



Entartung durch Vermischung

Als die Evolutionstheorie aufkam, war zunächst alle Welt euphorisch, und überall wurde nur darüber geredet, daß das Bessere sich langfristig immer durchsetzt. Doch stand dies im Widerspruch zur allgemeinen Erfahrung, wonach in bestimmten Lebenssituationen auch die Guten dran glauben müssen, und erste Zweifel regten sich. Neue Hypothesen sorgen zunächst immer für Wirbel, solange sie ungeprüft sind.

Nachfolgend stellen wir zwei unterschiedliche Erbgänge auf den Prüfstand und schauen uns an, wie der gegenseitige Vergleich ausfällt, denn auch hier eilt uns schon wieder die Behauptung voraus, daß das Dominante stets besser sei als das Rezessive, weil es im Erbgang durchweg obsiege. Dabei wurde noch nicht einmal in Grundzügen ein Maß festgelegt, woran sich diese Güte bemißt. Also soll es unsere vorrangige Aufgabe sein, ein solches Maß zuerst festzulegen, wobei wir allerdings glauben, es bereits gefunden zu haben, und zwar in der Entropie, die stellvertretend für die Standardabweichung bzw. Streuung einer Größe um ihren Mittelwert steht. Je größer sie ausfällt, desto stärker streuen die Ergebnisse, denn die zugrunde liegende Verteilung wird flacher und breiter. Umgekehrt stellen Größen, die überhaupt nicht streuen, eine δ -Funktion dar. Der Schwankungsbereich der Entropie liegt demnach zwischen einer δ -Funktion und einer Gleichverteilung.

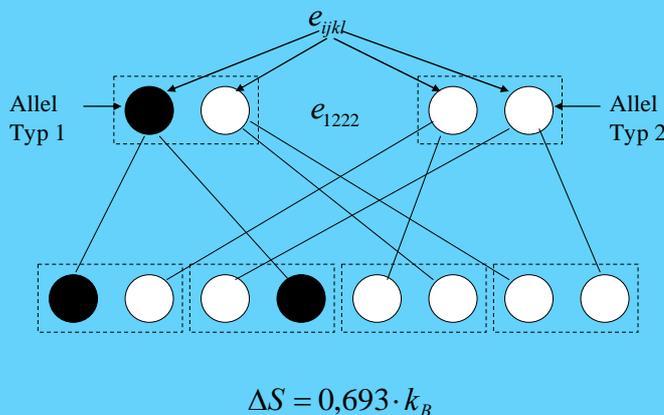


Abb. 1. Vererbungsschema eines Gens mit zwei Allelen in Elementarereignisformulierung

Im Falle eines Erbgangs heißt das, daß wir die Kindgeneration mit der Elterngeneration vergleichen müssen und über die Abweichung zwischen beiden die Entropieänderung der Phänotypenverteilung messen, die größer Null ist, falls die Kinder stärker streuen als die Eltern, und Null, falls sie die gleiche Streuung besitzen. Der umgekehrte Fall, daß die Streuung der Kinder geringer ausfällt als die der Eltern, ist ebenfalls möglich, in diesem Fall ist die Entropieänderung sogar negativ (was eigentlich gegen die Natur ist). Wenn also die Kindgeneration in der Summe über alle Elementarereignisse im Erbgang stärker streut als die der Eltern, sprechen wir von Entartung. Diese ist in der Natur unerwünscht, weil die Qualität der Nachkommen darunter leidet. Da allerdings im Falle mehrerer betrachteter Gene gute Erbeigenschaften statistisch stets mit schlechten gepaart sind, kann es folglich eine Entwicklung, die einseitig auf die guten abzielt, trotz natürlicher Selektion nicht geben. Die Vorstellung so mancher



Evolutionstheoretiker, daß sich einheitlich alles zum Besseren wende, existiert in der Realität nicht. Ein gutes Merkmal hilft nämlich nichts, wenn es durch ein schlechtes wieder kompensiert wird. Dann ist es besser, lieber weniger gute, dafür aber auch weniger schlechte zu haben, mit anderen Worten: eine geringere Streuung bzw. Entropie im Erbgang aufzuweisen ist für das Überleben günstiger. Am besten wäre es natürlich, nur gute Eigenschaften zu haben, was aber in einem Gen mit wenigstens zwei Ausprägungen, sogenannten Allelen, nur dann möglich ist, wenn die vorteilhaften Allele geschlossen reinerbig weitergegeben werden. Dann nämlich gibt es keine Entartung. Betrachten wir das obige Vererbungsschema eines Gens mit zwei Allelen (Abb. 1).

Auf jedem elterlichen Gen sind nur drei Phänotypen möglich: entweder reinerbig im einen oder anderen Allel oder mischerbig in beiden. Die reinerbigen Gene werden auch homozygot genannt, die mischerbigen heterozygot, ihre Träger Mischlinge oder Bastarde. Es gibt insgesamt 16 mögliche Kombinationen solcher Elternpaarungen, in der Mathematik spricht man von Elementarereignissen, die in ihrer Grundgesamtheit alle gleich wahrscheinlich sind.

