M. **Worré Jean-Pierre,** imprimeur-éditeur, 31, av. Pasteur, Luxembg.

M. **Zanen Jean-Pierre,** directeur honoraire du Service agricole, 33, bd. du Prince, Luxembourg.

M. **Ziegler Albert de Ziegleck,** receveur principal des douanes, 17 bis, rue des Bains, Luxembourg.

M. **Zimmer-Schmitt Jos.,** négociant, 54, rue de Rollingergrund, Luxbg.

M. **Zimmer Richard,** pharmacien, Dudelange.

---

M. **Victor Comte d'Ansembourg,** Château d'Assenois par Lavaux, Province de Luxembourg, Belgique.

M. **l'abbé Georges Bæckeroot,** professeur aux Facultés libres de Lille, 1, rue Fr. Baes, Lille, France (Nord).

M. **Joly Henri,** professeur de la Faculté des Sciences, 11, boulevard Clemenceau, Nancy.

M. **Nicolas Emile,** secrétaire général de la Sté centrale d'horticulture, 21, rue de la Commanderie, Nancy.

---

# Schlussfolgerungen aus der Vererbungslehre Mendels.

**Vortrag gehalten am 17. Januar 1934 in der Herbstsitzung des Institut Grand-Ducal (Section des Sciences nat., phys. et math.).**

*Meine Damen und Herren!*

Die Vererbungslehre des berühmten Augustinermönchs Johann Gregor Mendel baut sich auf mathematischem Fundamente auf; die Lehrsätze der Kombinationen und der Probabilitäten finden hier ihren prägnanten Ausdruck. Stets hat es mich bis ins Innerste ergriffen, wenn ich die klaren und sicheren Gedankengänge Mendels verfolgen konnte; sie weiter ausbauen zu können, war stets mein stiller Wunsch gewesen. Zwar hat der große Gelehrte in seiner Abhandlung «Versuche über Pflanzenhybride» sieben differierende Merkmalspaare erwähnt, doch hat er bloß drei derselben eingehender verfolgt, um aus diesen Resultaten seine Vererbungsregeln ableiten zu können. So war es beinahe selbstverständlich, daß die Verehrung, die

ich dem stillen Arbeiter aus dem Kloster von Brünn entgegenbrachte, mich dazu trieb, das Werden und Gestalten der Bastarde bei weiteren differierenden Merkmalen zu beobachten und in mathematische Formen zu bringen. In den Programmabhandlungen, die ich in den Jahren 1920 und 1921 am Gymnasium von Diekirch veröffentlichte, war es mir gegönnt gewesen, bis zu den Pentahybriden vorzudringen. Nunmehr sei es mir hier vor hoher Corona gestattet, die Gesamtzahl der 7 Merkmalspaare Mendels ins Auge zu fassen. Da nun bei den Heptahybriden die Begriffe sich verwirren könnten infolge der möglichen Kombinationen, so sehe ich mich des besseren Verständnisses halber gezwungen, vom Einfachen zum Komplizierten in gerader Linie fortzuschreiten. Zu gleicher Zeit wird es uns alsdann erlaubt sein, in stummer Bewunderung festzustellen, wie gewaltig der Bau, zu dem Mendel den Grundstein legte, in die Wolken gewachsen ist.

Meine Damen und Herren, ein jeder Organismus setzt sich aus einer kaum bestimmbaren Fülle von Eigenschaften zusammen, die in ihrer Gesamtheit sein Wesen ausmachen. Schon Darwin hat festgestellt, daß diese Eigenschaften sowohl bei einer Anzahl von Individuen der gleichen Art, die beliebig aus der Gesamtheit der Artgenossen herausgegriffen sind, bei einer «Population», wie man sich ausdrückt, als auch bei der Gesamtheit der Nachkommen eines Elternpaares nicht völlig identisch sind, sondern sich in mehr oder minder hohem Maße von einander unterscheiden, daß die Eigenschaften variieren. Die Variabilität ist also vorhanden. So hat *Jennings* eine Variationsreihe der Länge in einer Paramaeciumkultur feststellen können, *Tower* hat eine solche der Zeichnung des Pronotums vom Koloradokäfer Leptinotarsa multitaeniata beobachtet; der bekannte Schmetterling Lymantria monacha oder Nonne zeigt in der Zeichnung seiner Flügel eine Variation von schwarzweiss gebändert durch alle Übergänge bis zu ganz schwarz. Eine ganze Unmenge von solchen Variationsreihen könnten wir anführen, doch sollen diese wenigen Beispiele genügen. Wollen wir jedoch wissenschaftlich operieren, so muß es uns angelegen sein, die Zahl und die Verteilung der Varianten auf der Variationsreihe zu betrachten. Es ist dem Anthropologen *Quetelet* gelungen, eine symmetrische Zahlenverteilung innerhalb der Variationsreihe festzustellen; er erkannte, daß diese Zahlenverteilung innerhalb der Variationsreihe eine große Ähnlichkeit mit der Verteilung hat, die man erhält, wenn man die binomische Formel $(a+b)^n$ ausrechnet:

$(a+b)^1 = a+b$
$(a+b)^2 = a^2+2ab+b^2$
$(a+b)^3 = a^3+3a^2b+3ab^2+b^3$
$(a+b)^4 = a^4+4a^3b+6a^2b^2+4ab^3+b^4$; usw.

Setzt man an die Stelle der Buchstaben bestimmte Zahlen, z. B. a=1, b=1, so ergeben sich folgende Werte:
$(a+b)^1 = 1+1$
$(a+b)^2 = 1+2+1$
$(a+b)^3 = 1+3+3+1$
$(a+b)^4 = 1+4+6+4+1$
$(a+b)^{10} = 1+10+45+120+210+252+210+120+45+10+1$

Es erfolgt daraus eine genaue symmetrische Verteilung der Zahlen um ein Mittel. Bringt man dieses sogenannte Quetelet'sche Gesetz graphisch zum Ausdruck, so erhält man eine *Variationskurve,* deren Spitze dem Mittelwert entspricht. Auf der Ordinatenachse werden die Zahlen der Varianten eingetragen, auf der Abzissenachse die einzelnen Werte der Variationsreihe. Das Gauss'sche Fehlergesetz lautet: «Bei einer Beobachtungsreihe ist bei gleicher Beobachtungsweise die Häufigkeit eines Beobachtungsfehlers eine Funktion seiner Größe, d. h. in andern Worten: «Je mehr sich ein Fehler vom Mittelmaß entfernt, umso seltener ist er und umgekehrt.» Dieses Gauss'sche Fehlergesetz ist nichts anders als ein Ausdruck des Gesetzes von Quetelet. Als Ursachen einer solchen Variabilität der Individuen hat man im allgemeinen folgende festgestellt:

1. *Die veränderte Lebenslage,* z. B. der Salzgehalt zentralasiatischer Seen bewirkte, daß die Schalen der Herzmuschel Cardium edule, im umgekehrten Verhältnis zu diesem Salzgehalt an Dicke abnahmen.

2. *Die veränderte geographische Verteilung der Individuen:* Die Schale unserer gewöhnlichen Schnecke variiert, wie *Leydig* feststellen konnte, von Mainz rheinabwärts von hellem Gelb bis zu Schokoladebraun.

3. *Die veränderte Temperatur und Feuchtigkeit:* Der bekannte Schmetterling, das Landkärtchen, mit seiner Frühjahrsform, Vanessa levana, und seiner Sommerform, Vanessa prorsa, liefert uns hierzu das klassische Beispiel: Durch Einwirkung von Kälte konnte *Dorfmeister* die Puppen, welche sich normaler Weise zur Sommerform entwickeln sollten, dazu zwingen, sich zur Frühjahrsform auszubilden und umgekehrt. Durch

variierende Feuchtigkeit gelang es *Marie von Chauvin,* den mexikanischen Axolotl, der ja bekanntlich eine Larve des Landmolches Amblystoma ist, bald zur Kiemenatmung, bald zur Lungenatmung zu bringen.

