

**Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

**Die Universität Heidelberg ihren Studenten im Feld**

**Bauer, Johannes**

**Heidelberg, 1916**

Georg Klebs: Über Veränderlichkeit und Erblichkeit

**urn:nbn:de:bsz:31-34543**

# Über Veränderlichkeit und Erbllichkeit.

Von

Georg Klebs.

In dem gewaltigen Ringen dieses Weltkrieges sind auf jeder Seite Völker vereint, die in grösstem Gegensatz zu einander stehen, während sie mit sehr viel näher verwandten Völkern auf der feindlichen Seite kämpfen müssen. Alles was sonst die Einzelnen wie die Volksmassen scharf trennt oder innig verbindet, verschwindet in seiner Bedeutung. Gleichgültig erscheinen die wesentlichen Rassemerkmale materieller wie geistiger Art; gleichgültig das kirchliche Bekenatnis, die Staatsform und die Höhe wie Weite der gesamten Kultur.

Wenn man sich für Augenblicke von dem eigenen leidenschaftlichen Miterleben an den Ereignissen dieser Zeit, an dem Wohl und Wehe seines Staates ablöst und sich in die kühle, klare Höhenluft einer objektiven Betrachtung erhebt, fern von aller ethischen Bewertung, da meint man, in diesen gegeneinanderwogenden und sich vernichtenden Massen doch etwas Gemeinsames zu erkennen, das tief in der ursprünglichen Natur jedes Organismus verankert erscheint. Jedes lebende Wesen, ob Pflanze, Tier oder Mensch steht ebenso sehr in einem notwendigen Zusammenhang wie in einem notwendigen Gegensatz zu seiner Umwelt, die die Gesamtheit aller äusseren Einwirkungen von Klima, Boden, von gleichartigen oder fremden Organismen umschliesst. Für den Menschen umfasst der Begriff zugleich die Gesamtheit aller geistigen Einflüsse, die, durch andere Menschen vermittelt, auf ihn einströmen.

Wir kennen nicht die letzten Gründe, auf denen das Leben beruht, wir wissen aber, dass jedes lebende Wesen, gleich welcher Art ob Bakterie oder Mensch, bestrebt ist, Bestandteile der Umwelt an sich zu reissen und dadurch gestärkt, sich immer weiter zu entfalten. Bei Pflanzen wie Tieren beobachten wir die verwickeltsten, oft raffiniertesten Einrichtungen, um diesem Streben nach Ausdehnung zu dienen, vor allem bei der Bildung und der Ausbreitung der zur Fortpflanzung bestimmten Keime. Das

einzelne Individuum erscheint uns als eine flüchtige, rasch vergängliche Durchgangsstufe für die Erhaltung und Ausdehnung des Arttypus. So wurzelt in jedem Organismus der ruhelose Trieb, seine Umwelt in möglichst hohem Grade auszunutzen, so führt notwendig dieses Streben zu einem beständigen Kampf mit eben dieser Umwelt.

Der Mensch spürt in sich den ganz ursprünglichen Lebenstrieb, als den Willen, sich selbst zu behaupten und zu entfalten selbst unter dem oft erdrückenden Einfluss seiner nächsten oder ferneren Umgebung, sei es in der Familie, Schule, Kirche usw. In unaufhörlichem Wechsel des Ergreifens der Dinge ausserhalb und des Sichschützens vor ihrer Gewalt spielt sich das Leben des Einzelnen ab. In jeder sozialen Gemeinschaft, in politischen und kirchlichen Organisationen steigert sich der Lebenswille in dem Streben nach Macht und Herrschaft, auf Kosten anderer Gemeinschaften. Ein solcher Gesamtwille erreicht seine stärkste Ausprägung in den modernen Staaten, die die verschiedenartigsten Elemente zu einer Einheit zu verschmelzen suchen, um darauf gestützt, sich Raum und Macht zur höchsten Entfaltung zu schaffen und die dabei mit anderen Staaten, die das gleiche Recht in Anspruch nehmen, zusammenstossen.

Der Grundgedanke liegt eingeschlossen in dem berühmten Ausdruck Darwins „Kampf ums Dasein“, wenn man nur den Begriff in seiner ganzen Weite und Tiefe erfasst und die besondere Bedeutung etwas bei Seite schiebt, die Darwin diesem Begriffe für die Umbildung der Arten zugeschrieben hat. Die moderne Wissenschaft, besonders die Botanik, kann nicht mehr der Auslese (Selektion) durch den Kampf um's Dasein eine solche entscheidende Rolle beilegen. Aber der Kampf mit der Umwelt, die einerseits alles liefert, was das Leben möglich macht, andererseits seinem Weitergreifen stets Schranken setzt, bleibt als Erscheinung von allgemeinsten Art bestehen.

Alle Ereignisse der Erdgeschichte, bei denen Organismen beteiligt sind, ebenso alle Ereignisse des winzigen Zeitabschnitts, den wir Weltgeschichte nennen, führen immer wieder zu dem zentralen, in sich unendlich mannigfaltigen Problem, von dem Verhältnis der Organismen zu ihrer Umwelt. Es erscheint vielleicht von Interesse, von dem heutigen Standpunkt der Wissenschaft dieses verwickelte Problem an dem Beispiele der Veränderlichkeit und Erblichkeit zu behandeln. Nur eine flüchtige Übersicht kann hier gegeben werden, sie soll mehr der Klärung als der Erklärung dienen.