Hinsichtlich der Vererbung unterscheiden wir die intermediäre Vererbung, in der keines der beiden Allele die Oberhand gewinnen kann, weil beide gleichgewichtet sind, und die sogenannte dominant-rezessive Vererbung, in der das dominante Allel, auch wenn es nur einmal, d.h. heterozygot, vorkommt, sein Merkmal ausprägt. Betrachten wir zunächst den intermediären Erbgang und berechnen dazu dessen Mischungsentropie für jedes Elementarereignis getrennt und danach den gemeinsamen Mittelwert. Diese Mischungsentropie für ein Gen mit drei Ausprägungen, dem reinerbigen Zustand x mit zwei s -Allelen, dem mischerbigen Zustand y mit je einem s - und einem w -Allel und dem reinerbigen Zustand z mit zwei w -Allelen lautet

$$\Delta S = -k_B (x \ln x + y \ln y + z \ln z),$$

wobei

$$x = \frac{N_x}{N}, \quad y = \frac{N_y}{N} \quad \text{und} \quad z = \frac{N_z}{N}$$

die relativen Häufigkeiten der Phänotypen sind,

$$N = N_x + N_y + N_z$$

die Summe der absoluten Häufigkeiten N_x , N_y und N_z und k_B die Boltzmannkonstante. Damit müssen sich die relativen Häufigkeiten zu Eins ergänzen, d.h.

$$x + y + z = 1.$$

Nach den Mendelschen Vererbungsregeln gibt es bezüglich der Gesamtzahl unterschiedlicher Nachkommen in der F1-Generation pro Gen maximal 4 Möglichkeiten, so daß kein Elementarereignis öfter als viermal den gleichen Phänotyp aufweisen kann, die Summe der Phänotypen sich daher stets auf $N_1 = 4$ beläuft. Allgemein haben wir in der n ten Generation



$$N_n = 4P_{n-1} \quad \text{Genotypen bei} \quad P_n = \sum_{i=1}^{N_n-1} i = \frac{N_n(N_n-1)}{2}$$

Paarungen ohne Wiederholung, folglich ist

$$N_n = 2N_{n-1}(N_{n-1} - 1),$$

wobei $N_0 = 2$ ist. Sei im folgenden $\Delta S_{n,m}$ die Mischungsentropie des m ten Elementarereignisses in der n ten Generation, die wir mit Hilfe der Hardy-Weinberg-Relationen

$$p_m = x_{n,m} + \frac{1}{2}y_{n,m} \quad \text{und} \quad q_m = z_{n,m} + \frac{1}{2}y_{n,m}$$

schreiben können als

$$\Delta S_{n,m} = -k_B \left[\left(p_m - \frac{1}{2}y_{n,m} \right) \ln \left(p_m - \frac{1}{2}y_{n,m} \right) + y_{n,m} \ln y_{n,m} + \left(q_m - \frac{1}{2}y_{n,m} \right) \ln \left(q_m - \frac{1}{2}y_{n,m} \right) \right].$$

Daraus erhalten wir die Mittelwerte der Mischungsentropie durch Summation und Normierung über alle 16 Elementarereignisse:

$$\langle \Delta S_n \rangle = \frac{1}{16} \sum_{m=1}^{16} \Delta S_{n,m}.$$

Für die Allelfrequenzen gilt:

$$\begin{aligned} p_1 &= 1, & q_1 &= 0, \\ p_2 &= p_3 = p_4 = p_5 = 3/4, & q_2 &= q_3 = q_4 = q_5 = 1/4, \\ p_6 &= p_7 = p_8 = p_9 = p_{10} = p_{11} = 1/2, & q_6 &= q_7 = q_8 = q_9 = q_{10} = q_{11} = 1/2, \\ p_{12} &= p_{13} = p_{14} = p_{15} = 1/4, & q_{12} &= q_{13} = q_{14} = q_{15} = 3/4, \\ p_{16} &= 0, & q_{16} &= 1. \end{aligned}$$

Die Elementarereignisse $m = 1$ und $m = 16$ sind die einzigen stabilen Größen, die keinerlei Veränderungen in der Generationenfolge unterliegen, d.h. deren Entropie bleibt konstant Null:

$$\Delta S_{n,1} = \Delta S_{n,16} = 0.$$

Wegen $\lim_{n \rightarrow \infty} y_{n,2} = 2p_2q_2 = 3/8$ lautet der Grenzwert für die Elementarereignisse $m = 2$ bis 5 und $m = 12$ bis 15



$$\begin{aligned} \Delta S_{\infty,2} &= \Delta S_{\infty,3} = \Delta S_{\infty,4} = \Delta S_{\infty,5} = \Delta S_{\infty,12} = \Delta S_{\infty,13} = \Delta S_{\infty,14} = \Delta S_{\infty,15} \\ &= -k_B \left[\left(\frac{3}{4} - \frac{y_{\infty,2}}{2} \right) \ln \left(\frac{3}{4} - \frac{y_{\infty,2}}{2} \right) + y_{\infty,2} \ln y_{\infty,2} + \left(\frac{1}{4} - \frac{y_{\infty,2}}{2} \right) \ln \left(\frac{1}{4} - \frac{y_{\infty,2}}{2} \right) \right] = 0,865k_B. \end{aligned}$$

In derselben Weise lässt sich wegen $\lim_{n \rightarrow \infty} y_{n,6} = 2p_6q_6 = 1/2$ der Grenzwert für die Elementarereignisse $m = 6$ bis 11 bestimmen,

$$\begin{aligned} \Delta S_{\infty,6} &= \Delta S_{\infty,7} = \Delta S_{\infty,8} = \Delta S_{\infty,9} = \Delta S_{\infty,10} = \Delta S_{\infty,11} \\ &= -k_B \left[\left(\frac{1}{2} - \frac{y_{\infty,6}}{2} \right) \ln \left(\frac{1}{2} - \frac{y_{\infty,6}}{2} \right) + y_{\infty,6} \ln y_{\infty,6} + \left(\frac{1}{2} - \frac{y_{\infty,6}}{2} \right) \ln \left(\frac{1}{2} - \frac{y_{\infty,6}}{2} \right) \right] = 1,040k_B. \end{aligned}$$

Alle 16 Beiträge zusammen ergeben für die mittlere Entropie den folgenden Grenzwert:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \langle \Delta S_n \rangle = \frac{1}{16} \lim_{n \rightarrow \infty} (8\Delta S_{n,2} + 6\Delta S_{n,6}) = \frac{1}{2} \Delta S_{\infty,2} + \frac{3}{8} \Delta S_{\infty,6} = 0,822k_B.$$

