abbildungen im Text und 4 Tafeln

Jena
Verlag von Gustav Fischer
1914

Fürstl. priv. Hofbuchdruckerei (F. Mitzlaff) Rudolstadt

Der

Universität Zürich

bei Anlaß der Einweihung der neuen Hauptgebäude

gewidmet

Vorwort.

Das umfangreiche Werk, dessen erste Hälfte ich hiermit der Öffentlichkeit übergebe, verfolgt die Hauptzwecke, über den gegenwärtigen Stand der experimentellen Vererbungslehre speziell auf dem Gebiete der Zoologie vollständig und genau zu orientieren, als Nachschlagebuch die Arbeit der Forscher durch eingehende Berichterstattung über die gesamte einschlägige zoologische Literatur der ersten Dodekade der neuen, an die Wiederentdeckung der MENDELschen Regeln anknüpfenden Epoche zu erleichtern und das erwachte Bestreben nach Anwendung und Durchführung möglichst exakter Methoden durch lehrhafte Darstellungen in jeglicher Weise zu unterstützen. Das Erreichte mag vielfach hinter dem in sechsjähriger Arbeit in hartem, aber freudigem Mühen Erstrebten zurückgeblieben sein. Aber ich hoffe doch, daß sich das Buch als ein brauchbares und oft willkommenes Hilfsmittel nicht nur in den Händen des reinen Wissenschaftlers, sondern vielleicht auch des nach Selbständigkeit und Vorurteilslosigkeit strebenden, den unkontrollierten Überlieferungen nüchtern gegenüberstehenden, praktischen Züchters erweisen wird.

In Verfolgung der genannten Zwecke habe ich das Werk mit einer allgemein orientierenden, auch die Botanik berücksichtigenden Einleitung eröffnet. Dieser Abschnitt ist speziell auch aufgenommen zum Zwecke der Abrundung, damit der Leser alles beieinander habe. Sonst wäre dafür ein Bedürfnis eigentlich nicht vorhanden gewesen, da inzwischen ja vortreffliche Lehrbücher erschienen sind, wie, abgesehen von den grundlegenden Büchern von BATESON und JOHANNSEN, diejenigen von BAUR, CORRENS, GOLDSCHMIDT, HAECKER und PLATE, um nur solche zu nennen, die in deutscher Sprache erschienen sind.

Auf die orientierende Einleitung folgt ein ausführlicher, von rein didaktischen Gesichtspunkten aus redigierter Abschnitt über elementare Biometrik. Es fehlte seit GALTON bis auf JOHANNSEN an einer Behandlungsweise der Biometrik, welche auch den mathematisch nur mäßig beschlagenen oder begabten Biologen, der sich aber gerne belehren möchte, in den Stand gesetzt hätte, die einfachsten und notwendigsten variations- und korrelationsstatistischen Methoden und namentlich die Zuverlässigkeitsbestimmungen zu verstehen und selbst anzuwenden. Auch DAVENPORTS verdienstvolles kleines Buch ist zu resümiert, um lehrhaft zu sein. Es hat seinen Wert für schon Eingeweihte. Erst JOHANNSEN hat es in seinem geistvollen Vererbungsbuch verstanden, in vorbildlich klaren, fesselnden Ausführungen bei manchen Biologen das Verständnis für biometrische

Methoden zu wecken und zugleich gegenüber ihrer Überschätzung durch eine einseitig mathematische Richtung ihre biologische Bedeutung auf das richtige Maß zurückzuführen. Ich schließe mich in dem biometrischen Abschnitte eng an Johannsens Darstellungsweise an. Einzelne, für die Zoologie nicht aktuelle, spezielle Abschnitte schließe ich aus, andere Teile füge ich neu hinzu. Als alter Praktiker im Unterricht habe ich es ratsam gefunden, reichlich Beispiele und Anwendungen vorzubringen, welche zeigen sollen, wie man sich der Formeln in gegebenen Fällen bedienen soll. Ich habe um so eher ganz geringe mathematische Kenntnisse vorausgesetzt, als mein eigenes Rüstzeug recht bescheiden ist, und habe z. B. auf die Herbeiziehung der Integralrechnung ganz verzichtet. Ich habe noch solche Dinge elementar schulmeisterlich behandelt, die für einen Mathematiker zum Einmaleins gehören, so daß mancher über den Abschnitt den Kopf schütteln mag. Das schöne Buch von Yule war bei der Fertigstellung des Manuskriptes noch nicht erschienen.

Der Hauptteil des Werkes besteht in ausführlichen, systematisch und übersichtlich gruppierten Referaten über die experimentelle Vererbungsforschung von 1900—1912. Ohne auf Kritik ganz zu verzichten, habe ich mir alle Mühe gegeben, objektiv und möglichst erschöpfend über den gesamten Inhalt einer jeden in Betracht kommenden Arbeit zu referieren. Referat und Kritik sind aber immer scharf auseinandergehalten. Mustergültige und nachahmenswerte Leistungen habe ich ausdrücklich hervorgehoben. Die gewöhnliche Art der Berichterstattung in den meisten Jahresberichten hat mir bei meiner eigenen Arbeit fast als abschreckendes Beispiel gedient. Über den wirklichen Inhalt der Schriften kann man sich an der Hand dieser Berichte nur so ganz unvollkommen orientieren, und man wird so häufig irregeleitet, daß ich seit Jahren auch auf morphologischem Gebiete auf ihre Benutzung fast vollständig verzichte. Es ist ein wahres Glück, daß die Herstellung von Sammelreferaten über Spezialgebiete, die sich auf eine Periode von mehreren Jahren erstrecken und von sachkundigen Autoren ausgearbeitet werden, immer mehr in Aufschwung kommt. Ein großes derartiges Sammelreferat soll mein Werk enthalten.

Vielfach unterlassen es Autoren, besonders gewisse Spezialisten unter den Systematikern, den Leser über den Gegenstand, den sie behandeln, auch nur ganz kurz zu orientieren. Es mag darunter solche geben, welche sich darüber aufhalten, daß sie von der „Kathederwissenschaft" zu wenig berücksichtigt werden; solche, welche aber imstande wären, zu schreiben: Bekanntlich trägt das vorletzte Abdominalfußpaar von *Mysarchus mülleri* var. insignis im dritten Larvenstadium am zweiten Gliede außen und oben eine 0,13 mm lange Sinnesborste. Vor wenigen Tagen wußten sie es vielleicht selbst nicht. In solchen und ähnlichen Fällen habe ich zunächst mich selbst hinreichend zu orientieren gesucht und darauf dem Referate erläuternde Bemerkungen hinzugefügt, zur Bequemlichkeit des Lesers. Die Information lag durchaus nicht immer am Wege.

Ich hoffe keine wichtige Arbeit übersehen zu haben. Um möglichen Aussetzungen aber von vorneherein zu begegnen, will ich darauf hinweisen, daß mein Werk es mit der experimentellen Vererbungslehre und nicht mit Bastardkunde

zu tun hat. Das ist nicht dasselbe. An allfällig übersehene Autoren richte ich die Bitte, mir Separata ihrer Abhandlungen zuzuschicken, die ich dann in einem Nachtrag berücksichtigen kann.