Die Ideen Darwin's über die Artumbildung (Hauptwerk *Origin of Species* 1859) hatten in raschem Siegeszuge die Gelehrten überwältigt und waren in die weitesten Kreise eingedrungen. Mancher wurde dadurch in eine Art Rausch versetzt, in dem die dunkelsten Probleme auf einmal wie gelöst erschienen. Aber allmählich sah man ein, dass die Voraussetzungen Darwin's: die Veränderlichkeit der Arten, die Vererbung der Ver-

änderungen doch in erster Linie vorher geprüft werden müssten. Statt kühner Spekulationen über Stammbäume strebte man dahin, das wichtigste Mittel der Naturforschung, das Experiment, methodisch auf die Frage anzuwenden. Neue Wissenszweige entstanden, vor allem die Entwicklungs-Physiologie (Entwicklungsmechanik Roux), die die Ursachen der Formgestaltung und ihrer Veränderungen untersuchte und die Erblichkeitsforschung, die die Vorgänge der Vererbung zu erkennen strebte. Dieser zweite Zweig hat sich in den letzten Jahrzehnten besonders rasch entwickelt.

Die moderne Erblichkeitslehre ist auf botanischem Gebiete begründet worden durch eine kleine Arbeit des Augustinerabtes Gregor Mendel (1865), die in ihrem Werte nicht eher erkannt wurde, bis H. de Vries, Correns und Tschermak unabhängig von einander (1900) die Ergebnisse der Mendel'schen Arbeit bestätigten und zur allgemeinen Anerkennung brachten. Seit der Zeit haben zahlreiche Gelehrte, Botaniker und Zoologen in Östreich, Deutschland, England, Amerika, Frankreich, Holland, Dänemark, Schweden zu der reichen Entfaltung dieses Wissenszweiges beigetragen — ein leuchtendes Beispiel für das harmonische und erfolgreiche Zusammenarbeiten der verschiedenen Nationen.

Wohl hat der Weltkrieg mit allen seinen Umwälzungen, die neben vielem Grossen und Erhabenen auch manches Kleinliche und Niedrige erweckt haben, manchen Gelehrtenkopf in Verwirrung gebracht. Der friedliche Wetteifer ist zu einem stürmischen Kampfe geworden. Englische und französische Gelehrte haben darin geschwelgt, die deutsche Wissenschaft herabzusetzen, um sich und ihre Freunde in eitler Selbstgefälligkeit zu rühmen. Auch einige deutsche Gelehrte haben in der ersten Zeit leidenschaftlicher Erregung neben der nationalen Würde auch die nationale Beschränktheit verteidigt. Aber das alles wird und muss später verschwinden, das allgemein Menschliche muss sich wieder regen dürfen, und gerade der Wissenschaft wird die hohe Aufgabe zufallen, die zerrissenen Bande zwischen den Nationen wieder zu verknüpfen, und das Gefühl gegenseitiger Hochachtung und enger Zusammengehörigkeit neu aufleben zu lassen. Vielleicht wird sogar Mancher, der jetzt noch mitten im Kriege steht, sich gern für Augenblicke dem milden versöhnenden Geiste reiner Wissenschaft hingeben.

#### 1. Über die Veränderlichkeit von Pflanze und Tier.

Die Veränderlichkeit (Variabilität) ist ein vieldeutiger und in sehr verschiedenem Sinne verwendeter Begriff. Man wird am ehesten zu einer schärferen Fassung kommen, wenn man von dem relativ einfachsten Fall ausgeht. Ich nehme von einem Pilz eine einzige Zelle oder von einer Blütenpflanze ein kurzes, aber wachstumsfähiges Stück,

(einen Steckling, wie der Gärtner sagt) und gewinne durch vegetative Vermehrung ein grosses Material von Nachkommen, die infolge ihrer Herkunft die grösste innere Gleichartigkeit besitzen, die überhaupt möglich ist. Jetzt versuche ich, in welchem Grade alle die sichtbaren Eigenschaften die „Merkmale“, z. B. Blütenfarbe, Blattform, von den Bedingungen der Umwelt wie Boden, Luft, Licht, Wärme, Feuchtigkeit usw. abhängen.

Die Versuche erweisen die Veränderlichkeit jedes Merkmales nicht bloss der leicht zu beobachtenden Dimensionen und Formen der Stengel, Blätter, Wurzeln, sondern auch die Veränderungen der relativ festen Merkmale, wie den Bau der Blüten, und selbst des Entwicklungsganges, der in der anscheinend notwendigen Aufeinanderfolge verschiedenartiger Vorgänge besteht. Die Pflanze pflegt erst eine Zeit lang zu wachsen und zwar bei den Blütengewächsen in der seit Goethe bekannten Aufeinanderfolge verschiedener Blattformen, die beim Übergang zur Blüte sich in die verschiedenen Teile — Kelch — Blumen — Staub — und Fruchtblätter differenzieren. Niedere Pflanzen wie besonders Pilze zeigen ganz verschiedenartige Fortpflanzungsformen, die man nach Belieben wechseln kann. Solche Pilze sterben ebenso wie zahlreiche höhere Pflanzen, die zu den ein- oder zweijährigen gehören, nach der Fruchtreife ab. Auch dieses ist unter dem Einfluss der äusseren Bedingungen veränderlich. Solche Organismen mit an und für sich begrenzter Lebensdauer, gleich ob Pilz oder Blütenpflanze, können künstlich zu einem beständigen, wahrscheinlich unbegrenzten Wachstum gebracht werden. Das Leben fliesst dann in endlosem Strome dahin, ohne jeden Wechsel der Entwicklung. Man kann aber jederzeit den Strom eindämmen und die verschiedenen Stufen der Entwicklung hervorrufen.