Beim dominant-rezessiven Erbgang, der nur zwei Zustände kennt, dominant (x) und rezessiv (y), verhält es sich grundsätzlich nicht anders. Tritt dabei ein Gen in heterozygoter Form auf, so liegt es wegen des Übergewichts des Allels s in der Genkombination „dominant“ vor. Wegen $N_x + N_y = N$ berechnen sich die relativen Nachkommenshäufigkeiten zu

$$x = \frac{N_x}{N} \quad \text{und} \quad y = 1 - \frac{N_x}{N},$$

wobei wieder $x + y = 1$ gilt. Die Mischungsentropie sieht diesmal einfacher aus:

$$\Delta S = -k_B [x \ln x + (1-x) \ln(1-x)],$$

die Zahl der möglichen Elementarereignisse bleibt unverändert. Bei der dominant-rezessiven Vererbung lautet der Grenzwert für die Elementarereignisse $m = 2$ bis 5

$$\Delta S_{\infty,2} = \Delta S_{\infty,3} = \Delta S_{\infty,4} = \Delta S_{\infty,5} = 0,234k_B,$$

für die Elementarereignisse $m = 12$ bis 15

$$\Delta S_{\infty,12} = \Delta S_{\infty,13} = \Delta S_{\infty,14} = \Delta S_{\infty,15} = 0,685k_B$$

und für die Elementarereignisse $m = 6$ bis 11

$$\Delta S_{\infty,6} = \Delta S_{\infty,7} = \Delta S_{\infty,8} = \Delta S_{\infty,9} = \Delta S_{\infty,10} = \Delta S_{\infty,11} = 0,562k_B.$$



Insgesamt ergibt sich aus diesen 16 Beiträgen für die mittlere Entropie

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \langle \Delta S_n \rangle = \frac{1}{16} \lim_{n \rightarrow \infty} (4\Delta S_{n,2} + 6\Delta S_{n,6} + 4\Delta S_{n,12}) = \frac{1}{4} \Delta S_{\infty,2} + \frac{3}{8} \Delta S_{\infty,6} + \frac{1}{4} \Delta S_{\infty,12} = 0,441k_B.$$

In Tab. 1 bis 4 im Anhang sind die Mischungsentropien für sämtliche Elementarereignisse bis zur vierten Generation für den intermediären und den dominant-rezessiven Erbgang berechnet, und es wurde jeweils der Mittelwert bestimmt. Man erkennt, daß die Entropiemittelwerte von der Eltern- über die Kind- und Enkelgeneration sowohl bei der intermediären als auch bei der dominant-rezessiven Vererbung bis zum Erreichen des Grenzwerts zunehmen. Wir erhalten also eine monoton steigende Folge

$$\langle \Delta S_0 \rangle < \langle \Delta S_1 \rangle < \langle \Delta S_2 \rangle < \dots < \langle \Delta S_\infty \rangle.$$

Dieses Verhalten ist graphisch in Abb. 2 dargestellt. Da die Entropie bereits in den ersten beiden Generationen stark ansteigt, tritt Entartung auf, die in den nächsten Generationen nur mehr unwesentlich gesteigert werden kann, sofern keine neuen Mutationen hinzukommen. Auch die Entropien der einzelnen Elementarereignisse streben für unendlich viele Generationen jeweils einem definierten Grenzwert zu. In Zahlen ausgedrückt nimmt die mittlere Entropie beim intermediären Erbgang (Tab. 1 und 2) bis zur vierten Generation auf einen Wert von $0,822k_B$ zu.

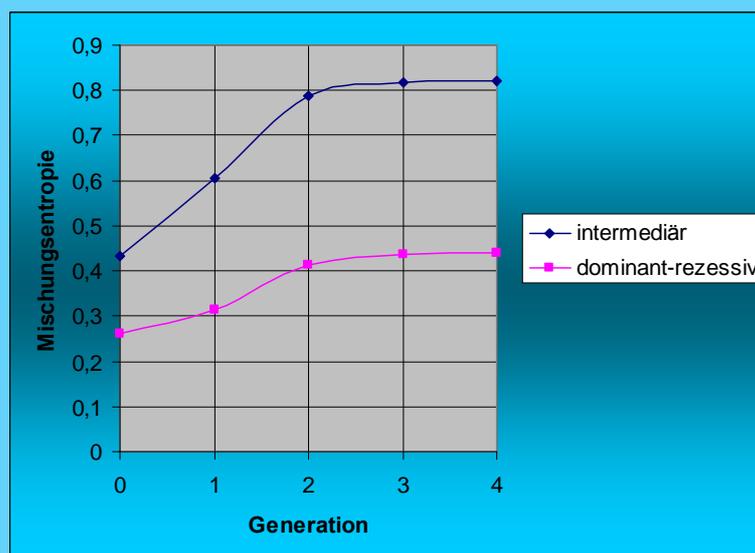


Abb. 2. Zunahme der Mischungsentropie über 5 Generationen für den intermediären und den dominant-rezessiven Erbgang

In Tab. 3 und 4 wird die gleiche Betrachtungsweise für den dominant-rezessiven Erbgang angestellt, nur ist das Ergebnis unterschiedlich, denn hier fällt die Zunahme der mittleren Mischungsentropie wegen der Beschränkung auf nur zwei Phänotypen mit $0,441k_B$ ersichtlich



geringer aus, und damit auch die Entartung. Mit der dominant-rezessiven Vererbung, die nichts anderes ist als eine unvollständige Selektion zu Gunsten der dominanten Eigenschaften, hat die Natur offenbar einen Weg gefunden, die Entartung zu begrenzen, ohne die rezessiven Merkmale vollends auszulöschen, als Rückfallösung sozusagen für sich ändernde Umweltbedingungen, in denen die konservierten Allele sofort wieder selektive Wirkung entfalten können, ohne daß ein langes Zuwarten auf erfolgversprechende Mutationen nötig ist.