Der vorliegende Band enthält vom referierenden Teile die Klasse der Säugetiere. In ähnlicher Weise werden im zweiten Band alle übrigen Tierabteilungen behandelt werden. Das Manuskript zu demselben ist fast fertig, so daß er bald nachfolgen kann, wenn es die Verhältnisse gestatten. Dieser Vorbehalt ist in der unfaßbar schaurigen Schreckenszeit, die wir erleben müssen, leider notwendig. Aber auch ein persönlicher Vorbehalt ist am Platze. Mein Geist ist zurzeit zwar noch ziemlich willig, aber das Fleisch bedenklich schwach.

Beim Abschnitt „Echinoderma" werde ich die künstliche Entwicklungserregung im allgemeinen und ihre Kombination mit Bastardbefruchtung im besonderen eingehend behandeln. Besondere Kapitel werden der wissenschaftlichen Erforschung der Folgen der Inzucht, dem Problem der Geschlechtsbestimmung und Geschlechtsvererbung und der Frage nach der Vererbung somatogener Eigenschaften gewidmet sein. Verschiedene Zahlentabellen im Anhang werden die Benutzung des biometrischen Abschnittes erleichtern. Der Anhang wird auch ein Verzeichnis der gebräuchlichsten englischen Termini technici der Züchter enthalten. Sehr ausführliche Literaturverzeichnisse und Register werden den Schluß bilden.

Viele haben mich bei meiner Arbeit unterstützt. Ihnen allen sage ich, ohne daß ich alle ihre Namen jetzt schon nenne, meinen herzlichsten Dank. Herr Dr. S. Poniatowski hat mir seine sachkundige Erfahrung bei der Revision der Druckbogen des biometrischen Teils in liebenswürdiger Bereitwilligkeit zur Verfügung gestellt. Und jetzt schon ist es mir eine angenehme Pflicht, der Verlagsbuchhandlung und den technischen Anstalten für die liebevolle Sorgfalt zu danken, mit der sie sich des Werkes angenommen haben.

Zürich, den 18. August 1914.

Arnold Lang.

... und die nächsten 10 Seiten ...
... and the next 10 pages ...

das Fortpflanzungsvermögen. Pearl und Surface, die hierüber wichtige Untersuchungen angestellt haben, über die anderswo referiert wird, verwenden für die Beurteilung der Konkurrenzfähigkeit der einzelnen Hennen bei der Auslese folgende Formel:

$$I = \frac{5\,(x + y)}{p + q + 1}.$$

Es ist nun klar, daß der Auslese-Index einer Henne, von der man wissen will, ob man sie zur Nachzucht in der angegebenen Zuchtrichtung verwenden darf oder nicht, erst dann bestimmt werden kann, wenn das Vermehrungsvermögen der betreffenden Henne schon durch die Erfahrung festgestellt ist. Man verfährt also so, daß man die Fortpflanzungsfähigkeit der Hennen im ersten Legejahr (dem sogenannten Kückenjahr) konstatiert und dann diejenigen auswählt, welche in einem zweiten Legejahr zur Zucht verwendet werden sollen.

In der obigen Formel bedeutet

x = die prozentualische Zahl der von einer Henne abgelegten befruchteten Eier, die im Kückenjahr zum Ausschlüpfen kamen;

y = die prozentualische Zahl der von der Henne tatsächlich zwischen dem 1. Februar und 1. Juni gelegten Eier, bezogen auf die Zahl, welche die Henne während dieser Periode überhaupt hätte legen können;

p = die prozentualische Zahl der unbefruchteten Eier;

q = die prozentualische Zahl der ausgeschlüpften Kücken (bezogen auf die Zahl der abgelegten Eier der Henne), welche in den ersten drei Wochen abstarben.

Zur genaueren Begründung der Formel $I = \frac{5\,(x + y)}{p + q + 1}$ müßte etwas weit ausgeholt werden. Wir begnügen uns mit folgenden Bemerkungen. Offenbar steigt der Wert eines Huhnes als einer guten (für Nachzuchtauslese qualifizierten) Bruthenne mit zunehmender prozentualischer Zahl der ausschlüpfenden Kücken und mit zunehmender Zahl der während eines bestimmten Zeitraums abgelegten Eier.

Die Variablen x und y gehören also offenbar, wie in der Formel, in den Zähler. In der Formel sind beide Faktoren als gleich wichtig taxiert. Die beiden gemeinsame Konstante 5 soll angeben, daß Pearl und Surface beiden Merkmalen x und y die fünffache Bedeutung zuschreiben.

Es ist aber ebenso klar, daß der Selektionswert einer Henne sinkt in dem Maße, als die prozentualische Zahl ihrer unbefruchteten Eier und die Sterblichkeit der Kücken zunimmt. p und q stehen deshalb richtig im Nenner. Pearl und Surface haben beide Variablen gleich hoch bewertet.

In der folgenden Tabelle (S. 444) wird gezeigt, wie etwa eine für die Vornahme der Selektion ausgearbeitete Liste der Auslese-Indexziffern aussieht. Die Daten beziehen sich auf gleichaltrige Kücken der „Barred-Plymouth Rock"-Rasse, die unter den nämlichen übereinstimmenden Verhältnissen der Behausung und der Nahrung gehalten wurden. Alle Eier wurden in Brutmaschinen bebrütet.

Die Tabelle zeigt, daß der Wert des Auslese-Index sich zwischen den Zahlen 2,8 und 45,2 bewegt. Die Tabelle enthält eine Auswahl von Fällen zum Zwecke der Demonstration des Prinzips des Ausleseindex. Es könnten noch extremere Fälle angeführt werden. Die Auswahl genügt aber zu zeigen, wie groß der Spielraum ist, innerhalb welches der Auslese-Index variiert. Eine Betrachtung der einzelnen Fälle, aus denen sich die Tabelle zusammensetzt, zeigt deutlich, daß der Auslese-Index ein unparteiisches, unpersönliches Maß des Selektionswertes einer Henne ist. Die Henne No. 402 beispielsweise hat einen sehr niedrigen Auslese-Index (2,9), während z. B. die Henne No. 168 einen mehr als 10mal so großen Index aufweist (31,6). Die Inspektion ergibt nun in der Tat, daß von den befruchteten Eiern der Henne 402 nur 14% gegen 88% der befruchteten Eier der Henne 168 zum Ausschlüpfen kamen. Bei beiden Hennen ist die prozentualische Gesamtproduktion von Eiern während der Beobachtungsperiode annähernd gleich groß. Dagegen wird wiederum der Index der Henne 168 dadurch sehr günstig beeinflußt, daß bei ihr nur 4,7% der Eier unbefruchtet waren (variable Größe p, die in den Nenner kommt) gegen volle 30% der Henne 402. Auch die Sterblichkeit (Veränderliche q im Nenner!) der ausgeschlüpften Kücken der Henne 168 war bedeutend geringer (13,89%) als bei der Henne 402 (50%), was selbstverständlich den Auslese-Index der ersteren wiederum günstig beeinflußt. — Die