4. *Die variierende Ernährung:* Hanffütterung erzielt bei Kanarienvögeln eine dunklere Färbung des Gefieders, Fütterung mit Cayennepfeffer eine Orange-Färbung.

Man hat allgemein als Regel aufgestellt, daß bei Schmetterlingsraupen, Ernährung mit wenig ausgiebiger Nahrung die Variabilität des Schmetterlings sich nach dem Albinismus zu richtet, solche mit nahrhaften Substanzen dem Melanismus zuneigt.

Die Zeit erlaubt es mir nicht, weiter in das Wesen der Variabilität einzudringen; ebenso wenig ist es mir gestattet, jene Fälle von Variation zu besprechen, in welchen die Übergänge in der Variationsreihe fehlen, wo mithin bloß die Extreme sich zeigen und zwar plötzlich, wo Sports und die de Vries'schen Mutanten auftreten; auf jeden Fall, und das wollen wir besonders festhalten, ist bei all diesen möglichen Variationen, die sich in der Tochter- oder Filialgeneration gezeigt haben, in der Elterngeneration Gleiches mit Gleichem gepaart worden. Unter dem Einfluß äußerer Faktoren haben die individuellen Merkmale eine Verschiedenheit gezeigt, je nach ihrer Reaktion auf die auf sie einwirkenden Agentien.

Es stellt sich nun logischer Weise die Frage: «Was entsteht, wenn Ungleiches in der Elterngeneration zusammengebracht wird?» Mendel hat auf experimentellem Wege die Antwort auf diese Frage gesucht und gefunden.

Ausgehend von der Variabilität der Individuen kann es vorkommen, daß in einer Variationsreihe die langsamen Übergänge fehlen, daß dadurch einzelne Werte der Reihe von andern Gliedern der Variationsreihe abgeschnitten, mithin isoliert werden. Tritt nun der Fall ein, daß diese isolierten Varietäten erblich werden, vom Elter auf den Nachkommen übertragen werden, so sind Rassen entstanden. Aus den Rassen entstehen die Arten, wenn sie sich weiter von einander in ihren Merkmalen trennen. Lassen wir uns jedoch nicht dazu verleiten, eine haarscharfe Grenze zu ziehen zwischen Rasse und Art, denn einerseits bildet die Rasse gleichsam eine Art in der Art und umschreibt einen engeren Bezirk innerhalb der Art, andererseits ist es in besonderen Fällen äußerst schwer, genau festzustellen, ob eine bestimmte Population von Individuen eine Rasse oder eine Art ausmachen. Auf jeden Fall, innerhalb der Arten zeigen

die einzelnen Individuen zweierlei Gruppen von Merkmalen: 1. die spezifischen Merkmale, die Spezies-Merkmale, welche den Grundriß der Art zeichnen und festlegen. 2. Die individuellen Eigenschaften, die innerhalb der Art, von Individuum zu Individuum, verschieden sein können und weiterhin variieren können. Beide Gruppen von Merkmalen, ob spezifisch oder individuell, sind erblich. Was spielt nun hier bei dieser Übertragung vom Elter auf den Nachkommen die Rolle des «Primum agens», wer überträgt von einer Generation auf die andere? Allgemein werden die Kernsegmente oder Chromosome als die Vererbungsträger angesehen. Der wesentliche Vorgang bei der Befruchtung ist eine Verschmelzung des väterlichen mit dem mütterlichen Kern. Da bei der Befruchtung die Eigenchaften beider Eltern auf die Nachkommen übertragen werden, so müssen diese Eigenschaften in irgend einer Weise in den Kernen der Geschlechtszellen enthalten sein. Da nun der Kern aus den Chromosomen zusammengesetzt ist, so ist es logisch zu sagen, die Chromosome sind die Vererbungsträger der Merkmale. Es muß jedoch hinzugefügt werden, daß der Begriff Chromosome zu weit gefaßt ist, denn die Zahl der einzelnen Chromosome ist äußerst klein gegenüber den Tausenden von Merkmalen, welche übertragen oder vererbt werden können. So wie man in der Chemie die Materie sich aus Molekeln, Atomen und Ionen zusammengesetzt denkt, obschon man unter dem Mikroskop noch niemals weder Molekel noch Atom der wissensdurstigen Menschheit gezeigt hat, auf gleiche Weise sind die Chromosome, die aber unter dem Mikroskop deutlich sichtbar sind, zusammengesetzt aus Chromiolen und diese letzteren aus Erbeinheiten. Ob diese Erbeinheiten nun Gene, Pangene, Determinanten oder Bioblasten genannt werden, der Name tut's ja nicht allein, auf jeden Fall sind sie vorhanden und zwar in der Kernmasse; mit dem Namen «Gameten» bezeichnen wir die entsprechenden Geschlechtszellen.

Und nun zu Mendel! Nach dieser Einleitung, die ich des besseren Verständnisses halber vorausschicken mußte, wollen wir mit aufmerksamem Auge und mit erfassendem Geiste seine Versuche verfolgen, damit wir nachher uns beugen vor dem Genius dieses großen Mannes der Wissenschaft.

An die Spitze seiner Experimente stellt Mendel folgende Bedingungen: 1. Die Versuchspflanzen müssen konstant differierende Merkmale besitzen, d. h., wenn wir den heutigen Ausdruck gebrauchen wollen, die Gameten oder Gechlechtszellen der Eltern dürfen in betreff eines bestimmten Merkmals nur

eine Sorte von Genen oder Erbträgern enthalten, sie müssen Homozygoten sein; sie werden also in direktem Gegensatz stehen zu den Heterozygoten, welche in betreff eines bestimmten Merkmals in ihren Gameten verschiedene Genen besitzen.

2. Die Hybriden oder Nachkommen der gekreuzten Arten oder Rassen müssen während der Blütezeit vor der Einwirkung jedes fremdartigen Pollens geschützt sein oder leicht geschützt werden können.

3. Die Hybriden und ihre Nachkommen dürfen in den auf einander folgenden Generationen keine merkliche Störung in der Fruchtbarkeit erleiden.

So werden die Bedingungen gestellt, auf daß die Resultate nach allen Seiten hin einwandfrei seien. Das Genus Pisum, also gemeinhin die Erbse, lieferte Mendel das Material zu seinen Versuchen. Sieben Merkmalsklassen stellte er auf, insofern dieselben 7 Merkmalspaare bilden, in welchen die einzelnen Partner leicht von einander zu unterscheiden waren; und diese Merkmalspaare bezogen sich auf folgende Facta:

1. Die Form der reifen Samen: k u g e l r u n d und r u n z l i c h oder kantig und runzlig.

2. Die Färbung des Samen-Albumens: g e l b oder grün.

3. Die Farbe der Samenschale und die Farbe der Blüte: w e i ß oder farbig.

4. Die Form der reifen Hülse: o h n e E i n s c h n ü r u n g zwischen den einzelnen Samen oder mit tiefer Einschnürung zwischen den einzelnen Samen.