Wohl herrschen auch heute in der Wissenschaft grosse Meinungsverschiedenheiten, ob so weitgehende Änderungen bei allen Vorgängen aller Pflanzen erreichbar sind. Man weist mit besonderem Nachdruck auf das Verhalten unserer Waldbäume, wie der Buche hin, die zur Winterszeit ruhen; diese Ruhe soll unabhängig von der Aussenwelt in der inneren Natur der Pflanze (erblichen Struktur s. später) begründet sein. Aber es gelang, den Bann zu brechen und solche Pflanzen den ganzen Winter wachsen zu lassen.

Die bisher erreichten Ergebnisse erregen die begründete Hoffnung, eine Pflanze in ihrem Verhältnis zur Umwelt so genau kennen zu lernen, dass der Physiologe so völlig ihre Natur beherrscht, wie der Chemiker die Natur eines toten Körpers, z. B. des Schwefels. Dieses Element erscheint in zahlreichen Formen: als rhombischer oder monokliner, als zäher oder pulveriger, als flüssiger und gasförmiger Schwefel, je nach den äusseren Bedingungen, die der Chemiker anwendet.

Aus den Tatsachen der Variation ergeben sich einige wichtige Folgerungen. In einer bestimmten Umgebung erscheint eine Pflanzenart in einer bestimmten Formausbildung, die die notwendige Folge des Verhältnisses zu den Bedingungen der Umwelt ist. In der freien Natur, wie auch im Garten, finden wir bei den vegetativ vermehrten Individuen, wie auch bei den geschlechtlich erzeugten der gleichen Art, stets gewisse Unterschiede in der Grösse und der Form der Organe. Kein Individuum gleicht absolut dem anderen, vielmehr treten individuelle Variationen auf, die innerhalb gewisser Grenzen „fluktuieren“ und die seit den Arbeiten von Quetelet sorgfältig gemessen und mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung näher bestimmt werden. Bei grossen Zahlen, z. B. von Messungen der Längen von Stengeln und Blättern oder der Zahlen von Blütenteilen ordnen sich die Variationen um einen mittleren, am häufigsten vorkommenden Wert (Mediane), von dem die stärkeren Abweichungen (Plusvarianten) einerseits, die schwächeren Abweichungen (Minus-Varianten) andererseits in abnehmender Häufigkeit abfallen. In einfachen Fällen kann man die Zahlen in einer symmetrischen Gauss'schen Kurve darstellen.

Früher hat man wohl in der Freude über die neue mathematische Formulierung von Gesetzen gesprochen, die die Variabilität beherrschen. Aber solche statistisch festgestellten Tatsachen sind keine Gesetze, erfordern vielmehr selbst eine Erklärung. Das Gesetzmässige, was den Vorgängen einer solchen Variation zu Grunde liegt, ergibt sich in den einfacheren Fällen aus der vorhin besprochenen Abhängigkeit aller Merkmale von der Aussenwelt. Denn in der freien Natur, wie im Garten sind die Bedingungen durchaus nicht konstant; die Verhältnisse des Bodens, des Wassers, des Lichtes usw. schwanken selbst um einen mittleren Wert mit grösster Häufigkeit und zeigen Abweichungen nach Plus und Minus mit abnehmender Häufigkeit. Die Quetelet'schen Kurven geben uns geradezu einen wichtigen Anhaltspunkt zur Beurteilung, in welchem Umfange und welchem Grade die äusseren Bedingungen geschwankt haben. Der Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung ergibt sich aus der Tatsache, dass man bei einer Pflanze je nach den äusseren Bedingungen die allerverschiedensten Kurven der Variationen erhalten kann. Das ideale, praktisch schwer zu erreichende Ziel ist, die Schwankungen auf das geringste Mass herabzusetzen, so dass das Merkmal genau einem bestimmten Bedingungskomplex der Aussenwelt entspricht.

Die experimentellen Studien über Veränderungen der Pflanzen eröffnen uns einen Ausblick noch in einer anderen Richtung. Die Gestaltung, in der eine Pflanzenart in der freien Natur beobachtet wurde, erschien früher selbstverständlich als Ausdruck des eigentlichen Wesens der Art. Die Versuche lehren uns unzweideutig, dass nur ein

Teil dieses inneren Wesens in der freien Natur offenbar wird. In einer Pflanze schlummern zahlreiche Fähigkeiten, in anderen Formen zu erscheinen, die nur dann hervortreten, wenn man die dafür geeigneten Bedingungen auf sie wirken lässt. Man ruft bei solchen Versuchen Merkmale hervor, die weit hinausgehen über den gewöhnlichen Arttypus, die sich wieder finden als charakteristische Merkmale anderer Arten. Sehr wahrscheinlich werden in jeder einzelnen Pflanze die Fähigkeiten zur Entfaltung der meisten im engeren Verwandtschaftskreis beobachteten Merkmale stecken. Dazu kommen Fähigkeiten, die der ganzen umfassenden Gruppe der Blütenpflanzen gemeinsam sind, wie die merkwürdigen Umbildungen der Blütenorgane z. B. die Umwandlung der Staubblätter in Blumenblätter und ähnliche Erscheinungen, die man bei normal blühenden Individuen experimentell hervorrufen kann.