Fußringnummer des Huhnes	x Ausgeschlüpfte Kücken, prozentualisch	y Eiproduktion vom 1. II. bis 1. VI. %. Siehe Text.	p Prozentsatz der unbefruchteten Eier	q Prozentsatz der während der ersten 3 Wochen gestorbenen Kücken	Auslese-Index I	Fußringnummer des Huhnes	x Ausgeschlüpfte Kücken, prozentualisch	y Eiproduktion vom 1. II. bis 1. VI. %. Siehe Text.	p Prozentsatz der unbefruchteten Eier	q Prozentsatz der während der ersten 3 Wochen gestorbenen Kücken	Auslese-Index I
10	21	18,33	36	33,33	2,8	29	28	28,33	27	0	10,0
160	9	15,83	42	0	2,9	23	39	25,83	28	8,33	10,0
402	14	33,33	30	50,00	2,9	428	46	40,08	20	22,22	10,0
352	12	41,67	14	60,00	3,6	122	49	34,17	15	23,53	10,5
358	50	31,67	32	69,23	4,0	375	41	37,50	36	0	10,6
438	35	35,00	45	37,50	4,2	712	42	50,00	20	20,00	11,2
441	38	20,00	33	33,33	4,3	408	48	45,86	16	22,73	11,8
21	25	35,00	14	44,44	5,0	38	61	37,50	9	28,00	13,0
393	12	47,50	9	50,00	5,0	731	27	35,83	23	0	13,1
705	38	26,67	34	25,00	5,4	395	29	37,50	24	0	13,3
717	24	21,67	19	20,00	5,7	443	56	54,17	6	35,29	13,3
39	23	29,17	26	16,67	6,0	409	37	46,67	4	25,00	13,9
377	32	37,50	16	33,33	6,9	771	43	60,00	13	22,22	14,2
746	59	28,33	15	47,06	6,9	19	68	24,17	24	6,66	14,5
87	36	39,17	17	35,71	7,0	152	26	39,17	11	9,09	15,5
359	61	32,50	15	50,00	7,1	366	52	25,83	13	7,14	18,4
442	41	68,33	38	28,57	8,2	768	74	45,00	20	9,38	19,6
400	44	47,50	16	38,10	8,2	434	72	58,33	17	14,28	20,2
27	18	40,00	8,3	25,00	8,5	750	57	52,50	16	10,00	20,3
757	23	51,67	10	30,77	8,9	770	71	50,83	9,8	12,82	25,8
725	33	29,17	6	27,27	9,1	752	48	59,17	6	12,50	27,5
112	17	46,67	18	25,00	9,3	397	38	40,00	6	5,89	30,3
753	61	47,50	46	10,53	9,4	168	88	35,83	4,7	13,89	31,6
407	41	41,67	18	23,53	9,7	749	57	46,50	4	6,45	45,2

Inspektion der Tabelle ergibt ferner, daß ungefähr die Hälfte der Hennen einen Auslese-Index von 10 oder einen solchen, der größer ist als 10, aufweisen. Der Züchter wird vielleicht 10 als den Grenzwert des Auslese-Index betrachten. Hennen, deren Auslese-Index niedriger ist als 10, werden nicht zur Weiterzucht zugelassen.

* * *

Ein weiteres Beispiel, welches die Leistungsfähigkeit des Auslese-Index klarmachen soll, wollen wir mit Pearl und Surface (1909, 1912) dem Gebiete der Maiszucht, die in der exakten Erblichkeitsforschung eine so große Rolle spielt, entnehmen. Es gibt hier, wie überhaupt wohl meist bei der Auslesezucht irgendeiner Pflanzen- oder Tierform, solche Merkmale, die jeder Züchter zu fördern oder zu eliminieren wünscht, welches auch die spezielle Zuchtrichtung sein mag, die z. B. vorwiegend durch die besonderen klimatischen und Bodenverhältnisse indiziert erscheint.

So wird jeder Maiszüchter bestrebt sein, Stämme zu züchten, deren Kolben eine gute Größe und Form haben und dicht und lückenlos mit Körnern besetzt sind, die einen guten Ertrag für eine bestimmte Kulturfläche liefern und die sich durch hohe Keimfähigkeit ihrer Samen auszeichnen usw. usw. Daneben wird jeder Züchter je nach den besonderen Verhältnissen das spezielle Schwergewicht bei der Veredlungsauslese hier auf Frühreife, dort auf hohen Ölgehalt der Samen, auf großen Proteingehalt usw. legen. Beispielsweise kommen bei einer Veredlungszucht von Pearl und Surface

gewisse Merkmale des Kolbens des Zuckermaises („Sweet Corn", Zea Mays saccharata) in Betracht. Diese Forscher züchten unter Verwendung der folgenden Formel für den Auslese-Index:

$$I = \frac{1x + 3y + 2z}{p + q + r^2}.$$

Die Variable x bedeutet die Länge des Kolbens L multipliziert mit dem Umfang Cir. Bei einem bestimmten Kolben sei beispielsweise $x = L \times Cir = 14{,}8 \times 12{,}9 = 190{,}9$.

Die Variable y bedeutet das prozentualische Gewicht der Körner an der Kolbenspitze und an der Kolbenbasis, bezogen auf das Gesamtgewicht aller Körner auf dem ganzen Kolben.

Bei dem untersuchten Kolben sei $y = \frac{100 \times 22{,}8}{97} = 23{,}5$.

Die Variable z bedeutet die durchschnittliche prozentualische Dicke des Körnermantels (Höhe der Körner) am Kolben und wird bestimmt, indem man den 100fachen Umfang der Spindelachse des Kolbens in der Mitte seiner Länge dividiert durch den Umfang des noch mit Körnern besetzten Kolbens an derselben Stelle und den Quotienten von 100 subtrahiert.

z sei bei dem vorliegenden Kolben $= 100 - \frac{100 \times 79}{12{,}9} = 38{,}8$.

Die Variable p bedeutet das prozentualische Gewicht der leeren (körnerentblößten) Spindelachse, bezogen auf das Gewicht des vollbesetzten Kolbens.

p sei bei dem in Frage stehenden Kolbenexemplar $= \frac{100 \times 21}{97} = 21{,}6$.

Die Variable q bezieht sich auf die Form des Kolbens, ob zugespitzt oder gleichmäßig dick. q wird gemessen, indem man vom Umfang nahe der Kolbenbasis den Umfang nahe der Kolbenspitze abzieht.

Im vorliegenden Falle sei $q = 9{,}3 - 6{,}5 = 2{,}8$.

Die Variable r bezieht sich auf den Prozentsatz der nachgewiesenermaßen keimfähigen Samen (Körner) des Kolbens, bezogen auf die Gesamtzahl der Samen des Kolbens. Alle Samen müssen geprüft werden. Dieser Prozentsatz wird von 100 abgezogen.

Bei unserem Kolben mag die Prüfung $r = 100 - 100 = 0$ ergeben haben, d. h. alle Samen keimten, der Prozentsatz der Keimunfähigen war $= 0$.

Wir verzichten hier darauf, anzugeben, wie die Messungen und Wägungen an dem (getrockneten) Material vorgenommen werden.