5. Die Farbe der unreifen Hülse: g r ü n oder gelb.

6. Die Stellung der Blüten: a x e n s t ä n d i g oder endständig.

7. Die Länge der Axe: l a n g oder kurz.

Es wurden jedoch nicht alle 7 Merkmale zu gleicher Zeit der Prüfung unterworfen; der geschulte Geist Mendels ging schrittweise vor. Ein einziges Merkmalspaar wurde zunächst auf sein Verhalten geprüft; es ergab sich der Fall der M o n o h y b r i d e n. Schon dieser einfachste der Versuche erlaubte Mendel, die Regel der Dominanz sowie diejenige der Spaltung der Merkmale festzulegen. Pflanzen mit runden Samen wurden mit solchen, die kantige Samen hatten, gekreuzt; die Eltern- oder Parental-Generation zeigte also in ihren beiden Vertretern die differierenden Merkmale, runde Samen und kantige Samen. Die Parentalgeneration wird allgemein als P-Generation be-

zeichnet. Die durch Kreuzung erzielte erste Bastard- oder Tochtergeneration, also die erste Filial-Generation oder, abgekürzt, $F_1$-Generation genannt, zeigte Pflanzen mit runden Samen; das Merkmal kantige Samen war nicht in Erscheinung getreten. Wurden nun die Individuen der $F_1$-Generation unter sich gekreuzt, so ergab die daraus erfolgende Generation, die $F_2$-Generation, Pflanzen mit runden Samen, aber merkwürdigerweie auch solche mit kantigen Samen und zwar standen die betreffenden Individuen im Verhältnis von 3 runden zu 1 kantigen Samen. Das Merkmal kantige Samen war mithin in der ersten Bastardgeneration, der $F_1$-Generation nicht spurlos verschwunden, es war einfachhin nicht sichtbar geworden, es war zurückgetreten, es war rezessiv geblieben gegenüber dem Merkmal runde Samen, welches über das Merkmal kantige Samen dominiert hatte. Aus diesem Grunde bezeichnete Mendel das Merkmal runde Samen dominant, das Merkmal kantige Samen dagegen als rezessiv. Er schlußfolgerte weiter, daß stets in einem Merkmalspaar das eine Merkmal dominant, das andere hingegen rezessiv ist; er stellte seine erste Vererbungsregel auf, die Regel der Dominanz. Da nun ein jedes Merkmal durch einen Erbträger, eine Gene, vom Elter auf den Nachkommen übertragen wird und infolgedessen diese betreffenden Genen schon in den Geschlechtszellen der Eltern vorhanden sein müssen, so wird, wenn wir nach Mendel das dominante Merkmal der Einfachheit halber mit A, das rezessive Merkmal mit a bezeichnen, der eine Elter Gameten besitzen mit der Genengarnitur A, der andere dagegen solche mit a; die erste Bastardgeneration $F_1$ erhält beide Genen und ihre Gameten heißen mithin Aa. In der zweiten Generation $F_2$ zeigen sich Pflanzen mit runden Samen und solche mit kantigen Samen. Werden die ersteren unter sich gekreuzt, so erweisen sich diese Dominanten als zweierlei Art: Ein Drittel von ihnen gibt nur Nachkommenschaft gleicher Art, also runde Samen oder A, zwei Drittel aber verhalten sich ebenso wie die Bastarde in $F_1$, d. h. ihre Nachkommenschaft ist wieder im Verhältnis von 3 Dominanten zu 1 Rezessiven gespalten. Die Rezessiven der $F_2$-Generation geben ausschließlich Nachkommen ihrer eigenen Art, also kantige Samen. Es erfolgt aus diesem Verhalten der $F_2$-Generation, daß sie aus 3 Gruppen besteht: Ein Viertel, welche nur den dominanten Charakter besitzen, ein Viertel, welche nur den rezessiven haben und zwei Viertel oder $^1/_2$, welche ebenso zusammengesetzt sind wie die Bastarde von $F_1$, also beide Charaktere vereinigen. Die Zucht in weiteren 6 Generationen zeigt nun, daß stets das Gleiche stattfindet, daß näm-

lich die Viertel reiner Dominanten und reiner Rezessiven immer nur reine Nachkommen geben, die zwei Viertel Bastarde aber immer wieder im Verhältnis von 1 Dominante : 2 Bastarde : 1 Rezessive spalten. So war die zweite Mendelsche Vererbungsregel gefunden worden, die Regel der Spaltung. Wenn mithin die $F_1$-Generation durch Aa dargestellt wurde, so muß die daraus sich ableitende $F_2$-Generation heißen: 1A+2Aa+1a. Bei reiner Fortpflanzung und gleichmäßiger Fruchtbarkeit der Bastarde zeigen sich immer mehr die Stammformen, ohne daß die Bastardformen je völlig verschwinden, so wie es Fig. 1 zeigt. Das Schema, das ich hier entworfen habe, zeigt Ihnen die Aufspaltungen bis zur siebenten Generation. also bis zu $F^7$. Wenn angenommen wird, daß jede Pflanze nur 4 Samen reife, so ergaben sich in weiteren Generationen folgende Zahlen: (Fig. 2)

Verlassen wir die Monohybride und gehen wir zu einem komplizierteren Falle über, den Dihybriden. Dihybride nennen wir jene Bastarde, die von Eltern abstammen, welche in zwei Merkmalen von einander verschieden sind, also in der Eltern- oder P-Generation sind einerseits runde Samen, die gelb gefärbt sind, andererseits kantige Samen, die grün gefärbt sind, vorhanden. Es zeigt sich hier, daß die Merkmale Rund und Gelb dominant sind über Kantig und Grün. Bezeichnen wir wieder Rund mit A, Gelb mit B, Kantig mit a, Grün mit b. Der eine Elter der P-Generation hat die Gameten AB, der andere diejenigen von ab. Der Bastard der $F_1$-Generation wird mithin heißen ABab. Welches sind nun, bei steter Vereinigung von Form und Farbe der Samen, die möglichen Kombinationen zwischen den Genen A, a, B, b? Sie sind in der Anzahl von 4 vorhanden, nämlich: AB, aB, Ab, ab; andere Kombinationen sind nicht möglich, denn Aa oder Bb können nicht in Betracht kommen, da bei Aa das Merkmal Farbe, bei Bb das Merkmal Form fehlt. Der Bastard der $F_1$-Generation bildet also sowohl männliche Gameten wie auch weibliche Gameten mit der Genengarnitur AB oder aB oder Ab oder ab. Werden nun männliche und weibliche Gameten zusammengebracht, so wie es Figur 3 zeigt — in der Abszissenaxe liegen die männlichen Gameten, in der Ordinatenaxe die weiblichen — so muß die $F_2$-Generation vorliegendes Resultat zeigen:

1AB + 1Ab + 1aB + 1ab + 2ABb + 2AaB + 2Aab + 2aBb + 4ABab,

oder, wenn wir weiter analysieren, je 9 Individuen 1AB + 2ABb + 2AaB + 4ABab zeigen die beiden Dominanten äußer-