Doch in Jedem wird die Frage auftauchen, ob es denn nicht eine Grenze für die Variationsfähigkeit gibt. Rein empirisch sind solche Grenzen durch den augenblicklichen Stand unseres Wissens gegeben, sie werden mit den Fortschritten der Forschung weiter hinausgeschoben, ohne dass man sagen darf, wie weit. Theoretisch muss es Grenzen geben; wir werden es einsehen, wenn wir uns die Frage vorlegen, was denn eigentlich in der Pflanze variiert.

Es liegt in der Organisation unseres Geistes begründet, dass wir alles Veränderliche auf ein Beharrliches beziehen, das gleichsam das innere Wesen des Dinges darstellt. Hier steckt der uralte philosophische Begriff der „Substanz“, der nach Kant zu den die Erfahrung erst möglich machenden, reinen Verstandesbegriffen, den Kategorien, gehört. Diese Idee der Substanz liegt in der Voraussetzung, dass sich auch in der so veränderlichen Pflanze etwas Konstantes findet. Da dieses innere Wesen der Pflanze völlig unbekannt ist, suchen wir wenigstens vorläufig einen anschaulichen Begriff durch eine Analogie zu gewinnen. In dem früher genannten Schwefel, der in ganz verschiedenen Formen erscheint, nehmen wir auch eine konstante Struktur an, die auf der Zahl, Anordnung und Beschaffenheit der Atome beruht. An dieser Struktur hängen die Fähigkeiten (Potenzen), unter bestimmten Bedingungen in einer bestimmten Form zu erscheinen. Das chemische Zeichen S ist das Symbol für die vorausgesetzte konstante Struktur, die wir niemals als solche in Händen haben, sondern immer nur in einer der jeweiligen Umgebung entsprechenden Gestalt. Wir nehmen auch in jeder Pflanze eine solche konstante unsichtbare Struktur an, die ausserordentlich viel verwickelter als die des Schwefels ist und die vor allem auch das Rätsel des lebendigen Zustandes in sich birgt.

So fernliegend und unberechtigt eine solche Analogie zwischen einem Stück Schwefel und einem lebenden Wesen erscheinen mag, in einem entscheidenden Punkte

führt sie zu einer Auffassung, die durch die Erfahrung in vielen Fällen bestätigt wird und immer von neuem geprüft werden kann. Diese Auffassung gründet sich auf die weitgehende Übereinstimmung in dem Verhältnis der Struktur zur Umwelt. In beiden Fällen ist jedes sichtbare Merkmal die notwendige Folge der Einwirkung einer bestimmten Umgebung auf die innere Struktur, so dass die an ihr haftende, entsprechende Potenz verwirklicht wird. Wir haben bereits bei den Pflanzen eine Menge Tatsachen kennen gelernt, die diese Abhängigkeit der Merkmale von bestimmten Bedingungen der Umwelt beweisen. In der Struktur einer Pflanze müssen, wie vorhin bemerkt, entsprechend ihrem verwickelten Bau eine Unsumme von Potenzen stecken, die zu verwirklichen durch Auffindung der geeigneten Bedingungen gerade die Aufgabe der Entwicklungsphysiologie ist.

Das physiologische Verständnis des Verhältnisses von Pflanze und Umwelt ist allerdings mit sehr grossen Schwierigkeiten verknüpft und macht nur sehr langsame Fortschritte. Beim Schwefel wirken die äusseren Bedingungen direkt ein, sie lassen sich genau nach Mass und Zahl bestimmen. Bei einer Pflanze, selbst einer einfachen Pilz- zelle, wirken die äusseren Bedingungen niemals direkt ein. Die Entfaltung irgend eines Vorganges z. B. die Teilung der Zelle oder die Bildung ihrer Form, hängt zunächst von den inneren Bedingungen ab d. h. von den gerade vorhandenen chemisch-physikalischen Verhältnissen, der Qualität und Quantität der Nährstoffe, dem Wassergehalt, der Temperatur usw. Es wäre ganz ausgeschlossen, in dieses verwickelte Getriebe einen Einblick zu bekommen, wenn nicht diese inneren Bedingungen veränderlich wären und zwar in ihrer Quantität und Qualität von den äusseren Bedingungen der Umwelt abhängen würden. Durch diesen tatsächlichen Zusammenhang wird der Weg geöffnet, den inneren Zustand der Zellen, damit auch den einer höheren Pflanze zu ändern und experimentell die in der Struktur liegenden Potenzen zur Verwirklichung zu bringen. Die Umwelt wirkt also ganz indirekt und auf verborgenen Wegen auf die innere Struktur der Pflanze ein, aber das Prinzip der notwendigen Abhängigkeit bleibt bestehen.