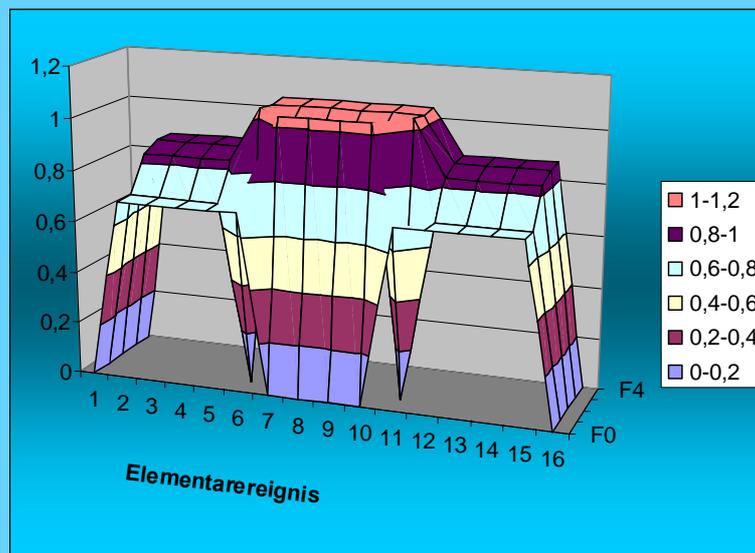


Abb. 3. Mischungsentropie der intermediären Vererbung über 5 Generationen

Beide Erbgänge sind als Entropieflächen in den Abbildungen 3 und 4 gegen die Generation und das Elementarereignis aufgetragen. Bereits in der 4. Generation nähert sich die Entropie ihrem endgültigen Grenzwert, der aus der Hardy-Weinberg-Theorie folgt. Dieser stellt sich unabhängig von der jeweiligen Art des Erbgangs sowohl bei der intermediären als auch bei der dominant-rezessiven Vererbung ein. Der intermediäre Erbgang geht im Limes gegen Unendlich in ein Dreizustandssystem aus drei gleichberechtigten Partnern über, während die dominant-rezessive Vererbung das Problem der Bastardbildung anders gelöst hat, indem nämlich der heterozygote Phänotyp gänzlich dem dominant-reinerbigen zugerechnet wird. Beim dominant-rezessiven Erbgang, der quasi ein asymmetrisches Zweizustandssystem verkörpert, das niemals ins Gleichgewicht kommt, kann die Entropie nicht so stark zunehmen wie beim intermediären, der besonders im Bereich der Bastardbildung (Elementarereignisse 7-10) eine bedeutende „Überhöhung“ aufweist (siehe Abb. 3). Diese erklärt sich dadurch, daß Heterozygote in ihrer Frequenz von Anfang an benachteiligt sind. Waren es in der Kind-Generation noch 100 % Mischlinge, so sind es in der Enkelgeneration nur mehr 50 %. Den Tabellen 1 und 2 können wir entnehmen, daß sich das Verhältnis der drei Phänotypen von 4: 8: 4 in der F0-Generation nach unendlich vielen Generationen in ein Verhältnis 5: 6: 5 wandelt, und gemäß Tab. 3 beträgt das Verhältnis der Dominanten zu den Rezessiven in der F0-Generation noch 12: 4 bzw. 3: 1, nach Erreichen stationärer Verhältnisse hingegen nur mehr 11: 5 bzw. ungefähr 2: 1 (Tab. 4). Auch hier erkennt man ganz klar, daß die Zahl der Dominanten im Verhältnis zu den Rezessiven deutlich abgenommen hat. Dieses Phänomen bezeichnen wir als



Phänotypenselektion, und sie folgt rein aus den Mendelschen Vererbungsregeln im Einklang mit dem Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik. Sie wirkt auch, wenn keine darwinistische Selektion vorliegt und verläuft stets zu Gunsten der Reinerbigen.