Fig. 1

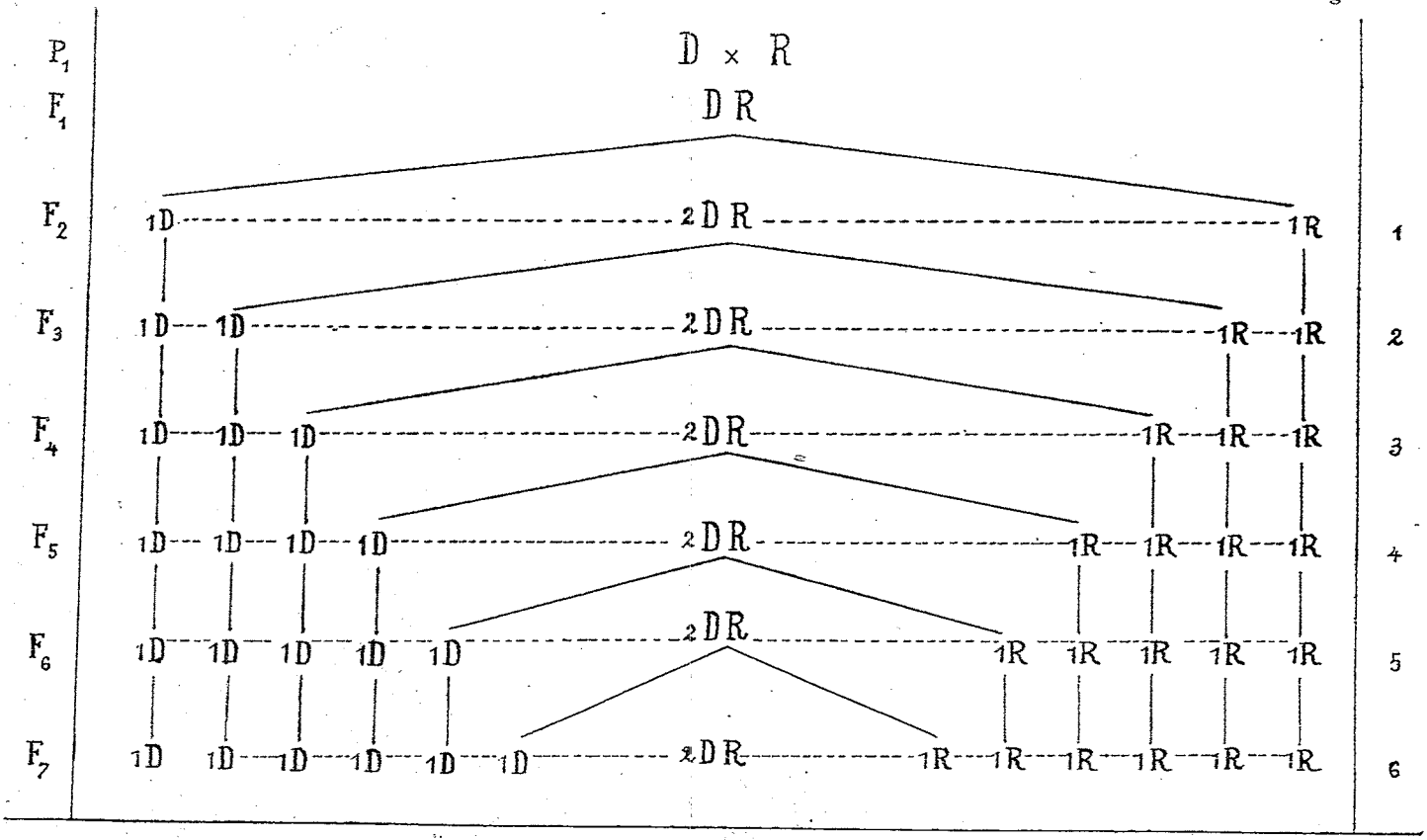
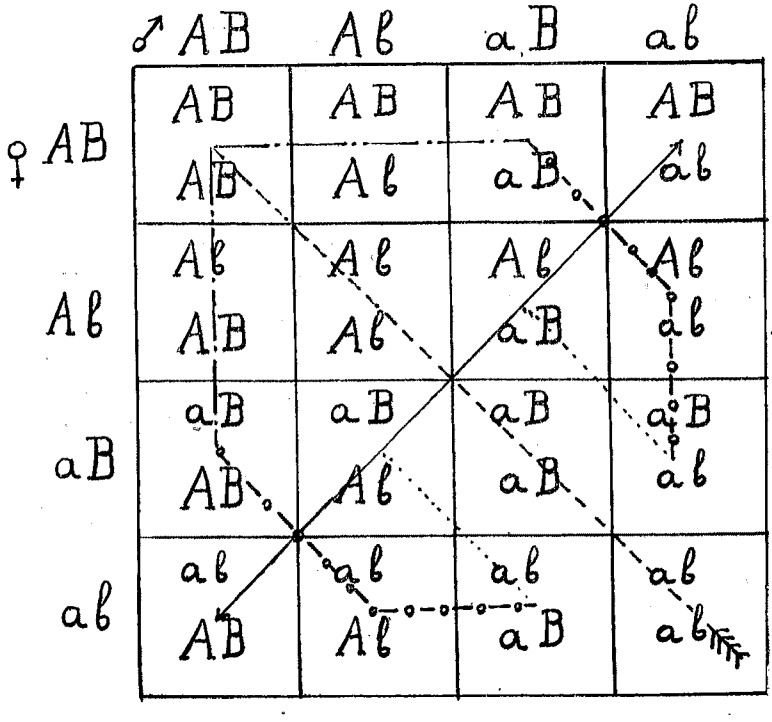

P1
D × R
F1
DR
F2
1D
2DR
1R
1
F3
1D 1D
2DR
1R 1R
2
F4
1D 1D 1D
2DR
1R 1R 1R
3
F5
1D 1D 1D 1D
2DR
1R 1R 1R 1R
4
F6
1D 1D 1D 1D 1D
2DR
1R 1R 1R 1R 1R
5
F7
1D 1D 1D 1D 1D 1D
2DR
1R 1R 1R 1R 1R 1R
6

Fig. 3.

♂

| ♀ | AB | Ab | aB | ab |
|---|---|---|---|---|
| AB | AB<br>AB<br>rund gelb<br>IV | Ab<br>AB<br>rund gelb<br>V | aB<br>AB<br>rund gelb<br>VI | ab<br>AB<br>rund gelb<br>IX |
| Ab | AB<br>Ab<br>rund gelb<br>V | Ab<br>Ab<br>rund grün<br>III | aB<br>Ab<br>rund gelb<br>IX | ab<br>Ab<br>rund grün<br>VII |
| aB | AB<br>aB<br>rund gelb<br>VI | Ab<br>aB<br>rund gelb<br>IX | aB<br>aB<br>kantig gelb<br>II | ab<br>aB<br>kantig gelb<br>VIII |
| ab | AB<br>ab<br>rund gelb<br>IX | Ab<br>ab<br>rund grün<br>VII | aB<br>ab<br>kantig gelb<br>VIII | ab<br>ab<br>kantig grün<br>I |



lich, nämlich A, B, je drei die eine Dominante A und die andere Rezessive b; es sind 1Ab + 2Aab; je drei die andere Dominante a und die eine Rezessive B; es sind 1aB + 2aBb; je eine nur die beiden Rezessiven, nämlich 1 ab. Die Spaltung erfolgt also gemäß der äußeren Erscheinung der Pflanzen — ich möchte auf das Wort äußere Erscheinung pochen — im Verhältnis von 9: 3: 3: 1. Bei den Monohybriden war die äußerlich in Erscheinung tretende Spaltung $^3/_4 + ^1/_4$. Erheben wir $^3/_4 + ^1/_4$ ins Quadrat, so erhalten wir folgendes:

$\frac{9}{16} + \frac{3}{16} + \frac{3}{16} + \frac{1}{16}$, oder, wenn wir den Nenner fallen lassen:

9 : 3 : 3 : 1. Der Exponent 2 des Binoms $^3/_4 + ^1/_4$ entspricht der Anzahl der differierenden Merkmale. Daraus können wir schließen, daß jedes Merkmal für sich spaltet, um sich dann mit seinem Partner zu kombinieren: die dritte Vererbungsregel, diejenige der Unabhängigkeit der Merkmale, war gefunden. In der Tat, multiplizieren wir miteinander die unabhängigen Aufspaltungstrinome der beiden Merkmale, also A + 2Aa + a und B + 2Bb + b, so erhalten wir das schon bekannte Resultat:

AB+Ab+aB+ab+2ABb+2AaB+2Aab+2aBb+4ABab.