Diese Struktur muss für jede Pflanzenart einen charakteristischen Bau haben, der in irgend welchen Punkten verschieden ist von dem Bau einer anderen Pflanzenart. Wir unterscheiden zwei Pflanzenarten, wenn sie unter gleichen äusseren Umständen konstant verschiedene Merkmale besitzen. Deshalb können wir sagen, jede Pflanze besitzt eine spezifische Struktur, die innerhalb weiter Grenzen als konstant voraussetzen ist. Dieser Begriff führt uns zu dem Problem der Erbllichkeit.

Wenn ich von einer Pflanze, z. B. einer Kartoffelpflanze eine Knolle oder von einer Nelke einen Steckling nehme und wachsen lasse, kann ich mit Sicherheit voraus-

sagen, dass das neue Individuum die gleichen Eigenschaften wie die Mutter besitzt. Mit den wachstumsfähigen Zellen des Nelkenstückes wird die gleiche spezifische Struktur übertragen. Diese Struktur ist daher zugleich der Träger aller erblichen Eigenschaften, in diesem Sinne ist sie die erbliche Struktur (oder Erbsubstanz). Bei der vegetativen Vermehrung bietet im allgemeinen die Übertragung aller erblichen Eigenschaften auf die Nachkommen keine theoretische Schwierigkeit; praktisch ist die vegetative Vermehrung das beste Mittel einer konstanten Vererbung.

Viel wichtiger und allgemeiner ist aber die Vermehrung durch den Geschlechtsprozess, bei welchem zwei Zellen, die männliche und weibliche sich vereinigen, um die Urzelle des neuen Individuums zu bilden. Als Ausgangspunkt nehmen wir wieder den einfachsten und klarsten Fall. Wir benutzen Pflanzen mit Zwitterblüten, d. h. solchen, in denen die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane, die Staub- und Fruchtblätter vereinigt sind. Wir wählen solche Pflanzen, wie die Bohne, den Tabak, die erfahrungsgemäss bei der strengsten Inzucht durch Selbstbefruchtung entwickelungsfähige Samen liefern. Beobachten wir in solchem Falle, dass mehrere Generationen hindurch die Nachkommen eines Individuums unter den gleichen Umständen die gleichen Merkmale ausbilden, so haben wir einen Stamm von gleicher erblicher Struktur, eine reine Linie (Johannsen).

Die Linne'sche Art ist ein Kollektivbegriff; sie umschliesst oft sehr zahlreiche Varietäten und Untervarietäten, ja eine sehr grosse Menge von solchen Linien. Jede reine Linie überträgt, nach den Versuchen von Johannsen u. a. die für sie charakteristischen, oft kleinen quantitativen Unterschiede, sodass zwei dadurch allein geschiedene Linien der Bohne unter den gleichen Bedingungen immer wieder die Unterschiede aufweisen. In den beiden Geschlechtszellen einer reinen Linie findet sich die gleiche Erbsubstanz gleichsam in konzentriertem Zustande. Die Vermischung bei dem Geschlechtsprozess ändert dabei nichts wesentliches, wenn auch kleine Unterschiede in den inneren Bedingungen der beiden Zellen das Vorkommen individuell verschiedener Nachkommen befördern können.

Die erbliche Struktur ist nach den früheren Erörterungen der Träger der Veränderlichkeit; je nach den mannigfaltigen Bedingungen der Umwelt kommen die an ihr haftenden Potenzen zur Verwirklichung und führen zu dem Reichtum der Formen an einer Pflanze. Die erbliche Struktur ist zugleich der Träger der Erblichkeit, weil sie eine Konstanz besitzt und bei Selbstbefruchtung einer reinen Linie immer wieder auf die Nachkommen übertragen wird, so dass unter gleichen äusseren Bedingungen die gleichen Merkmale auftreten. Vererbt wird also im wesentlichen die Struktur mit ihren

Potenzen, nicht aber eine durch die Aussenwelt verwirklichte Form. Wenn eine blau blühende Glockenblume im warmen Gewächshaus weisse Blüten hervorbringt, so bilden die Nachkommen von ihr unter den Bedingungen des Gartens wieder blaue Blüten; wenn ein Tabak bei kärglichster Ernährung nur eine Höhe von 10 cm erreicht, so werden die Nachkommen in gut gedüngtem Boden die dieser Ernährung entsprechende Grösse von 1 Meter erlangen.

Diese Voraussetzung einer konstanten erblichen Struktur kann aber nicht allgemein richtig sein. Denn in der freien Natur, besonders deutlich aber in der Kultur sind aus einer Stammform zahlreiche neue Formen entstanden, jede mit ihrer eigenen erblichen Struktur; man braucht nur an die Fülle der Blumenvarietäten unserer Gärten zu denken. Es erhebt sich hier das Problem von grösster Bedeutung: wie kann eine Aenderung der erblichen Struktur eintreten, durch die neue, nun ihrerseits konstante Formen erscheinen. Wir kennen heute zwei Wege, die dazu führen: die Entstehung durch Mutation und durch Bastardierung.

Bevor wir darauf eingehen, müssen wir noch einen Blick auf die Veränderlichkeit der Tiere werfen. Bei niederen Tieren, Infusorien, aber auch bei viel höher differenzierten Wasserkrebsen kann man bei den Untersuchungen von einem relativ reinen Material ausgehen, während bei den nur geschlechtlich sich fortpflanzenden Tieren die Trennung der Geschlechter und ihre meist nicht näher bekannte Abstammung die Ergebnisse mehrdeutig machen.