Es ist klar, daß die Variabeln x, y, z in den Zähler gehören, denn offenbar nimmt der Selektionswert (ceteris paribus) eines Maiskolbens zu

a) in dem Maße, als seine absolute Größe (Variable x) wächst;

b) in dem Maße, als auch (Variable y) die Spitze und die Basis des Kolbens immer kompletter mit Körnern besetzt ist;

c) in dem Maße, als die Dicke der Körnerhülle auf der sie tragenden Spindel (und damit die Höhe der Körner) im Vergleich zur Dicke der Spindel zunimmt (Variable z).

In der Tat finden wir diese Variablen in der Formel $I = \frac{x + 3y + 2z}{p + q + r^2}$ im Zähler. x ist dabei einfach gewertet (Konstante $a = 1$); y ist dreifach gewertet (Konstante $b = 3$) und z zweifach (Konstante $c = 2$). Das heißt Pearl und Surface messen der guten Besetzung der Spitze und der Basis des Kolbens mit Körnern die dreifache und der zunehmenden Dicke des Körnermantels die doppelte Bedeutung, verglichen mit der absoluten Größe des Kolbens, zu.

Es ist ferner klar, daß die Variablen p, q und r in den Nenner gehören, da sie mit zunehmendem Wert den Selektionswert eines Kolbens zunehmend herabsetzen, denn:

a) Die Spindelachse ist an und für sich wertlos, bloß die auf ihr sitzende Körnergarnitur soll durch Edelauslese verbessert und vergrößert werden. p nimmt aber in dem Maße zu, als das Gewicht und damit auch das Volumen der wertlosen Spindelachse gegenüber dem gesamten Körnergewicht zunimmt.

b) Die günstigste Gestalt des Kolbens ist die annähernd zylindrische, an dem freien Ende und an der Basis abgerundete Gestalt. Je mehr sich aber q vergrößert, um so mehr nähert sich der Kolben der weniger günstigen konischen Form.

c) Was nützt die tadelloseste Form und Garnitur des Kolbens, vom Standpunkte der Veredlungszüchtung betrachtet, wenn die Samen nicht oder nur zu einem kleinen Bruchteil keimfähig sind. Wenn aber r zunimmt, so nimmt der Prozentsatz der keimunfähigen Samen (Körner) zu. Wir verstehen, daß Pearl und Surface diese Variable, die möglichst zu eliminieren ist, im Nenner derart taxieren, daß ihr als Konstante der Exponent 2 beigegeben, d. h., daß sie quadriert wird.

Setzen wir nun in der Formel $I = \frac{x + 3y + 2z}{p + q + r^2}$ die für den als Beispiel gewählten Maiskolben gewonnenen Werte ein, so erhalten wir

$$I = \frac{190{,}9 + 3 \times 23{,}5 + 2 \times 38{,}8}{21{,}6 + 2{,}8 + 0^2} = \frac{338{,}1}{24{,}4} = 13{,}9.$$

* * *

Würden wir zahlreiche andere Kolben derselben Maissippe untersuchen, so würden wir uns überzeugen, daß das Exemplar, das wir zuerst untersucht haben, einen außerordentlich hohen Auslese-Index besitzt, ein — wie sich Pearl und Surface ausdrücken — aristokratischer Vertreter seiner Sippe ist.

* * *

Es braucht wohl nicht noch besonders betont zu werden, daß die Methode der Auslese-Indexziffern in erster Linie praktischen Wert hat. Sie verhilft uns nicht zu einer sicheren Ermittlung biologischer Gesetzmäßigkeiten. Sie gibt uns keinen sicheren Aufschluß, ob überhaupt feste Korrelationen zwischen den Variablen existieren und wenn ja, welcher Art sie sind. Die Methode enthebt uns also nicht der Notwendigkeit, durch das biologische Experiment der Frage näher zu treten und die Resultate der Versuche durch die Methoden der Biometrik der Korrelation zu prüfen, zu sichten und zu resümieren. Wohl aber ist sie geeignet, wertvolle Fingerzeige zu geben.

LXI. Heinckes Methode der kombinierten Merkmale zur Feststellung des Rassen- oder Artcharakters und der Rassenzugehörigkeit beliebiger Varianten.

Der Fall kommt wohl sehr häufig vor, so selten er biologisch einwandfrei nachgewiesen worden ist, daß zwei erblich verschiedene, genotypisch reine Formen sich so zueinander verhalten, daß die gewöhnlich zahlreichen Merkmale, durch die sie sich voneinander zu unterscheiden pflegen, alle oder doch der Mehrzahl nach eine transgressive Variabilität aufweisen. Das kommt z. B. häufig vor bei geographisch weit getrennten Lokalrassen, aber auch bei zusammenlebenden distinkten Arten (die miteinander keine fruchtbaren Nachkommen erzeugen), wie beispielsweise *Helix hortensis* und *H. nemoralis* oder *Clupea harengus* L. und *Clupea sprattus* L. (Hering und Sprott). Halten wir uns an diese beiden Fischarten. Sie unterscheiden sich durch sehr zahlreiche Merkmale, von denen wir nur fünf herausgreifen. Die mittlere Wirbelzahl beträgt beim Hering 56, beim Sprott 48; die mittlere Zahl der Kielschuppen vor der Bauchflosse ist beim Hering 28, beim Sprott 22; die mittlere Zahl der Bauchflossenstrahlen beim Hering 9 gegen 7 beim Sprott; die durchschnittliche Zahl der Pylorusanhänge beim Hering 22 gegen 8 beim Sprott. Beim ersteren ist der Vomer bezahnt, beim letzteren nicht. Heincke fand aber unzweifelhafte Heringe und Sprotten, die beide 50 Wirbel, beide 24 Kielschuppen vor der Bauchflosse, beide eine gleiche Zahl von Zähnen auf dem Vomer und beide gleichviel Pylorusanhänge, z. B. 10, besaßen. Ähnliche Verhältnisse werden wohl auch die verschiedenen konstanten „Landrassen" von Getreidearten darbieten.

Die Frage, die für exakte Vererbungsstudien sehr wichtig ist oder werden kann, ist die, gibt es eine zuverlässige Methode, solche Typen, Rassen, Arten, deren einzelne Merkmale in ihrer Variation

transgredieren, sicher zu unterscheiden, und die Zugehörigkeit irgendeines beliebigen Individuums zu der einen oder anderen Gruppe verläßlich festzustellen? Diese Frage hat HEINCKE in seiner berühmten „Naturgeschichte des Herings" sehr gründlich untersucht und an der Hand der von ihm ausgebildeten „Methode der kombinierten Merkmale", es handelt sich zunächst um quantitativ verschiedene Merkmale, bejaht.

Wir können, um klar zu zeigen, wie groß die Leistungsfähigkeit und Tragweite einer derartigen zuverlässigen Untersuchungsmethode sein können, nichts Besseres tun, als HEINCKEs Gedankengängen eng zu folgen.

Folgendes sind die Fragen, die sich HEINCKE vorlegte.