Beobachten wir die Reihe genauer, so finden wir als Neuheiten folgende Individuen Ab = rund grün, aB = kantig gelb. Die 4 ersten Typen AB, Ab, aB, ab treten uns als reine Formen oder echte Genotypen, als Homozygoten entgegen, da dieselben ein jedes Merkmal bezüglich der Form und der Farbe bloß in einem Gen enthalten, während hingegen die vier folgenden Typen in dem einen oder andern Merkmal Bastard sind, entweder fassen sie die Gene Aa oder Bb in ihren Gameten zusammen; äußerlich ist diese Bastardform zwar nicht sichtbar, da ja stets bloß das dominante Merkmal äußerlich in Erscheinung tritt, aber in ihrem inneren Wesen sind sie ein Mal Bastard, also Monohybrid; das Gleiche gilt von der letzten Typengruppe AaBb, welche ihrem inneren Wesen nach in den zwei Merkmalen Bastard ist, also Dihybrid. Solche Typen, die nach außen hin als rein erscheinen, aber ihrer Genengarnitur nach Bastard sind, bezeichnet man als Scheintypen oder Phänotypen. Solche Typen der Garnitur ABb, AaB, Aab u. aBb sind wieder Monohybride und müssen bei Inzucht als solche aufspalten.

Gehen wir weiter! Trihybride sind naturgemäß die Abkömmlinge solcher Eltern, die in 3 Merkmalen von einander

differieren. Die Merkmale werden mit den Buchstaben A, B, C als dominant und a, b, c als rezessiv belegt. Der Bastard der $F_1$-Generation zeigt mithin Gameten mit der Genengarnitur AaBbCc; er wird folgende Geschlechtszellen bilden: ABC, ABc, AbC, aBC, Abc, aBc, abC, abc und die $F_1$-Generation muss aufspalten nach der Formel

$$(3/4+1/4)^3 \text{ oder } 27+9+9+9+3+3+3+1$$

d. h. 27 mit 3 Dominanten ABC, je 3mal 9 mit zwei Dominanten und einer Rezessiven in abwechselnder Reihenfolge, ABc, AbC, aBC, je 3 mal 3 mit einer Dominanten und zwei Rezessiven in abwechselnder Reihenfolge Abc, aBc, abC und ein mal mit 3 Rezessiven abc; das wäre die Phänotypenverteilung. Suchen wir dagegen die innere Genengarnitur, so erfolgt die Genotypenverteilung nach der Regel der Unabhängigkeit der Merkmale, also infolgedessen

$$(A+2Aa+a)\ (B+2Bb+b)\ (C+2Cc+c) = 1ABC+1ABc+1AbC+1Abc+1aBc+1abC+1abc+2ABCc+2AbCc+2aBCc+2abCc+2ABbC+2ABbc+2aBbC+2aBbc+2AaBC+2AaBc+2AabC+2Aabc+4ABbCc+4aBbCc+4AaBCc+4AabCc+4AaBbC+4AaBbc+8AaBbCc.$$

Das Zahlenverhältnis wäre also:

1:1:1:1:1:1:1:1:2:2:2:2:2:2:2:2:2:2:2:4:4:4:4:4:4:8.

Sehen wir uns die Reihe etwas genauer an: Die 8 ersten Typen sind die 8 möglichen reinen Formen oder Genotypen, die 12 folgenden Typen sind Monohybride abwechselnd in dem Merkmal Cc, Bb, Aa mit je den 4 möglichen Kombinationen der jeweilig restierenden reinen Merkmalen, die 6 folgenden sind Dihybride mit abwechselnd bald dem dominanten, bald dem rezessiven Merkmal der 3 differierenden Eigenschaften; die letzte Gruppe ist Trihybrid. Als neue Formen sind, wenn die Eltern ABC und abc waren, die Typen ABc, AbC, aBc, Abc, aBc, abC, also 6.

In Fig. 4 habe ich in schematischer Darstellung die Aufspaltung der Dihybride in reine Formen, Monohybride und Dihybride, ferner diejenige der Trihybride in reine Formen, Monohybride, Dihybride und Trihybride niedergelegt. Die Verhältniszahlen 1, 2, 4, 8 entsprechen den reinen Formen, resp. Monohybriden, resp. Dihybriden, resp. Trihybriden. Die in den einzelnen Kolonnen sich vorfindenden Zahlen deuten auf die zwischen den 6 Merkmalen möglichen Kombinationen hin.

**DIHYBRIDE** Fig. 4

| 1 | 2 | 4 | | |
|---|---|---|---|---|
| 0 D + 2 R<br>1 D + 1 R<br>2 D + 0 R | 1 D + 2 R<br>2 D + 1 R | 2 D + 2 R | 1 : 1 : 1 : 1<br>2 : 2 : 2 : 2<br>4 | R. F.<br>M.<br>D. |
| R.F. = 4 | M. = 8 | D. = 4 | | |

**TRIHYBRIDE**

| 1 | 2 | 4 | 8 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 D + 3 R<br>1 D + 2 R<br>2 D + 1 R<br>3 D + 0 R | 1 D + 3 R<br>2 D + 2 R<br>3 D + 1 R | 2 D + 3 R<br>3 D + 2 R | 3 D + 3 R | 1 : 1 : 1<br>2 : 2 : 2<br>4 : 4 : 4<br>8 | R. F.<br>M.<br>D.<br>Tr. | je 8<br>je 12<br>je 6<br>1 |
| R.F. = 8 | M. = 24 | D. = 24 | Tr. = 8 | | | |

Tetrahybride sind die Nachkommen solcher Eltern, die durch 4 Merkmale von einander verschieden sind; bezeichnen wir die Dominanten mit A, B, C, D, die Rezessiven mit a, b, c, d. Der Bastard der $F_1$-Generation wird folgende Genengarnitur besitzen: AaBbCcDd. Genau wie bei Trihybriden wird in $F_1$ die Phänotypenverteilung erfolgen nach der Formel

$(^3/_4 + ^1/_4)^4 = 81 : 27 : 27 : 27 : 27 : 9 : 9 : 9 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 3 : 1$

d. h. 81 Typen, welche die 4 Dominanten ABCD enthalten, 4 Mal 27 Typen, welche in abwechselnder Reihenfolge 3 Dominante und 1 Rezessive besitzen, also ABCd, ABcD, AbCD, aBCD, dann 6 Mal 9 Typen, welche in abwechselnder Reihenfolge 2 Dominante und 2 Rezessive zeigen, also ABcd, AbCd, aBCd, AbcD, aBcD, abCD nach dem bekannten Kombinationsschema: 4 + 3, 4 + 2, 4 + 1, 3 + 2, 3 + 1, 2 + 1, ferner 4 Mal 4 Typen, welche in abwechselnder Reihenfolge 1 Dominante und 3 Rezessive haben, — der umgekehrte Fall von ehedem — also: Abcd, aBcd, abCd, abcD, endlich ein Typus, der die 4 Rezessiven hat, umgekehrt von jenem, der die 4 Dominanten besitzt, also abcd. Die Genotypenverteilung, die nach der Formel

(A + 2Aa + a) (B + 2Bb + b) (C + 2Cc + c) (D + 2Dd + d)

sich bildet, ist folgende:

1ABCD + 1ABCd + 1ABcD + 1aBCD + 1ABcd + 1AbCd + 1aBCd + 1AbcD + 1aBcD + 1abCD + 1Abcd + 1aBcd + 1abCd + 1abcD + 1abcd + 2ABCDd + 2ABCcD + 2ABbCD + 2AaBCD + 2ABCcd + 2AaBCd + 2ABcDd + 2ABbcD + 2AaBcD + 2AbCDd + 2AbCcD + 2AabCD + 2aBCDd + 2aBCcD + 2aBbCD + 4ABCcDd + 4ABbCDd + 4AaBCDd + 4ABbCcD + 4AaBCcD + 4AaBbCD + 4AaBbCd + 4AaBbcD + 4AaBCcd + 4AabCcD + 4AaBcDd + 4AabCDd + 4ABbCcd + 4aBbCcD + 4ABbcDd + 4AbCcDd + 4aBCcDd + 8ABbCcDd + 8AaBCcDd + 8AaBbCDd + 8AaBbCcD + 8aBbCcDd + 8AabCcDd + 8AaBbcDd + 8AaBbCcd + 16AaBbCcDd.