Vor allem zeichnet sich das Tier gegenüber der Pflanze durch eine viel engere Verknüpfung aller Teile und eine viel grössere Unabhängigkeit von der Umwelt aus. Die schärfste Ausbildung dieser Unabhängigkeit findet sich bei den höchsten Tieren, Vögeln und Säugern, die eine gleichmässig temperierte Innenwelt besitzen. Die äusseren Einflüsse wirken daher noch viel indirekter ein und sind noch schwieriger zu verfolgen als bei den Pflanzen. Trotz alledem strömen durch die neuen Arbeiten der Zoologen von allen Seiten Tatsachen zu dem Ergebnis zusammen, dass die Ausbildung eines Tieres von der Umwelt in hohem Grade abhängt. Nur wenige Andeutungen müssen hier genügen.

Der Einfluss der Ernährung auf die Grössenverhältnisse ist bei den verschiedenartigsten Tieren bekannt. Bei den Kaulquappen hat man nachgewiesen, dass der Darm bei Fleischnahrung etwa 4mal länger wird als bei Pflanzennahrung. Die chemische Änderung der Umgebung z. B. des Meerwassers ruft bei Seeigeln und anderen Tieren Umgestaltungen des Körpers hervor, wie Herbst, Loeb u. a. nachgewiesen haben. Sehr viel untersucht ist der Einfluss von Wärme und Kälte auf die Färbung und Farbenzeichnung von Schmetterlingen und Käfern. Besonders auffallend sind die

Farbenänderungen bei Raupen, z. B. des Kohlweisslings, die in Kästen mit dunklen Wänden sich dunkel färben, in solchen mit weissen, fast weiss werden, die auf rotem, gelbem, grünem Papier verschiedene Farben annehmen. Auch für den Feuersalamander hat Kammerer nachgewiesen, dass er auf gelblichem Lehm Boden mehr gelb, auf dunklem Humusboden mehr schwarz wird. Je besser man die Lebensverhältnisse der Tiere wird erforschen und praktisch beherrschen können, um so sicherer und in um so grösserem Umfang wird man die verschiedensten Merkmale in ihrer Abhängigkeit von der Umwelt erkennen.

## 2. Die Mutationen.

Durch das bahnbrechende Werk von H. de Vries ist die Entstehung neuer Pflanzenformen in den Vordergrund des Interesses gerückt. Wenn bei der Nachkommenschaft einer reinen Linie z. B. einer blau blühenden Glockenblume ein Individuum erscheint, das in einem oder in mehreren Merkmalen von allen Geschwistern sich unterscheidet, z. B. weisse Blüten trägt, und wenn bei Selbstbefruchtung die Nachkommen dieses Individuums den gleichen Charakter unter den gleichen äusseren Umständen Generationen hindurch aufweisen, spricht man von einer Mutation. Solche sind beim Hafer und Weizen von Nilsson-Ehle, bei dem Löwenmaul von Baur sicher nachgewiesen worden. Man wendet mit gewissem Recht auch den Ausdruck dann an, wenn man die Herkunft nicht so genau kennt. Am deutlichsten tritt eine solche Mutation hervor, wenn sie plötzlich, gleichsam auf einen einzigen Sprung mit einer auffallenden Änderung erscheint. Aber es ist höchstwahrscheinlich, dass auch kleine Aenderungen, z. B. quantitativer Art, Merkmale reiner Mutationen sein können. Ein berühmtes Beispiel der Mutation ist bei dem gemeinen Schöllkraut (*Chelidonium majus*) beobachtet worden. Im Jahre 1590 trat in dem Heidelberger Garten des Apothekers Sprenger plötzlich eine Abart mit starken geteilten Blättern und geschlitzten Blumenblättern auf (*Chelidonium laciniatum*). Diese neue Art hat sich seit der Zeit als völlig konstant erwiesen. Solche Mutationen können auch an mehreren Stellen unabhängig von einander erscheinen; so ist die Blutbuche an 3 Standorten im Kanton Zürich, in Thüringen und in Südtirol entstanden. Zahlreiche Gartenformen, wie die weiss blühenden, die gefüllt blühenden, die schlitzblättrigen, gelb und weiss gefleckten Varietäten sind höchstwahrscheinlich als solche Mutationen entstanden. Es gibt auch Fälle, wo an einer Pflanze ein einzelner Zweig den neuen Charakter erhält und seinen Nachkommen überträgt (sog. Knospenmutationen).

Bei den Tieren ist der Nachweis der Mutationen meist schwieriger zu erbringen, weil bei ihnen der Einfluss der Bastardierung nicht immer ausgeschlossen ist. Indessen

ist es sehr wahrscheinlich, dass die Farbvarietäten wie die schwarzen Eichhörnchen, die schwarzen Schnecken, die Albinos bei Vögeln und anderen Tieren, die horn- und schwanzlosen Varietäten aus solchen Mutationen hervorgegangen sind.