Bilden die Heringe der europäischen Meere einen einzigen unterschiedslosen Stamm, dessen Glieder oder Schwärme in dem großen Wohngebiete des Herings weite und regellose Wanderungen unternehmen? Oder zerfällt die Spezies Hering (*Clupea harengus*) in zoologisch unterscheidbare Lokalformen oder Rassen, deren jede ein bestimmtes festumschlossenes Wohngebiet hat, in dem sie regelmäßige, jährliche Wanderungen ausführt? Gibt es wenige oder viele solcher Lokalformen? Haben dieselben weitere oder engere Wohngebiete, dehnen sich ihre jährlich wiederkehrenden Wanderzüge über größere oder kleinere Strecken aus? Sind die Lokalformen für lange Zeiten konstant, d. h. sind ihre zoologischen Unterschiede erblich? Gibt es in einem und demselben Gebiete verschiedene Rassen nebeneinander, deren Laichplätze zwar getrennt sind, deren Wanderstraßen sich jedoch kreuzen und die zu Zeiten durcheinander gemischt leben? Sind z. B. der im Brackwasser laichende Frühjahrshering und der im Salzwasser laichende Herbsthering der westlichen Ostsee solche verschiedene Rassen desselben Gebiets oder sind es nur verschiedene Altersstufen einer und derselben Form, etwa in der Art, daß der Frühjahrshering eine jugendlichere Stufe des Herbstherings ist?

Zum Zwecke der Beantwortung dieser Hauptfragen waren mehrere Vorfragen biologischer Natur zu erledigen, es waren Tatsachen aus der Lebens- und Fortpflanzungsweise des Herings festzustellen, von denen die folgenden die wichtigsten sind:

1. Der Hering ist ein geselliges Herdentier, das von Geburt an in mehr oder weniger dichten Schwärmen lebt. Diese Art des Auftretens steht in engem Zusammenhang mit der wesentlich aus Kopepoden und ähnlichen tierischen Organismen des Planktons bestehenden Nahrung des Herings.

2. Der Hering ist als Spezies weder an eine bestimmte Beschaffenheit des Meerwassers (Salzgehalt und Temperatur), noch an eine spezifisch bestimmte Art der Nahrung gebunden.

3. Der Hering legt im Gegensatz zu allen seinen Gattungsverwandten Eier, die an einer Unterlage kleben. Der Hering als Spezies ist auch beim Laichen an keine feste Regel gebunden, weder in der Tiefenlage der Laichplätze, noch in der Zeit des Laichens, die in alle Monate des Jahres fallen kann, noch in der Wassertemperatur auf den Laichplätzen (3—20° C und mehr).

4. Innerhalb eines kleinen Gebietes verlaufen dagegen die zyklischen Lebensvorgänge der dort zur Beobachtung gelangenden Heringe (des Herings als Lokalform) jahraus jahrein mit immer wiederkehrender Regelmäßigkeit: In der westlichen Ostsee z. B. haben die Heringe jahraus jahrein ihre festbestimmten Laichplätze mit bestimmter Beschaffenheit des Wassers nach Temperatur und Salzgehalt und bestimmter Beschaffenheit der Nahrung; die Schwärme sind regelmäßig in diesen Monaten hier, in jenen dort anzutreffen.

5. Jeder fortpflanzungsfähige Hering laicht nur einmal in jedem Jahre. Auf jedem Laichplatz in irgendeiner Gegend wird nur einmal im Jahre gelaicht.

6. Die Dauer der Entwicklung hängt beim Hering wie bei anderen Tieren von der Temperatur des Brutwassers ab.

Gestützt auf diese Feststellungen glaubt HEINCKE mit großer Sicherheit definieren zu können, was man unter einer Lokalform oder besser unter einer Rasse des Herings zu verstehen hat: Eine Rasse bilden nach seiner Ansicht offenbar solche Schwärme, die an bestimmten, mehr oder weniger nahe gelegenen Laichplätzen von gleicher oder sehr ähnlicher Beschaffenheit des Bodens und des Wassers zu gleicher Jahreszeit ihre Eier absetzen, dann verschwinden und im nächsten Jahre zu gleicher Zeit in gleichem Reifezustand wiederkehren. Solche Laichschwärme bilden gleichsam die erste systematische Kategorie des Herings. HEINCKE ist sich klar bewußt, daß noch das Erblichkeitsmoment hinzuzutreten hat. Um die Erblichkeit des Rassencharakters nachzuweisen, müßte man, sagt er, solche

Laichschwärme in verschiedenen, durch angemessene Zwischenperioden getrennten Jahren untersuchen. Er selbst hat eine solche Untersuchung für Laichschwärme der Schley aus dem Jahre 1877, 1878, 1888 und 1891 durchgeführt.

Wir wollen uns hier eine Zwischenbemerkung gestatten. Auch uns erscheint wahrscheinlich, daß die Laichschwärme konstante Rassen repräsentieren, zwischen welchen Vermischungen in größerem Maßstabe wohl nicht oder nur selten vorkommen. Allein den sicheren Nachweis (im Sinne der modernen, exakten Erblichkeitsforschung) könnte nur die Individualzucht, die Stammbaumzucht, leisten. Inzucht extremer Varianten müßte dann eine Nachkommenschaft vom gewöhnlichen Durchschnittscharakter des Laichschwarmes ergeben. Solche Versuche lassen sich aber wohl kaum durchführen. So bleibt die Möglichkeit bestehen, daß der Typus der Laichschwärme ein Phänotypus ist, eine gemischte Population von genotypisch verschiedenen Elementen, in der aber die Mischung in einem gewissen Gleichgewichtszustande verharrt.

Die Hauptforderung (zugleich die Hauptschwierigkeit) war nun aber die einer genauen Beschreibung des die Rasse repräsentierenden Laichschwarms. Diese Beschreibung muß das Wesen der Rasse wiedergeben, und zwar so genau, daß der Laichschwarm jederzeit daran wiederzuerkennen ist, möge er sich nach Beendigung des Laichgeschäftes an irgendeiner anderen Stelle seines Wohngebietes befinden oder im nächsten Jahre zum Laichen an den gewohnten Platz zurückkehren. Die Beschreibung

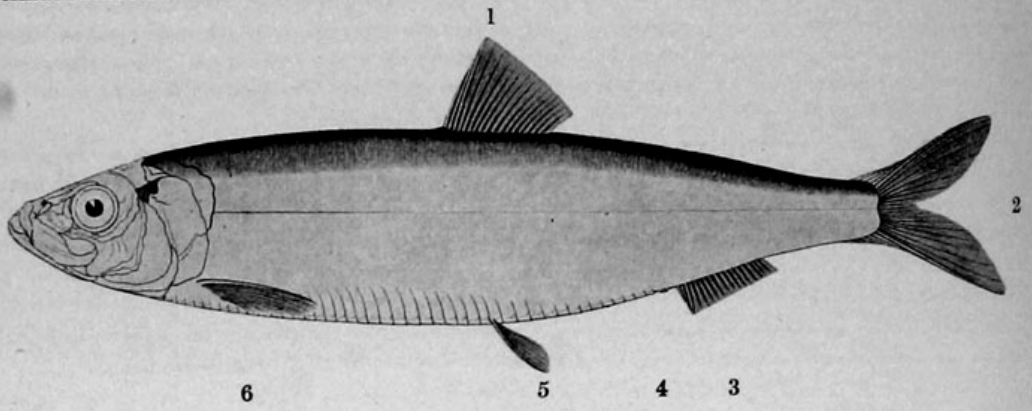


Fig. 112.