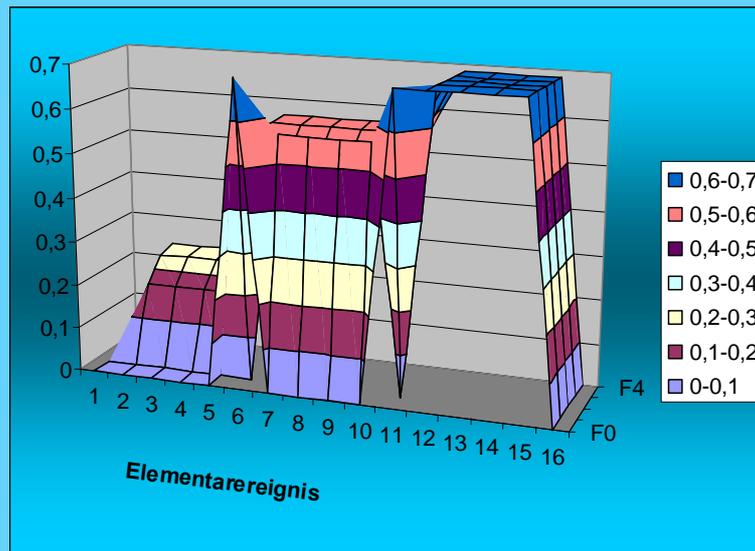


Abb. 4. Mischungsentropie der dominant-rezessiven Vererbung über 5 Generationen

Bei der dominant-rezessiven Vererbung (siehe Abb. 4) weichen die mischerbig-reinerbigen Elementarereignisse beider Gattungen stark voneinander ab, weil die Sortierung nach Phänotypen erfolgt, und nicht nach Genotypen. Während sich die Mischungsentropie der intermediären Vererbung über die Elementarereignisse und Generationen hinweg durchweg symmetrisch aufbaut, mit einer leichten Überhöhung bei den Mischerbigen, verläuft der dominant-rezessive Erbgang hinsichtlich seiner Entropie asymmetrisch und nimmt auf der besser geordneten dominanten Seite langsamer zu. Doch schließlich gehen beide Verteilungen in die Sättigung über. Die größte Entropie bzw. Entartung entsteht bei der intermediären Vererbung, wenn Mischlinge ($m = 7 - 10$) sich untereinander fortpflanzen, bei der dominant-rezessiven, wenn Rezessiv-Reinerbige und Heterozygote sich paaren ($m = 12 - 15$). Die Qualität der Nachkommen ist bei der intermediären Vererbung besser, wenn nur ein Partner mischerbig ist, da die Entropie in diesem Fall geringer ist. Beim dominant-rezessiven Erbgang verhält es sich hingegen anders. Hier führt die Kreuzung des rezessiven Partners mit einem mischerbigen zu den denkbar schlechtesten Ergebnissen, die Entartung und damit die Entropie sind hier am größten. Die dominant-rezessive Vererbung verschiebt also die Entartung auf die Seite der Rezessiven. In bezug auf die Eugenik würde das bedeuten, daß Rezessive besser nicht mit einem Bastard gekreuzt werden [1], während es sich bei den reinerbig Dominanten genau umgekehrt verhält. Diesen Effekt nennt man Heterosis. Die besten Ergebnisse werden erzielt, wenn beide Partner reinerbig sind, weil nur in diesem Fall die Allelfrequenz maximal ist und die Gefahr einer Hybridbildung ausgeschlossen werden kann. Sind beide Partner reinerbig, aber von unterschiedlicher Ausprägung, kommt dies am Ende einer Vermischung zweier Heterozygoten gleich.



Oben haben wir Entartung als Abweichung gegenüber dem Mittelwert definiert und ein Vorhandensein wenigstens zweier Allele vorausgesetzt. Man kann Entartung im Falle polymorpher Gene aber auch noch anders definieren, nämlich als den Logarithmus aus der Zahl der koexistierenden Allele bei angenommener Gleichverteilung. Wie wir allerdings gesehen haben, führt jede Form von Vererbung durch Vermischung zu Entartung, weil die Entropie dabei stets zunimmt, bei der intermediären stärker als bei der dominant-rezessiven. Während sich allerdings bei der intermediären kein Merkmal durchsetzen kann, sofern nicht eines selektiv ist, ist bei der dominant-rezessiven bei Abwesenheit von Selektion das dominante, das zugleich für die phänotypische Ausprägung verantwortlich ist, vorherrschend. In diesem Fall stellt sich ein asymmetrisches Gleichgewicht ein. Falls Selektion stattfindet, kann diese sowohl zu Gunsten des dominanten als auch des rezessiven Allels verlaufen, weil Dominanz nichts damit zu tun hat, was vorteilhaft und was nachteilig ist. Ein Beispiel: Das Allel A der Blutgruppe A ist dominant gegenüber dem Allel 0 , wird aber in seiner Frequenz durch die Mutter-Kind-Unverträglichkeit dennoch abgebaut, bis es irgendwann ganz ausgelöscht ist. Im Falle des Allels B verhält es sich ähnlich. Daher sind niedrige Frequenzen der Allele A und B und ein hoher Anteil an Rhesus-negativ kennzeichnend für ältere, stärker degenerierte Rassen.

Mischerbige verhalten sich in der intermediären Vererbung indifferent, weil sie weder das eine noch das andere Merkmal voll ausprägen. Sie haben aber in bezug auf schnelle Anpassung an sich ändernde Verhältnisse gegenüber den Reinerbigen den Vorteil, daß nicht zwei unterschiedliche Eigenschaften zugleich nachteilig sein können. Mit der Phänotypenselektion steigt auch die Mischungsentropie, das System wird ungeordneter.

Erbkrankheiten des heterozygoten Phänotyps nehmen durch rassische Vermischung ebenfalls zu, jedenfalls in der benachteiligten Population. Ein Beispiel: Die eine Rasse ist zu 90 % rhesus-negativ, die andere hingegen nur zu 10 %. Mischen sich die beiden im Verhältnis 1:1, sind die beiden Allele etwa im Verhältnis 2:1 vorhanden. Die Wahrscheinlichkeit zu erkranken steigt in der rhesus-negativen Ausgangspopulation, in der sie vorher bei nur 9,7 % lag, um 36,3 % auf 46 %, in der rhesus-positiven dagegen um nur 3 %. Dadurch stirbt die rhesus-negative Population schneller aus. Zusätzlich werden selektive Vorteile durch Vermischung abgebaut, beim Elementarereignis 6 und intermediärer Vererbung um 50 % und bei der dominant-rezessiven, falls das rezessive Merkmal den Selektionsvorteil besitzt, ebenfalls um 50 %. Eine Vermischung zweier Allele im gleichen Verhältnis bedeutet, daß durch das Hinzukommen zweier weiterer Phänotypen sich eines der beiden Merkmale in der Folge (etwa durch Selektion) stärker ausbreitet als das andere oder die beiden ursprünglichen Merkmale zu Gunsten des neu hinzugekommenen heterozygoten Phänotyps eine weniger starke Verbreitung finden und somit zahlenmäßig um je ein Drittel zurückgedrängt werden (etwa im Falle der intermediären Vererbung). Gänzlich ohne Selektion kommen bloß durch beiderseitige Vermischung neue Eigenschaften zustande, die es vorher nicht gab. Natürlich muß jedes neue Allel einmal entstanden sein und sich gegen ein älteres durchgesetzt haben, sonst würde man es nicht antreffen. Seine spätere Frequenzverteilung muß sich allerdings nicht notwendigerweise durch Selektion herausgeschält haben, sondern es kann in einer Gründerpopulation rein zufällig das häufigere gewesen sein. Allelenselektion hat auch Einfluß auf die Phänotypenselektion, jedoch wirkt letztere völlig unabhängig von ersterer und außerdem rapider. Dabei reden wir noch gar nicht über Neumutationen, die nur bei Vorhandensein von Selektion zum Aussterben des älteren Allels führen, und das auch nur dann, wenn sowohl der heterozygote als auch der rezessive Phänotyp selektive Nachteile haben, wobei ein neu mutiertes Allel beim dominant-rezessiven Erbgang nur in einem Phänotyp überlebensfähig ist, und zwar entweder in seinem