Die 16 ersten Gruppen sind reine Formen, echte Genotypen, die Gruppen mit dem Coeffizienten 2 sind Monohybride und müssen bei Inzucht als solche aufspalten; die Typen mit dem Coeffizienten 4 sind Dihybride, diejenigen mit dem Coeffizienten 8 dagegen Trihybride und endlich diejenige mit dem Coeffizienten 16 sind Tetrahybrid. Nach einem andern Gesichtspunkte läßt sich die ganze $F_2$-Generation folgenderweise deuten; wir führen sie hier an, um uns später das Ganze übersichtlicher zu gestalten. Nach der Zahl der vorhandenen Dominanten und Rezessiven habe ich folgende Tabelle (Fig. 5) zusammengestellt; dabei ist die Verhältniszahl mit der Gruppenzahl zu multiplizieren, um die genaue Individuenzahl zu erhalten.

**TETRAHYBRIDE** Fig. 5

| 1 | 2 | 4 | 8 | 16 |
|---|---|---|---|---|
| 0 D + 4 R | 1 D + 4 R | 2 D + 4 R | 3 D + 4 R | 4 D + 4 R |
| 1 D + 3 R | 2 D + 3 R | 3 D + 3 R | 4 D + 3 R | |
| 2 D + 2 R | 3 D + 2 R | 4 D + 2 R | | |
| 3 D + 1 R | 4 D + 1 R | | | |
| 4 D + 0 R | | | | |
| R. F. = 16 | M. = 64 | D. = 96 | Tr. = 64 | Te. = 16 |

| | | |
|---|---|---|
| R. F. | 1 : 1 : 1 | je 16 |
| M. | 2 : 2 : 2 | 32 |
| D. | 4 : 4 : 4 | 40 |
| Tr. | 8 : 8 : 8 | 8 |
| Te. | 16 | 1 |

Pentahybride, Abkömmlinge von Eltern, die in 5 Merkmalen differieren! Die Phänotypenverteilung wird erfolgen nach der Formel

$(^3/_4+^1/_4)^5$ oder $243+81+81+81+81+81+27+27+27+27+27+27+27+27+27+27+9+9+9+9+9+9+9+9+9+9+3+3+3+3+3+1$;

in anderen Worten: 243 Typen, welche alle 5 dominanten Merkmale besitzen, ferner 5 mal je 81 Typen, welche in abwechselnder Reihenfolge 4 Dominante und 1 Rezessive haben; ferner 10 mal je 27 Typen, mit 3 Dominanten und 2 Rezessiven, ferner 10 Mal je 9 Typen mit 2 Dominanten und 3 Rezessiven, ferner 5 Mal je 3 Typen mit einer Dominanten und 4 Rezessiven, stets in abwechselnder Reihenfolge, endlich 1 Individuum, das alle 5 rezessiven Merkmale hat. Interessanter ist jedoch die Genotypenverteilung; doch möge man mir gestatten, die einzelnen Gruppen zu überspringen, da von den Pentahybriden ab unsere Wandtafel sich als zu klein erweist, auf daß wir sie dort niederschreiben könnten. Einen schwachen Begriff wird man sich von der Vielgestaltigkeit machen können, wenn man sich dessen erinnert, daß die Genotypenverteilung nach der Formel erfolgt:

(A+2Aa+a) (B+2Bb+b) (C+2Cc+c) (D+2Dd+d) (E+2Ee+e).

Die nächstfolgende Tabelle (Fig. 6) zeigt uns in seinen großen Linien das vielgestaltige Resultat.

**PENTAHYBRIDE** Fig. 6

| 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 D + 5 R<br>1 D + 4 R<br>2 D + 3 R<br>3 D + 2 R<br>4 D + 1 R<br>5 D + 0 R | 1 D + 5 R<br>2 D + 4 R<br>3 D + 3 R<br>4 D + 2 R<br>5 D + 1 R | 2 D + 5 R<br>3 D + 4 R<br>4 D + 3 R<br>5 D + 2 R | 3 D + 5 R<br>4 D + 4 R<br>5 D + 3 R | 4 D + 5 R<br>5 D + 4 R | 5 D + 5 R |
| R.F. = 32 | M. = 160 | D. = 320 | Tr. = 320 | Te. = 160 | P. = 32 |

| | | |
|---|---|---|
| R. F. | 1 : 1 : 1 | je 32 |
| M. | 2 : 2 : 2 | 80 |
| D. | 4 : 4 : 4 | 80 |
| Tr. | 8 : 8 : 8 | 40 |
| Te. | 16 : 16 : 16 | 10 |
| P. | 32 | 1 |

Doch wollen wir hier noch nicht stehen bleiben! Die Hexahybriden, Abkömmlinge von Eltern, die in 6 Merkmalen verschieden sind, zeigen uns kompliziertere Resultate. Die Phänotypenverteilung wird nach der Formel $(^3/_4 + ^1/_4)^6$ erfolgen; sie wird also folgende sein:

729 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 81 + 81 + 81 + 81 + 81 + 81 + 81 + 81 + 81 + 81 + 81 + 81 + 81 + 81 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 27 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 9 + 3 + 3 + 3 + 3 + 3 + 3 + 3 + 1,

d. h. 729 Typen, welche die 6 Dominanten tragen, 6 Mal 243 Typen, welche in abwechselnder Reihenfolge 5 Dominanten und 1 Rezessive haben, 15 Mal 81 Typen mit 4 Dominanten und 2 Rezessiven in abwechselnder Reihenfolge, 20 Mal 27 Typen mit 3 Dominanten und 3 Rezessiven in abwechselnder Reihenfolge, 15 Mal 9 Typen mit 2 Dominanten und 4 Rezessiven, in abwechselnder Reihenfolge, 6 Mal 3 Typen mit 1 Dominanten und 5 Rezessiven in abwechselnder Reihenfolge, 1 Mal 1 Typus mit sämtlichen 6 Rezessiven. Die Genotypenverteilung, die nach der Formel

(A+2Aa+a) (B+2Bb+b) (C+2Cc+c) (D+2Dd+d) (E+2Ee+e) (F+2Ff+f)

erfolgt, ist auf vorliegender Tabelle zusammengestellt. (Fig. 7.)

**HEXAHYBRIDE** Fig. 7

| 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 D + 6 R<br>1 D + 5 R<br>2 D + 4 R<br>3 D + 3 R<br>4 D + 2 R<br>5 D + 1 R<br>6 D + 0 R | 1 D + 6 R<br>2 D + 5 R<br>3 D + 4 R<br>4 D + 3 R<br>5 D + 2 R<br>6 D + 1 R | 2 D + 6 R<br>3 D + 5 R<br>4 D + 4 R<br>5 D + 3 R<br>6 D + 2 R | 3 D + 6 R<br>4 D + 5 R<br>5 D + 4 R<br>6 D + 3 R | 4 D + 6 R<br>5 D + 5 R<br>6 D + 4 R | 5 D + 6 R<br>6 D + 5 R | 6 D + 6 R |
| R.F. = 64 | M. = 384 | ID. = 960 | Tr. = 1280 | Te. = 960 | P. = 384 | Hx. = 64 |

Verlieren wir den Kopf nicht, wenn wir an die Heptahybriden herantreten, die Nachkommen von Eltern, die in

den sämtlichen 7 Merkmalen Mendels differieren. Die Phänotypenverteilung gestaltet sich nach der Formel $(^3/_4 + ^1/_4)^7$, d. h.