Frühjahrshering von Rügen. $^4/_7$ natürlicher Größe. Nach F. Heincke, 1898. 1 Rückenflosse; 2 Schwanzflosse; 3 Afterflosse; 4 After; 5 Bauchflosse; 6 Brustflosse.

muß auch so sein, daß es möglich sein soll, für jedes beliebige Heringindividuum (dessen Fundort und Fundzeit man vorläufig nicht kennt) die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Rasse mit großer Sicherheit nachzuweisen. Altersverschiedenheiten, Geschlechtsdifferenzen usw. müssen natürlich genau ermittelt und in Rechnung gesetzt werden.

Der genannten Hauptforderung genügt nun Heinckes Methode der kombinierten Merkmale, die sich auf die Wahrscheinlichkeitsrechnung stützt und die von der als zutreffend erkannten Voraussetzung ausgeht, daß die einzelnen Eigenschaften voneinander unabhängig variieren, und daß die Variation eines jeden Merkmals dem Gesetz des Zufalls folgt, also durch eine annähernd symmetrische Binomialkurve (Gausssche Fehlerkurve) repräsentiert wird.

Als Merkmale, die uns zur Demonstration der Methode dienen sollen, wählen wir a) die Zahl der Wirbel, b) die Zahl der Kielschuppen hinter der Bauchflosse bis zum After (Fig. 112, 5—4), c) die Zahl der Flossenstrahlen der Rückenflosse (Fig. 112, 1). Diese Merkmale verändern sich beim Individuum von dem Zeitpunkte an nicht mehr, wo es seine ausgebildete Körperform erhält.

A. Verwertung des Merkmals Wirbelzahl.

Es seien drei verschiedene Heringsrassen A, B und C gegeben, die sich in der Zahl der Wirbel folgendermaßen verhalten:

Variantenklassen (Zahl der Wirbel)	53	54	55	56	57	58
Frequenz in % der Population. Rasse *A*	2	5	44	40	9	—
„ „ % „ „ . „ *B*			7	46	46	1
„ „ % „ „ . „ *C*				24	56	20

Man sieht also, dieses Merkmal allein, die Wirbelzahl, genügt nicht, um die Zugehörigkeit eines Fisches zu der einen oder anderen Rasse festzustellen. Ein Hering, der 56 oder 57 Wirbel hat, kann sowohl zur Klasse *A* als zur Klasse *B* als zur Klasse *C* gehören. Aber es ist klar, daß die Wahrscheinlichkeiten, daß er zu einer derselben gehört, nicht gleich sind. Diese Wahrscheinlichkeiten wA, wB, wC verhalten sich zueinander folgendermaßen:

Bei einem Hering mit 56 Wirbeln, $wA : wB : wC = 0{,}40 : 0{,}46 : 0{,}24$
„ „ „ „ 57 „ $wA : wB : wC = 0{,}09 : 0{,}46 : 0{,}56$

(Als Wahrscheinlichkeit w für das Eintreten eines Ereignisses, oder im vorliegenden Fall für die Zugehörigkeit zu einer der drei Klassen, bezeichnet man die Anzahl der für das Eintreten günstigen Fälle durch die Anzahl der möglichen Fälle dividiert. Die Anzahl der möglichen Fälle ist 100%. Die Anzahl der beispielsweise bei der Rasse *A* für das Vorkommen der Wirbelzahl 55 günstigen Fälle ist 44%, also ist die Wahrscheinlichkeit w in diesem Falle $\frac{44}{100} = 0{,}44$ usw. Wäre die Wahrscheinlichkeit $w = 1$, so wäre die Zugehörigkeit eines Herings mit 55 Wirbeln zur Klasse *A* (das Eintreten des Ereignisses) s i c h e r, wäre sie 0, so wäre ebenso sicher, daß der Fisch der Rasse *A* nicht angehört. Der Wert w liegt also innerhalb der Grenzen 1 und 0. Ist $w = \frac{1}{2}$ resp. 0,5, so heißt das, daß das Eintreten eines Ereignisses nicht weniger und nicht mehr wahrscheinlich ist, als das Nichteintreten. (Die Gleichung $w = 0{,}5$ ist der Ausdruck für völlige Unsicherheit.)

Bei der Beurteilung der Wahrscheinlichkeiten wA, wB, wC usw. beim Vorkommen einer bestimmten prozentualischen Zahl von Wirbeln muß man sich aber stets erkundigen, wie groß n, die Gesamtzahl der beobachteten Varianten, ist. Ist n sehr klein, hätten wir also z. B. von der Rasse *C* nur 10 Heringsindividuen untersucht, so könnten die 56% Individuen mit 57 Wirbeln eine reine Zufallsmehrheit sein, wie wir ja wiederholt dargelegt haben.

B. Verwertung des Merkmals: Zahl der Kielschuppen hinter der Bauchflosse.

Variantenklassen (Zahl der Kielschuppen) .	12	13	14	15	16
Frequenz %. Rasse *A*	4	32	51	12	1
„ %. „ *B*	—	8	31	53	8
„ %. „ *C*	3	10	63	20	4

Es kann also ein Hering mit 13 oder 14 oder 15 oder 16 Kielschuppen sowohl zur Rasse *A*, als zur Rasse *B*, als zur Rasse *C* gehören.

Die Wahrscheinlichkeiten, daß ein Hering mit 13, 14, 15 oder 16 Kielschuppen zu einer der drei Rassen gehört, sind also folgende:

Bei einem Hering mit 13 Kielschuppen, $wA : wB : wC = 0{,}32 : 0{,}08 : 0{,}10$
„ „ „ „ 14 „ $wA : wB : wC = 0{,}51 : 0{,}31 : 0{,}63$
„ „ „ „ 15 „ $wA : wB : wC = 0{,}12 : 0{,}53 : 0{,}20$
„ „ „ „ 16 „ $wA : wB : wC = 0{,}01 : 0{,}08 : 0{,}04$

C. Verwertung des Merkmals: Zahl der Strahlen der Rückenflosse.

Wir nehmen an, die Statistik habe für die drei Rassen folgende Variationsreihen ergeben:

Variantenklassen (Zahl der Flossenstrahlen)	16	17	18	19	20	21
Frequenz prozentualisch (%) Rasse *A* . .	1	5	55	34	5	—
„ „ (%) „ *B* . .	—	13	70	17	—	—
„ „ (%) „ *C* . .	—	2	43	47	7	1

Es kann also ein Hering mit 17 oder 18 oder 19 Rückenflossenstrahlen ebensogut zur Rasse *A*, wie zur Rasse *B* oder zur Rasse *C* gehören.