rezessiven oder in seinem dominanten. Im andern Fall, d.h. ohne Selektion, würde sich ein neu mutiertes Allel gar nicht erst durchsetzen können, sonst würde die Entropie schlagartig zunehmen und die Entartung ließe sich nicht mehr begrenzen. Eine Neumutation, die einen selektiven Vorteil besitzt, hat daneben nur Aussicht, sich zu entfalten, wenn sie in einer zahlenmäßig kleinen Gruppe, nicht größer als eine Sippe, auftritt. In größeren Populationen haben Mutationen keine Chance, sich mittelfristig durchzusetzen.

Durch den dominant-rezessiven Erbgang einerseits und durch Selektion andererseits versucht die Natur, dem starken Entropieanstieg bei der Vererbung und damit der Entartung entgegenzuwirken, d.h. es ist ihr erklärtes Ziel, die Vermischung einzudämmen, so gut es eben geht. Dieses Ergebnis läßt sich in der Natur unzählige Male beobachten, z.B. bei der Rassenbildung, denn Rassen sind nichts anderes als das Ergebnis einer strengen Selektion über viele Generationen hinweg, wobei die Durchsetzung eines rezessiven Allels etliche Größenordnungen mehr an Zeit in Anspruch nimmt. Die Natur will also das Schlechte (durch Selektion) ausrotten und das Gute (im dominant-rezessiven Erbgang) bewahren. Ausrottung des Schlechten und Bewahrung des Guten sind beides Synonyme für Evolution. Hundertprozentige Selektion kann es allerdings nicht geben, sonst stünde Evolution nicht im Einklang mit dem Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik. Wenn man so will, kann man darin auch einen göttlichen Willen erblicken, denn die Natur selbst folgt keinem Willen, sie kann sich nur auf ihre eigenen Gesetze berufen.

Halten wir also fest:

- Vererbung führt durch Mutationen, egal ob positiv oder negativ, zu Entartung oder Art-Neuentstehung.
- Entartung entsteht, wenn aufgrund fehlenden Selektionsdrucks die Entropie unter den Nachkommen zunimmt, sei es, daß keine Selektion mehr stattfindet, oder durch Vermischung, welche die Entropie definitionsgemäß anhebt. Entartung wird durch Polymorphie begünstigt, durch Selektion hingegen gebremst. Auch findet Entartung niemals nur auf einem Gen statt, sondern immer in der Summe über viele Allele und auf viele Gene verteilt. Dabei ist eine geringe Standardabweichung vorteilhafter für das Überleben als eine große, weil dabei das ursprüngliche Erbgut besser gewahrt wird.
- Die Evolution begünstigt am Ende immer den Reinerbigen, sei es aufgrund natürlicher Selektion oder durch Mendelsche Vererbung, wobei der Mischerbige auf ein Minimum zurückgedrängt wird. Bastarde nehmen dabei hinsichtlich ihrer Frequenz soweit ab, bis eine Phänotypen-Gleichverteilung erreicht ist, oder sie sterben völlig aus.
- In einem System mit mehreren Genen können Vorteile des einen Gens nicht durch gravierende Nachteile eines anderen aufgewogen werden. Je geringer die Streuung, desto geringer ist auch die Entartung und desto besser stehen die Chancen, daß die Vorzüge in ihrer Gesamtheit die Nachteile kompensieren.
- Das Hardy-Weinberg-Gesetz postuliert die Konstanz der Allelfrequenzen und gilt nur in größeren Ensembles, falls keine Selektion vorliegt. Ohne erkennbaren Selektionsvorteil kann sich ein durch Mutation entstandenes Allel weder nach den Mendelschen Vererbungsregeln noch durch natürliche Auslese durchsetzen, es sei denn stochastisch durch genetische Drift oder züchterisch durch Domestikation.



- Pathologische Allele dünnen durch Vermischung aus, aber eben nur sehr langsam, wenn sie einen nur kleinen Selektionskoeffizienten besitzen. Das gilt nicht, wenn die Selektion erst nach Ablauf des fortpflanzungsfähigen Alters stattfindet.
- Wenn keine Selektion vorliegt, bleibt die Allelfrequenz normalerweise konstant. Phänotypen vererben sich im Unterschied zu den Allelen jedoch nicht nach dem Hardy-Weinberg-Gesetz, sondern gehorchen den Mendelschen Vererbungsregeln. Unabhängig, ob dominant-rezessiv oder intermediär, nehmen Entropie und Entartung bei der nichtselektiven Vererbung während der ersten paar Generationen zu, in den darauffolgenden bleibt die Entropie, wie vom Hardy-Weinberg-Gesetz gefordert, erhalten. Sämtliche Phänotypen streben, was ihre Entropie betrifft, im Grenzfall unendlich vieler Generationen einem Grenzwert zu, der in der Grundgesamtheit allerdings schon nach wenigen Generationen erreicht ist. Der intermediäre Erbgang entspricht dabei einem System mit drei Zuständen, der dominant-rezessive einem mit nur zweien. Der Genpool bleibt also beim dominant-rezessiven Erbgang vor einer zu starken Entropiezunahme verschont.
- Bei der selektiven Vererbung nimmt die Entropie stetig aber sicher ab, auch wenn sie möglicherweise zuvor noch ein Maximum durchschreitet. Bei gleichem Selektionskoeffizienten setzt sich das dominante Allel immer schneller durch als das rezessive.