2187 + 729 + 729 + 729 + 729 + 729 + 729 + 729 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 243 + 81 + 81 + 81

Resumieren wir und stellen wir einmal des Interesses halber die Phänotypenverteilungen der Hybriden zusammen, die wir bis jetzt kennen gelernt haben, nämlich bei den Monohybriden angefangen bis hinauf zu den Heptahybriden; wir multiplizieren dabei stets die Verhältniszahl mit der Gruppenzahl und wir werden alsdann folgendes erhalten:

| Kl. | R. F. | Mono- | Di- | Tri- | Tetra- | Penta- | Hexa- | Hepta- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 1 + 1 | 2 | | | | | | |
| 2. | 4 | 8 | 4 | | | | | |
| 3. | 8 | 24 | 24 | 8 | | | | |
| 4. | 16 | 64 | 96 | 64 | 16 | | | |
| 5. | 32 | 160 | 320 | 320 | 160 | 32 | | |
| 6. | 64 | 384 | 960 | 1280 | 960 | 384 | 64 | |
| 7. | 128 | 896 | 2688 | 4480 | 4480 | 2688 | 896 | 128 |

Dividieren wir jede horizontale Reihe durch die Zahl der reinen Formen, die wir mit $2^n$ bezeichnen können, wenn der Exponent n die Zahl der differierenden Merkmale ist; wir erhalten dann folgendes Resultat:

| Kl. | R. F. | Mono- | Di- | Tri- | Tetra- | Penta- | Hexa- | Hepta- |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | $2^n$ | $1\times2$ | | | | | | |
| 2. | $2_n$ | $2\times2^n$ | $2^n$ | | | | | |
| 3. | $2^n$ | $3\times2^n$ | $3\times2^n$ | $2^n$ | | | | |
| 4. | $2^n$ | $4\times2^n$ | $6\times2^n$ | $4\times2^n$ | $2^n$ | | | |
| 5. | $2^n$ | $5\times2^n$ | $10\times2^n$ | $10\times2^n$ | $5\times2^n$ | $2^n$ | | |
| 6. | $2^n$ | $6\times2^n$ | $15\times2^n$ | $20\times2^n$ | $15\times2^n$ | $6\times2^n$ | $2^n$ | |
| 7. | $2^n$ | $7\times2^n$ | $21\times2^n$ | $35\times2^n$ | $35\times2^n$ | $21\times2^n$ | $7\times2^n$ | $2^n$ |

Analysieren wir weiter: Nehmen wir unsere mathematischen Kenntnisse zur Hand, indem wir auf unsere längst verflossene Penälerzeit zurückgreifen. Fassen wir das Binom $(a + b)$ auf und steigern wir schrittweise den Exponenten des Binoms; geben wir besonders auf die Coeffizienten acht:

$(a+b)^2 = 1a^2 + 2ab + 1b^2$

$(a+b)^3 = 1a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + 1b^3$

$(a+b)^4 = 1a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4a\,b^3 + 1b^4$

$(a+b)^5 = 1a^5 + 5a^4b + 10a^3b^2 + 10a^2b^3 + 5a\,b^4 + 1b^5$

$(a+b)^6 = 1a^6 + 6a^5b + 15a^4b^2 + 20a^3b^3 + 15a^2b^4 + 6ab^5 + 1b^6$

$(a+b)^7 = 1a^7 + 7a^6b + 21a^5b^2 + 35a^4b^3 + 35a^3b^4 + 21a^2b^5 + 7ab^6 + 1b^7$

Aus vorliegendem Resultat können wir schließen, daß die Phänotypenverteilung sich vollzieht nach dem bekannten Binom

von Newton $(a+b)^m$; denn die Auflösung dieses Binoms ist folgende:

$$(a+b)^m = a^m + ma^{m-1}b + \frac{m(m-1)}{1.2}a^{m-2}b^2 + \frac{m(m-1)(m-2)}{1.2.3}a^{m-3}b^3 + \frac{m(m-1)(m-2)(m-3)}{1.2.3.4}a^{m-4}b^4 + \ldots\ldots\ldots + b^m.$$

Erinnern wir uns des Gesetzes von Quetelet, das seinen Ausdruck fand in der Formel $(a+b)^n$. Hier bei Mendel, wie dort bei der fluktuierenden Variation, finden wir einen Mittelwert, von welchem die Extremen nach beiden Seiten hin ausstrahlen.

Verlassen wir die Phänotypenverteilung der Heptahybride und gehen wir zur Genotypenverteilung über; sie wird sich nach der Formel

$$(A+2Aa+a)\ (B+2Bb+b)\ (C+2Cc+c)\ (D+2Dd+d)\ (E+2Ee+e)\ (F+2Ff+f)\ (G)+2Gg+g)$$

bilden. Folgende Individuen werden sie zusammensetzen: 128 reine Formen, je448 mal 2 Monohybriden, je 672 mal 4 Dihybriden, je 560 mit 8 Trihybriden, je 280 mal 16 Tetrahybriden, je 84 mal 32 Pentahybriden, je 14 mal 64 Hexahybriden und 128 Heptahybriden. Wir wissen, daß die $F_2$-Generationen stets $2^{2n}$ Individuen umfaßt, wenn n gleich ist der Zahl der differierenden Merkmale des Elternpaares; wie finden

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| bei Monohybriden: | $2^{2n}$ | $n=1$ | $2^2 =$ | 4 |
| bei Dihybriden: | $2^{2n}$ | $n=2$ | $2^4 =$ | 16 |
| bei Trihybriden; | $2^{2n}$ | $n=3$ | $2^6 =$ | 64 |
| bei Tetrahybriden: | $2^{2n}$ | $n=4$ | $2^8 =$ | 256 |
| bei Pentahybriden: | $2^{2n}$ | $n=5$ | $2^{10} =$ | 1024 |
| bei Hexahybriden: | $2^{2n}$ | $n=6$ | $2^{12} =$ | 4096 |
| bei Heptahybriden: | $2^{2n}$ | $n=7$ | $2^{14} =$ | 16384 |

Die Genotypenverteilung der Heptahybriden umfaßte an:

| | | |
|---|---|---|
| Reinen Formen: | | 128 |
| Monohybriden: | $448 \times 2 =$ | 896 |
| Dihybriden: | $672 \times 4 =$ | 2688 |
| Trihybriden: | $560 \times 8 =$ | 4480 |
| Tetrahybriden: | $280 \times 16 =$ | 4480 |
| Pentahybriden: | $84 \times 32 =$ | 2688 |
| Hexahybriden: | $14 \times 64 =$ | 896 |
| Heptahybriden: | | 128 |
| Summa Summarum: | | 16384 Genotypen. |