Die Wahrscheinlichkeiten, daß ein Hering mit 17 oder 18 oder 19 Flossenstrahlen zu einer der drei Rassen gehört, sind folgende:

Bei einem Hering mit 17 Flossenstrahlen		$wA : wB : wC = 0{,}05 : 0{,}13 : 0{,}02$
„ „ „ „ 18	„	$wA : wB : wC = 0{,}55 : 0{,}70 : 0{,}43$
„ „ „ „ 19	„	$wA : wB : wC = 0{,}34 : 0{,}17 : 0{,}47$

Es bringt mir nun jemand einen Hering mit 57 Wirbeln, 13 Kielschuppen und 18 Flossenstrahlen und verlangt von mir, daß ich ihm sage, zu welcher von den drei Rassen das Tier gehöre. Kann ich ihm auf diese Frage eine zuverlässige Antwort geben und wie stelle ich das an? Jedes einzelne Merkmal für sich allein ist ja nicht entscheidend, denn 57 Wirbel oder 13 Kielschuppen oder 18 Flossenstrahlen können bei jeder Rasse vorkommen. Immerhin sind die Wahrscheinlichkeiten verschieden. Berücksichtige ich allein die Wirbelzahl, bei unserem Hering 57, so ist die Wahrscheinlichkeit am größten (nämlich 0,56), daß das Exemplar zur Rasse *C* gehört.

Berücksichtige ich bloß die Kielschuppenzahl, bei dem vorliegenden Hering 13, so ist die Wahrscheinlichkeit am größten (nämlich 0,32), daß er zur Rasse *A* gehört.

Berücksichtige ich bloß die Zahl der Rückenflossenstrahlen, bei dem vorliegenden Exemplar 18, so ist die Wahrscheinlichkeit am größten (sie beträgt 0,70), daß das Tier zu der Rasse *B* gehört.

Wie komme ich aus dieser Schwierigkeit heraus?

Ich erinnere mich des Satzes aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung, welcher lautet:

„Die Wahrscheinlichkeit für das Zusammentreffen zweier oder mehrerer voneinander unabhängiger Ereignisse ist gleich dem Produkt aus den Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Ereignisse.“ Man nennt das „zusammengesetze Wahrscheinlichkeit“ und gerade eine solche liegt hier vor.

Die Wahrscheinlichkeiten, daß die „drei Ereignisse“: Entstehung von 57 Wirbeln, Bildung von 13 Kielschuppen und Entwicklung von 18 Rückenflossenstrahlen, zusammentreffen, sind nun offenbar, nach dem angeführten Satze, folgende:

$$\left.\begin{array}{l}\text{57 Wirbel . . . .}\\ \text{13 Kielschuppen .}\\ \text{18 Flossenstrahlen}\end{array}\right\} \begin{array}{l} wA : wB : wC = 0{,}09 \times 0{,}32 \times 0{,}55 : 0{,}46 \times 0{,}08 \times 0{,}70 : 0{,}56 \times 0{,}10 \times 0{,}43 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad = 0{,}0158 : 0{,}0259 : 0{,}0241. \end{array}$$

Die größte Wahrscheinlichkeit (0,0259) wäre also die, daß ein Hering mit 57 Wirbeln, 13 Kielschuppen und 18 Flossenstrahlen zu der Rasse *B* gehört, die geringste, 0,0158, daß ein solcher Hering zu der Rasse *A* gehört. Die Wahrscheinlichkeiten für die Zugehörigkeit zur Rasse *B* (0,0259) oder zur Rasse *C* (0,0241) unterscheiden sich nur wenig und man wird darüber im Zweifel sein, ob der Unterschied groß genug ist, um eine sichere Beantwortung der Frage nach der Rassenzugehörigkeit des Exemplars in dem Sinne zu gestatten, daß es der Rasse *B* angehöre. Der Grad der Sicherheit hängt hier in erster Linie (Genauigkeit der Beobachtungen und Vergleichbarkeit derselben selbstverständlich vorausgesetzt) von der absoluten Größe von n, der Gesamtzahl der für die Frequenzstatistik einer Merkmalskategorie verwendeten Individuen (Varianten) und damit von der Größe des wahrscheinlichen oder mittleren Fehlers der Einzelbeobachtung ab.

Sollte sich die statistische Grundlage als zu wenig sicher erweisen, bin ich aber nicht in der Lage, sie zu erweitern, so ist der sicherste Ausweg aus der Schwierigkeit, den ich beschreiten kann, der, daß ich weitere Eigenschaften herbeiziehe, durch welche sich die drei Rassen, wenn auch unter transgressiver Variation, unterscheiden. Heincke hat bei jeder Rasse an jedem Individuum meistens 20 und mehr Eigenschaften bestimmt. Die Wahrscheinlichkeit, daß ein bestimmter Hering zu irgendeiner Rasse gehört, ist also ein Produkt von 20 und mehr Faktoren, deren Zahlenwert zwischen 1 und 0 liegt. Jeder Faktor mehr (jede weitere herbeigezogene Eigenschaft) erhöht die Sicherheit der Bestimmung, wie folgende Überlegungen zeigen.

Wir wissen (und Heincke hat dies auch für den Hering festgestellt), daß bei den Individuen einer Rasse die Abweichungen vom Mittelwert eines Merkmals, einer Eigenschaft, im allgemeinen zufällige sind, sich nach der Zufallskurve, der Gaussschen Fehlerkurve, der theoretischen Binomialkurve (alle diese Bezeichnungen sind synonym) um den Mittelwert gruppieren. Es geht daraus, wie wir schon wissen, hervor, daß, wenn wir eine Anzahl von Individuen auf zwei Eigenschaften unter-

suchen, der häufigste Fall die Kombination der annähernden Mittelwerte der beiden Eigenschaften sein wird und die Kombination der stärkeren Abweichungen (im gleichen Sinne oder im entgegengesetzten Sinne) wiederum nach den Gesetzen des Zufalls um so seltener sein wird, je größer die Abweichungen. Kombinationen der Extreme, also Kombination eines Minusextrems der Eigenschaft A mit einem Minusextrem der Eigenschaft B, oder eines Minusextrems der Eigenschaft A mit einem Plusextrem der Eigenschaft B und vice versa, kommen fast niemals vor. (Vergl. S. 365ff.) Zieht man mehr Eigenschaften als zwei heran, so wird die Kombination extremer Variationen im Verhältnis zur Zahl der Eigenschaften immer seltener, was die tatsächliche Erfahrung stets bestätigt. In jedem Individuum kommen in den verschiedenen Eigenschaften Abweichungen der allerverschiedensten Größe vor, immer jedoch derart, daß die meisten Eigenschaften kleinere Abweichungen von ihren Mittelwerten zeigen, die wenigsten große. Mit anderen Worten: Die verschiedenen Eigenschaften eines Individuums zeigen in der Größe ihrer Abweichungen vom Mittel eine ähnliche binomiale (durch die Fehlerkurve charakterisierte) Verteilung wie die Individuen einer Rasse in jeder einzelnen Eigenschaft.

Bei Herbeiziehung zahlreicher Merkmale wird die Aufgabe der „Bestimmung" eines Individuums wohl immer dadurch erleichtert, daß Transgressionen in der Variabilität nicht in allen Merkmalen und nicht bei allen Rassen vorkommen. Kommt beispielsweise eine stark extreme Variante eines Merkmals der Rasse A bei der Rasse B niemals (oder genauer: soweit die Erfahrung reicht, niemals) vor, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß eine mit dem extrem ausgebildeten Merkmal behaftete Variante zu der Rasse B gehört $= 0$ (oder annähernd 0). Die Rasse B kommt also nicht in Betracht. Hat ein Hering 60 Wirbel, so scheiden auf diese Weise, per exclusionem, nach Heincke fast alle Rassen aus, fallen außer Betracht, mit Ausnahme des norwegischen Frühjahrsherings, bei dem die Wahrscheinlichkeit einer solchen Zahl noch 0,02 ist.