Mensch sein bedeutet also eine bunte Mischung von Spezialisierungen. Evolution kann es allein schon deswegen nicht geben [2], weil andere Arten und abzweigende Lebensformen sich ebenfalls erhalten haben und keineswegs ausgestorben sind. Der Mensch hat sich nicht etwa als etwas „Besseres“ durchgesetzt, sondern existiert parallel zu anderen Arten als lediglich eine unter vielen. Es setzen sich also nicht die sogenannten Stärkeren durch, sondern die, die mit ihren Räubern oder ihrer Beute im Gleichgewicht leben. Zur Fortpflanzung gelangen verstärkt die, die ihre Geschlechtsgenossen eben gerade nicht selektiv auswählen, sondern sich nach dem Gesetz der größten Wahrscheinlichkeit wahllos mit jedem paaren, der sich dazu anbietet. Menschen, die im Leben auf den idealen Partner warten, der sich nur mit geringer Wahrscheinlichkeit einstellt, bleiben oft nicht nur alleine, sondern auch kinderlos. Ursache ist, daß sie augenscheinlich zu anspruchsvoll sind und daher nicht den Richtigen finden. Wer es hingegen schafft, aus der angebotenen Menge einen zwar nicht x -beliebigen, aber wenigstens halbwegs akzeptablen Partner auszuwählen, wer also über kleinere Schönheitsfehler und vernachlässigbare charakterliche Mängel großzügig hinwegzusehen bereit ist, hat am Ende schneller und häufiger einen Fortpflanzungserfolg als der, der »ewig prüft, eh' er sich bindet.« Natürlich trägt eine solch undifferenzierte Vorgehensweise bei der Fortpflanzung zur Entartung bei und entfernt sich weit von dem, was man unter Evolution versteht, die nach »göttlicher« Vollkommenheit strebt, aber eben nur ein unwahrscheinliches, singuläres Ereignis bleibt.

Literatur

- [1] William Shockley, Roger Pearson: *Shockley on Eugenics and Race: The Application of Science to the Solution of Human Problems*. Scott-Townsend Publishers, 1992
- [2] Richard Lynn: *Dysgenics: Genetic Deterioration in Modern Populations (Human Evolution, Behavior, and Intelligence)*. Praeger Publishers, 1996



Anhang

m	e_{ijkl}	$x_{0,m}$	$y_{0,m}$	$z_{0,m}$	$\Delta S_{0,m}$	$x_{1,m}$	$y_{1,m}$	$z_{1,m}$	$\Delta S_{1,m}$	$x_{2,m}$	$y_{2,m}$	$z_{2,m}$	$\Delta S_{2,m}$
1	e_{1111}	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
2	e_{1112}	0,5	0,5	0	0,693	0,5	0,5	0	0,693	0,542	0,417	0,042	0,829
3	e_{1121}	0,5	0,5	0	0,693	0,5	0,5	0	0,693	0,542	0,417	0,042	0,829
4	e_{1211}	0,5	0,5	0	0,693	0,5	0,5	0	0,693	0,542	0,417	0,042	0,829
5	e_{2111}	0,5	0,5	0	0,693	0,5	0,5	0	0,693	0,542	0,417	0,042	0,829
6	e_{1122}	0,5	0	0,5	0,693	0	1	0	0	0,25	0,5	0,25	1,040
7	e_{1212}	0	1	0	0	0,25	0,5	0,25	1,040	0,208	0,583	0,208	0,968
8	e_{1221}	0	1	0	0	0,25	0,5	0,25	1,040	0,208	0,583	0,208	0,968
9	e_{2112}	0	1	0	0	0,25	0,5	0,25	1,040	0,208	0,583	0,208	0,968
10	e_{2121}	0	1	0	0	0,25	0,5	0,25	1,040	0,208	0,583	0,208	0,968
11	e_{2211}	0,5	0	0,5	0,693	0	1	0	0	0,25	0,5	0,25	1,040
12	e_{1222}	0	0,5	0,5	0,693	0	0,5	0,5	0,693	0,042	0,417	0,542	0,829
13	e_{2122}	0	0,5	0,5	0,693	0	0,5	0,5	0,693	0,042	0,417	0,542	0,829
14	e_{2212}	0	0,5	0,5	0,693	0	0,5	0,5	0,693	0,042	0,417	0,542	0,829
15	e_{2221}	0	0,5	0,5	0,693	0	0,5	0,5	0,693	0,042	0,417	0,542	0,829
16	e_{2222}	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
$\langle \Delta S_n \rangle$					0,433				0,607				0,787

Tab. 1. Mischungsentropie des intermediären Erbgangs (0. bis 2. Generation)