Bei der Mehrzahl der bis jetzt bekannten Mutationen fällt es auf, dass die neue Varietät von der Stammform nur durch ein oder wenige Merkmale unterschieden ist, während die in der freien Natur entstandenen Varietäten meist durch zahlreiche Verschiedenheiten ausgezeichnet sind. Nur de Vries hat solche Mutationen bei seiner *Oenothera Lamarckiana* beobachtet, und diese neuen elementaren Arten, wie de Vries sie nennt, waren die wesentlichsten Stützen seiner Theorie. Gerade diese Fundamente sucht man neuerdings zu erschüttern, indem man sich bemüht, nachzuweisen, dass ein grosser Teil der *Oenothera* Mutationen die Folgen komplizierter Bastardspaltung seien.

Die Frage, in welchem Umfange Mutationen in der freien Natur entstehen, in welchem Grade sie an der Umbildung der Arten teilgenommen haben und noch teilnehmen, lässt sich heute nicht entscheiden. Das Auftreten der Mutationen ist sicherlich von höchstem wissenschaftlichem Interesse; sie liefern den unmittelbaren Beweis, dass die sonst so konstante erbliche Struktur verändert werden kann. Der Naturforscher wird nie anerkennen, dass eine solche Veränderung von selbst durch rein innere Vorgänge eintreten könne. Er wird von der Voraussetzung ausgehen, dass besondere Änderungen der Umwelt dahin geführt haben und wird versuchen, Mutationen experimentell herbeizuführen. Das hier berührte Problem fällt mit der viel besprochenen Frage nach der Vererbung erworbener Eigenschaften zusammen.

Für die Darwin'sche Theorie war es eine wesentliche Voraussetzung, dass die durch die Umwelt bewirkten Veränderungen auf die Nachkommen übertragen werden. Zuerst hat Naegeli auf botanischem Gebiete den Mangel jedes Nachweises bei Darwin betont und dargelegt, dass die gewöhnlichen, durch die Aussenwelt veranlassten Veränderungen nicht erblich sind, was mit den modernen Erfahrungen durchaus übereinstimmt. Besonderes Aufsehen erregten auf zoologischem Gebiete die Arbeiten von Weissmann, der die Vererbung erworbener Eigenschaften schroff leugnete und die dafür angeführten Gründe kritisch zerpfückte. Mag man bei Mäusen oder Katzen zahllose Generationen hindurch den Schwanz abschneiden, so werden die Nachkommen doch ihren Schwanz ausbilden. Die seit Jahrhunderten durchgeführte Beschneidung bei den semitischen Völkern, hat niemals eine erbliche Veränderung herbeigeführt, die die Operation unnötig machen würde. Wenn bei Tieren schwanzlose Varietäten entstehen, so geschieht das nach Weissmann durch „innere Keimesvariationen“, d. h. in unserem Sinne durch Mutation.

Aber das Problem, das jede Mutation uns vor Augen führt, bleibt bestehen und lässt den Naturforscher nicht ruhen. Eine Reihe Forscher hat versucht, experimentell die Mutation hervorzurufen; die Versuche mit höheren Pflanzen haben bisher kein entscheidendes Resultat gehabt. Bei solchen Versuchen beobachtet man bisweilen eine interessante Erscheinung, die das gewünschte Resultat vortäuschen kann. Wenn man Samen von Kiefern und Lärchen aus dem Alpenklima in der Ebene aussät, so erhält man Pflanzen, die sich durch langsamen Wuchs und geringe Grösse vor den sonstigen Ebenenpflanzen auszeichnen. Aber diese Veränderungen verschwinden allmählich mit den nächsten Generationen. Wenn man unter Vererbung nur die Tatsache versteht, dass eine Veränderung der Eltern auf die Nachkommen übertragen wird, so kann man in solchen und ähnlichen Fällen von einer Vererbung reden. Aber zweifellos ist man nicht berechtigt, von einer Änderung der erblichen Struktur zu sprechen, die zu einer konstanten Rasse führt. Durch gewisse Einwirkungen der Aussenwelt, werden gewisse innere Bedingungen derartig verändert, dass das zugehörige Merkmal, trotz entgegenstehender Beschaffenheit der Aussenwelt auftritt — man hat von Nachwirkungen gesprochen, die schliesslich ausklingen. Ähnliche Erscheinungen sind bei Bakterien beobachtet worden, die durch extreme Temperatur oder starke Gifte gewisse Änderungen erlitten, z. B. unfähig wurden, Sporen zu bilden, oder die Fähigkeit erhielten, relativ hohe Temperaturen und Giftkonzentrationen zu ertragen. Viele Generationen hindurch bewahrten solche Bakterien die erworbenen Fähigkeiten unter gewöhnlichen Bedingungen — aber schliesslich lassen sie sich immer wieder zur ursprünglichen Art zurückführen. Ein anscheinend sicherer Nachweis von künstlichen Mutationen gelang bei einem Pilz *Aspergillus* (durch Schiemann), bei dem durch hohe Temperatur und Giftstoffe neue sich weiterhin konstant verhaltende Varietäten gewonnen wurden.