Hat ein Hering nur 11 Kielschuppen hinter der Bauchflosse, so scheiden die meisten Herbst- oder Seeheringe der Nordsee aus usw. Das Individuum muß schließlich derjenigen Rasse zugezählt werden, für die das Produkt der Wahrscheinlichkeiten aller seiner Eigenschaften das größte ist. Es kommt also nur auf die relative Größe dieses Produktes an.

Es geht aus den vorstehenden Erörterungen ohne weiteres hervor, daß wir, wenn zwar zur sicheren Bestimmung eines Individuums die Untersuchung sehr vieler Eigenschaften nötig ist, auch mit Berücksichtigung weniger zahlreicher Eigenschaften eine sichere Bestimmung ausführen können, dann nämlich, wenn uns mehrere Individuen zur Verfügung stehen, von denen es sicher ist, daß sie einer und derselben Rasse angehören, z. B. nach der Ansicht Heinckes mehrere Individuen eines und desselben Laichschwarmes.

* * *

Anstatt der Methode, zur Bestimmung eines Individuums die Wahrscheinlichkeiten der Abweichungen in den einzelnen Eigenschaften desselben für jede einzelne Rasse miteinander zu multiplizieren und das Individuum jener Rasse zuzuteilen, die das größte Produkt der Wahrscheinlichkeiten ergibt, hat Heincke noch ein anderes, in seinen Resultaten mit dieser übereinstimmendes Verfahren eingeschlagen. Es beruht auf der Methode der kleinsten Quadrate, die wir schon zur Bestimmung der Standardabweichung S. 273 ff. angewendet haben.

Nach diesem Verfahren, zu dessen Begründung wir auf Heinckes Werk verweisen wollen, geschieht die Bestimmung irgendeines gegebenen Individuums, d. h. die Zuweisung zu einer Rasse (vorausgesetzt ist, es seien uns alle in Betracht kommenden Rassen in den Kombinationen der Mittelwerte ihrer Merkmale genügend bekannt) durch Bestimmung der Summe der Quadrate aller Abweichungen ($\Sigma p a^2$) seiner Eigenschaften von den Mittelwerten aller in Betracht kommenden Rassen. Das Individuum gehört zu derjenigen Rasse, für die die Summe der Quadrate der Abweichungen

oder das mittlere Quadrat seiner Abweichungen (HEINCKES „mittleres Fehlerquadrat") $\frac{\Sigma p a^2}{n}$ am kleinsten ist.

Wollen wir das Verfahren durchführen, so müssen wir uns daran erinnern, daß die Werte für a, Abweichungen vom Mittelwert, vergleichbar gemacht werden müssen. Bei der einen Eigenschaft, z. B. Wirbelzahl, wird a in Wirbeleinheiten ausgedrückt, in einem anderen Falle gibt a die Abweichung in Einheiten von Flossenstrahlen, in einem dritten in Kielschuppeneinheiten, in einem vierten in Millimetern, in einem fünften in Grammen usw. an. a gibt absolute benannte Werte an. Es handelt sich darum, ein allgemeines Maß für die Varianten (hier die Eigenschaften) zu erhalten. HEINCKE schlägt nun vor, die absoluten Werte von a durch solche zu ersetzen, bei denen die Einheit für a in Einheiten des wahrscheinlichen Fehlers der Einzelwerte, der Einzelvarianten oder, was dasselbe sagen will, in Quartileinheiten (Q) ausgedrückt sind. Das gesuchte Einheitsmaß wäre also $\frac{a}{Q}$, und Q ist, wie wir von früher her wissen, das 0,6745-fache der Standardabweichung σ.

Wir würden es auch hier vorziehen, wie schon früher (S. 288 ff), die Abweichungen (a) der Varianten vom Mittel in Standardabweichungseinheiten auszudrücken. Das einheitliche Maß wäre also dann $\frac{a}{\sigma}$.

Wir wollen nun versuchen, eine Anleitung zur Durchführung des HEINCKEschen Verfahrens des kleinsten mittleren Fehlerquadrates $\frac{\Sigma p a^2}{n}$ zu geben.

Die untersuchten Eigenschaften mögen E heißen, die erste Eigenschaft E_1 (z. B. Wirbelzahl), eine zweite Eigenschaft E_2 (z. B. Zahl der Rückenflossenstrahlen), eine dritte Eigenschaft E_3 (z. B. Zahl der Kielschuppen zwischen Bauchflossen und After), eine n-te Eigenschaft E_n.

Die in Betracht fallenden, hinreichend genau untersuchten Rassen sollen mit A, B, C, D, E usw. bezeichnet werden, z. B.:

Rasse A = Der Seehering von Bohuslän,
„ B = Der Hering der Jütlandbank,
„ C = Der Herbsthering der schottischen Küste (Fair-Insel),
„ D = Der Frühjahrshering (Küstenhering) von Bohuslän,
„ E = Der norwegische Frühjahrshering,
„ F = Der Herbsthering des Kattegats (Varberg).

Von diesen Rassen kenne ich den Mittelwert M für eine ganze Anzahl von Eigenschaften durch Untersuchung von 20 bis 60 Exemplaren einer jeden Rasse, also

$$ME_1A,\ ME_2A,\ ME_3A,\ ME_4A \text{ usw.}$$
$$ME_1B,\ ME_2B,\ ME_3B,\ ME_4B \text{ usw.}$$
$$ME_1C,\ ME_2C,\ ME_3C,\ ME_4C \text{ usw.}$$
usw. usw.

Ich soll nun feststellen, ob ein mir vorgelegtes Heringexemplar wirklich, wie etwa von vornherein zu erwarten wäre, zu einer der Rassen A—F gehört und, wenn ja, zu welcher.

Zu diesem Zwecke muß ich möglichst viele jener Eigenschaften E untersuchen, durch welche sich Heringsrassen zu unterscheiden pflegen. Ich bestimme also die Werte für E_1 (Wirbelzahl), E_2 (Zahl der Rückenflossenstrahlen), E_3 (Zahl der Kielschuppen) usw. bei diesem Heringsindividuum.

Habe ich diese Arbeit ausgeführt, so vergleiche ich den für jede Eigenschaft gefundenen absoluten Wert mit dem Mittelwert der nämlichen Eigenschaft einer jeden der Rassen A, B, C, D usw. und bestimme so die Abweichung $\pm a$ der Eigenschaft des zu bestimmenden Individuums von dem Mittelwert M dieser Eigenschaft bei den Rassen A, B, C, D usw. Und so verfahre ich mit möglichst vielen Eigenschaften, E_1, E_2, E_3, E_4 usw.

Ich erhalte also:

$$aE_1A,\ aE_2A,\ aE_3A,\ aE_4A \text{ usw.}$$
$$aE_1B,\ aE_2B,\ aE_3B,\ aE_4B \text{ usw.}$$
$$aE_1C,\ aE_2C,\ aE_3C,\ aE_4C \text{ usw.}$$
usw. usw.