m	e_{ijkl}	$x_{3,m}$	$y_{3,m}$	$z_{3,m}$	$\Delta S_{3,m}$	$x_{4,m}$	$y_{4,m}$	$z_{4,m}$	$\Delta S_{4,m}$	$x_{\infty,m}$	$y_{\infty,m}$	$z_{\infty,m}$	$\Delta S_{\infty,m}$
1	e_{1111}	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
2	e_{1112}	0,559	0,382	0,059	0,860	0,562	0,375	0,062	0,865	0,563	0,375	0,063	0,865
3	e_{1121}	0,559	0,382	0,059	0,860	0,562	0,375	0,062	0,865	0,563	0,375	0,063	0,865
4	e_{1211}	0,559	0,382	0,059	0,860	0,562	0,375	0,062	0,865	0,563	0,375	0,063	0,865
5	e_{2111}	0,559	0,382	0,059	0,860	0,562	0,375	0,062	0,865	0,563	0,375	0,063	0,865
6	e_{1122}	0,245	0,511	0,245	1,040	0,25	0,5	0,25	1,040	0,25	0,5	0,25	1,040
7	e_{1212}	0,245	0,509	0,245	1,033	0,25	0,5	0,25	1,040	0,25	0,5	0,25	1,040
8	e_{1221}	0,245	0,509	0,245	1,033	0,25	0,5	0,25	1,040	0,25	0,5	0,25	1,040
9	e_{2112}	0,245	0,509	0,245	1,033	0,25	0,5	0,25	1,040	0,25	0,5	0,25	1,040
10	e_{2121}	0,245	0,509	0,245	1,033	0,25	0,5	0,25	1,040	0,25	0,5	0,25	1,040
11	e_{2211}	0,245	0,511	0,245	1,040	0,25	0,5	0,25	1,040	0,25	0,5	0,25	1,040
12	e_{1222}	0,059	0,382	0,559	0,860	0,062	0,375	0,562	0,865	0,063	0,375	0,563	0,865
13	e_{2122}	0,059	0,382	0,559	0,860	0,062	0,375	0,562	0,865	0,063	0,375	0,563	0,865
14	e_{2212}	0,059	0,382	0,559	0,860	0,062	0,375	0,562	0,865	0,063	0,375	0,563	0,865
15	e_{2221}	0,059	0,382	0,559	0,860	0,062	0,375	0,562	0,865	0,063	0,375	0,563	0,865
16	e_{2222}	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
$\langle \Delta S_n \rangle$					0,817				0,822				0,822

Tab. 2. Entropieänderung des intermediären Erbgangs (3. bis 4. Generation)



m	e_{ijkl}	$x_{0,m}$	$y_{0,m}$	$\Delta S_{0,m}$	$x_{1,m}$	$y_{1,m}$	$\Delta S_{1,m}$	$x_{2,m}$	$y_{2,m}$	$\Delta S_{2,m}$
1	e_{1111}	1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	e_{1112}	1	0	0	1	0	0	0,958	0,042	0,173
3	e_{1121}	1	0	0	1	0	0	0,958	0,042	0,173
4	e_{1211}	1	0	0	1	0	0	0,958	0,042	0,173
5	e_{2111}	1	0	0	1	0	0	0,958	0,042	0,173
6	e_{1122}	0,5	0,5	0,693	1	0	0	0,75	0,25	0,562
7	e_{1212}	1	0	0	0,75	0,25	0,562	0,792	0,28	0,512
8	e_{1221}	1	0	0	0,75	0,25	0,562	0,792	0,208	0,512
9	e_{2112}	1	0	0	0,75	0,25	0,562	0,792	0,208	0,512
10	e_{2121}	1	0	0	0,75	0,25	0,562	0,792	0,208	0,512
11	e_{2211}	0,5	0,5	0,693	1	0	0	0,75	0,25	0,562
12	e_{1222}	0,5	0,5	0,693	0,5	0,5	0,693	0,458	0,542	0,690
13	e_{2122}	0,5	0,5	0,693	0,5	0,5	0,693	0,458	0,542	0,690
14	e_{2212}	0,5	0,5	0,693	0,5	0,5	0,693	0,458	0,542	0,690
15	e_{2221}	0,5	0,5	0,693	0,5	0,5	0,693	0,458	0,542	0,690
16	e_{2222}	0	1	0	0	1	0	0	1	0
$\langle \Delta S_n \rangle$				0,260			0,314			0,414

Tab. 3. Mischungsentropie des dominant-rezessiven Erbgangs (0. bis 2. Generation)

m	e_{ijkl}	$x_{3,m}$	$y_{3,m}$	$\Delta S_{3,m}$	$x_{4,m}$	$y_{4,m}$	$\Delta S_{4,m}$	$x_{\infty,m}$	$y_{\infty,m}$	$\Delta S_{\infty,m}$
1	e_{1111}	1	0	0	1	0	0	1	0	0
2	e_{1112}	0,941	0,059	0,224	0,938	0,062	0,234	0,938	0,063	0,234
3	e_{1121}	0,941	0,059	0,224	0,938	0,062	0,234	0,938	0,063	0,234
4	e_{1211}	0,941	0,059	0,224	0,938	0,062	0,234	0,938	0,063	0,234
5	e_{2111}	0,941	0,059	0,224	0,938	0,062	0,234	0,938	0,063	0,234
6	e_{1122}	0,755	0,245	0,556	0,75	0,25	0,562	0,75	0,25	0,234
7	e_{1212}	0,755	0,245	0,557	0,75	0,25	0,562	0,75	0,25	0,562
8	e_{1221}	0,755	0,245	0,557	0,75	0,25	0,562	0,75	0,25	0,562
9	e_{2112}	0,755	0,245	0,557	0,75	0,25	0,562	0,75	0,25	0,562
10	e_{1222}	0,755	0,245	0,557	0,75	0,25	0,562	0,75	0,25	0,562
11	e_{2211}	0,755	0,245	0,556	0,75	0,25	0,562	0,75	0,25	0,562
12	e_{1222}	0,441	0,559	0,686	0,438	0,562	0,685	0,438	0,563	0,685
13	e_{2122}	0,441	0,559	0,686	0,438	0,562	0,685	0,438	0,563	0,685
14	e_{2212}	0,441	0,559	0,686	0,438	0,562	0,685	0,438	0,563	0,685
15	e_{2221}	0,441	0,559	0,686	0,438	0,562	0,685	0,438	0,563	0,685
16	e_{2222}	0	1	0	0	1	0	0	1	0
$\langle \Delta S_n \rangle$				0,436			0,441			0,441

Tab. 4. Mischungsentropie des dominant-rezessiven Erbgangs (3. und 4. Generation)