Und nun fängt der Zufall an zu spielen, insofern diese 16384 Genotypen, resp., wenn wir ihre Verschiedenheit in Betracht ziehen, 128 + 448 + 672 + 560 + 280 + 84 + 14 + 128 = 2314 verschiedene Genotypen sich mit einander kombinieren. Die mannigfaltigsten Fälle können sich hier einstellen: Die reinen Formen befruchten und kreuzen sich gegenseitig; die Abkömmlinge derselben werden nur reine Formen sein in dem Falle, wo Gleiches mit Gleichem sich findet, andernfalls werden sie alle jene Fälle von Hybridformen zeigen, die wir schon bei den Eltern der P-Generationen gefunden haben. Werden reine Formen mit Monohybriden gekreuzt, angenommen, daß die Typen bis auf ein Merkmal identisch sind, so wird das Resultat sich bilden nach dem Schema 2AA + 2Aa, also die Hälfte wird rein, die andere Hälfte wieder Monohybrid sein. Unter der gleichen Voraussetzung, daß in allen folgenden Fällen Identität der übrigen Merkmale sich vorfindet, werden reine Formen mit Dihybriden gekreuzt; die Aufspaltung erfolgt in reine Formen, Monohybride und Dihybride. Werden reine Formen mit Trihybriden gekreuzt, so geschieht die Aufspaltung in reine Formen, Monohybride, Dihybride, Trihybride. Analog zu den vorhergehenden Fällen geschieht die Aufspaltung bei Kreuzung von reinen Formen mit Tetra-, Penta-, Hexa- und Heptahybriden, so daß letztere aufspalten in reine Formen, Mono-, Di-, Tri-, Tetra-, Penta-, Hexa- und Heptahybride. Werden unter der schon gemachten Bedingung der Identität der übrigen Merkmale, Monohybride mit Dihybriden gekreuzt, so erfolgt eine Spaltung in Dihybride und Trihybride. Es würde zu weit führen, die einzelnen Kreuzungs- und Spaltungsprobabilitäten hier eingehend zu besprechen. In stillen Stunden hab ich mir das spezielle Vergnügen bereitet, die Unsumme von Kreuzungs-Probabilitäten zwischen den Aufspaltungsprodukten der Heptahybriden in der $F_2$-Generation zu studieren und es ist mir gelungen, die Spaltungsmöglichkeiten in eine mathematische Formel zu kleiden. Die Zeit erlaubt es mir nicht, hier vor Ihnen die einzelnen Etappen im Werdegang der mathematischen Formel darzulegen, doch sei es mir gestattet, Ihnen die Formel als Fertiges zu zeigen und deren furchtbaren Konsequenzen zu erwähnen. Bei Kreuzung der einzelnen Typen der $F_2$-Generation der Heptahybriden gestaltet sich die Aufspaltung nach folgender Formel:

| | |
|---|---|
| Reine Formen: | $(2^{n-1}-1)^7$ |
| Monohybride: | $2(2^{n-1}-1)^6$ |
| Dihybride: | $4(2^{n-1}-1)^5$ |

| | |
|---|---|
| Trihybride: | $8(2^{n-1}-1)^4$ |
| Tetrahybride | $16(2^{n-1}-1)^3$ |
| Pentahybride | $32(2^{n-1}-1)^2$ |
| Hexahybride | $64(2^{n-1}-1)$ |

Der Faktor n betrifft die Zahl der Generation, wobei jedoch zu bemerken ist, daß n nie kleiner als 3, mithin $F_3$ sein kann. Versuchen wir es, bei dieser Formel mit Zahlen zu operieren und die Aufspaltung in der neunten Generation kennen zu lernen. Da n nie kleiner als 3 sein kann, so müssen wir um den wahren Wert von n zu finden, 2 von 9 abzählen; der Faktor n wird alsdann 9—2=7 sein. Die Heptahybride, ohne je zu verschwinden, werden in Hexahybride bis reine Formen aufspalten, die Hexahybride in Pentahybride bis reine Formen, ohne je zu verschwinden, die Pentahybride, ohne je zu verschwinden, in Tetrahybride bis reine Formen u. s. w. bis zu den Monohybriden, welche, ohne je zu verschwinden, in reine Formen sich spalten.

Wenn wir nun in der $F_9$-Generation allein die reinen Formen in Betracht ziehen, die wir durch Aufspaltung aller vorhergehenden Hybride erhalten, so beläuft sich ihre Zahl auf 9194799547624244910839, d. h. 9194 Trillionen, 799.547 Billionen, 624.244 Millionen, 910.839 Individuen. Eine Kleinigkeit!; rechnen wir die Bastarde, die weiterhin mendeln können, hinzu, so erhalten wir folgende Zahl: 17965765843186745411175 oder 17.965 Trillionen, 765.843 Billionen, 186.745 Millionen, 411.175 Individuen. So viele Gameten sind also möglich; würden alle sich entwickeln, so würden wir diese Zahl von Samen erhalten. Suchen wir dieselben zu verladen, um sie an einen geeigneten Ort zu schaffen. Im allgemeinen wiegen 4000 Erbsen 1 kg. Die eben genannte Erbsenmasse würde die Kleinigkeit von 449.144 Billionen, 146.079 Millionen, 688.635 kg. oder 449 Billionen, 144.146 Millionen, 79.668 Tonnen wiegen Ein Eisenbahnwagen faßt 10 Tonnen und hat eine Länge von 8 m. Berechnen wir den Abstand zwischen 2 Wagen mit 1 m., so ist die Gesamtlänge des Wagens 9 m. Wir benötigen alsdann einen Eisenbahnzug, der eine Länge von 40.422 Millionen 973,250 km. hätte. Der Aequator mißt 40.000 km. Unser Eisenbahnzug müßte in einer Million 10574 parallelen Geleisen um den Aequator gelegt werden.

Eine einzelne Erbse nimmt ungefähr einen Flächenraum von 50 qmm. ein; infolgedessen würden wir mit unsern Erbsen eine Fläche von 898.288 Billionen, 292.159 Millionen 337.270 qm.

bedecken. Trocknen wir die Meere aus, so daß unser Erdkügelchen nur trockenes Land hätte, so würde uns eine Fläche von 510 Billionen qm. zur Verfügung stehen. Wir sehen, unser Planet ist zu klein; wir müssen schon an die Bewohner des Jupiter eine Bittschrift senden, auf daß wir dort unsere Erbsen säen können; und wer wird die Erbsen beim Säen schön nebeneinander legen? Würden wir unsere Erbsen zu Erbsenmuß kochen, im Wasser schwillt besagten Individuen der Kamm, wir würden elendiglich in diesem Erbsenmuß zu Grunde gehen. Dazu haben wir bloß ein Elternpaar in Betracht gezogen und wir sind schon bei der neunten Generation stehen geblieben. Welche Zahlen würden erwachsen, wenn wir 1000 Generationen zurückgreifen würden und all die Erbseneltern in Betracht zögen, die man seit 1000 Jahren gezüchtet hat?

Doch Spaß bei Seite, die Sache ist zu ernst und zu heilig, als daß man sie in der Lächerlichkeit untergehen lassen wollte, denn sie zeigt unermeßliche Weiten. Mendel, der Geistesfürst, läßt uns hineinschauen in das Getriebe der Natur, in das Werden und Gestalten der Organismen. Ihm, dem bescheidenen Mönch des Augustinerstiftes in Brünn, verdanken wir es, diese Wunder zu schauen. Dezennien hindurch war er verkannt worden, Jahre lang hatte die wissenschaftliche Welt sich nicht um ihn gekümmert; er ist in die Ewigkeit hinübergegangen; ihm war zu Lebzeiten die äußere Anerkennung und Bewertung. der schuldige Tribut der Mitwelt vor des Geistes Großtat stets versagt geblieben; die innere Freude und Genugtuung am eigenen Werke war allein ihm beschert worden, und das genügt. Zum Schlusse möchte ich die Worte Molisch's anführen: «Wenn ein Hertz durch die Entdeckung neuer Wellen den Grund zur drahtlosen Telegraphie legt; wenn ein Curie durch die Auffindung des Radiums der theoretischen Physik neue Bahnen weist; wenn ein Röntgen uns mit neuen geheimnisvollen Strahlen bekannt macht u. die Physik u. die Medizin auf neue Wege leitet; wenn ein Robert Koch uns das Plattenverfahren zur Isolierung unsichtbarer Keime beschert, damit die moderne Bakteriologie schafft und die moderne Medizin auf neue Fundamente stellt, oder wenn ein Mendel uns durch die Vererbungsgesetze — ich möchte sagen — das Prophezeien auf einem der dunkelsten Gebiete biologischer Wissenschaft, auf dem der Vererbung ermöglicht, so sind dies Kulturwerte, die der ganzen Menschheit heute und auch noch in ferner Zukunft von größtem Nutzen sind, und deshalb sollte jedes Volk dankbar seiner Forscher gedenken.» Tony STEIN.