Bei den Tieren hat man entsprechende Versuche mit gewissem Erfolg angestellt. Indem man Kälte oder Hitze auf das Puppenstadium einiger Schmetterlinge einwirken liess (Standfuss, Fischer u. a.), gelang es, in den ausgeschlüpften Tieren Farbenänderungen hervorzurufen (Frost- und Hitzformen); die sich in einzelnen Fällen auch auf die Nachkommen übertrugen. In ganz anderer Richtung liegen die Versuche Kammerer's, der die auf dem Lande laichende Geburtshelferkröte bei Kultur in hoher Temperatur zur Ablagerung der Eier im Wasser brachte und dann Nachkommen erhielt, die auch bei gewöhnlicher Temperatur ihre Eier im Wasser ablegten. Es war die Änderung eines verwickelten Brutinstinktes auf die Nachkommen übertragen worden. Wenn man auch hier von einer Vererbung reden kann, so ist es heute noch zweifelhaft, in allen diesen Fällen eine Erblichkeit d. h. die Entstehung einer neuen kon-

stanten Varietät auf Grund einer Veränderung der erblichen Struktur anzunehmen. Am ehesten sprechen dafür die Versuche von Tower an einem Käfer (*Leptinotarsa*). Aus Individuen, die hoher Temperatur und grosser Trockenheit ausgesetzt wurden, entstanden auch einige bleichgefärbte Exemplare, die allerdings erst auf dem Umwege einer Kreuzung eine konstant sich erweisende *pallida* Varietät ergaben.

Alle diese und ähnliche Versuche sind als erste Anfänge zu betrachten, die das äusserst schwierige Problem der Artumbildung in Angriff nehmen. Sind auch die Ergebnisse noch wenig entscheidend, so erregen sie doch die Hoffnung auf experimentellem Wege neue Lebensformen aus alten entstehen zu lassen. Einen tieferen Einblick in das Wesen der Erbllichkeit hat man schon heute durch die Forschungen über Bastardierung gewonnen.

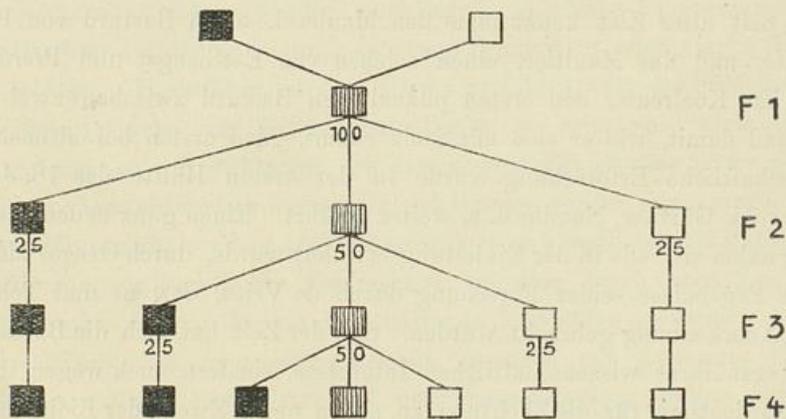
### 3. Die Bastardierung.

Unter Bastarden versteht man in der Biologie im allgemeinen Nachkommen einer geschlechtlichen Vereinigung zweier Individuen, die in ihren erblichen Anlagen verschieden sind; sie können verschiedenen Arten, Unterarten, Rassen oder reinen Linien angehören. Seit alter Zeit kennt man den Maulesel, einen Bastard von Pferdehengst und Eselstute, und das Maultier, einen solchen von Eselhengst und Pferdestute. Im Jahre 1760 hat Koelreuter den ersten pflanzlichen Bastard zwischen zwei Tabakarten hergestellt und damit, wie er sich mit Stolz rühmt, „den ersten botanischen Maulesel“. Die wissenschaftliche Erforschung wurde in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts durch Männer wie Gärtner, Naudin u. a. weiter geführt. Einen ganz neuen entscheidenden Aufschwung nahm sie, wie in der Einleitung erwähnt wurde, durch Gregor Mendel (1865), nachdem die Ergebnisse seiner Forschung durch de Vries, Correns und Tschermak zur allgemeinen Anerkennung gebracht wurden. Seit der Zeit hat sich die Bastardforschung nicht bloss wegen ihres wissenschaftlichen Interesses, sondern auch wegen ihrer grossen praktischen Bedeutung für die Züchtung zu einem neuen Zweig der Biologie entwickelt. Für die Darstellung des prinzipiell Wesentlichen gehen wir von einem einfachen Beispiel aus.

Wir erzeugen einen Bastard zwischen zwei Pflanzen, die nur durch ein Merkmal unterschieden sind, z. B. eine rot- und eine weissblühende Varietät der gleichen Art. Wir entfernen zu dem Zwecke aus der einen Blüte die männlichen Organe (die Staubblätter) und übertragen auf das weibliche Organ (Narbe mit Fruchtknoten) die männlichen Zellen (Pollen) der anderen Blüte. Die bastardierten Blüten werden vor weiteren zufälligen Kreuzungen geschützt. Für zahlreiche Fälle solcher Bastardierungen hat es sich als unwesentlich herausgestellt, welche von den beiden Pflanzen als Mutter

oder als Vater genommen wird; die Nachkommen der beiden „reziproken“ Kreuzungen verhalten sich gleich. Die Samen liefern die erste Bastard-Generation, kurz bezeichnet als F<sub>1</sub> (erste Filialgeneration). Je nach den Pflanzen können sich in dem Verhalten dieser F<sub>1</sub>-Barstarde zwei Hauptfälle zeigen. Die Bastarde blühen rot, wie der eine Elter, so dass sie von diesem nicht zu unterscheiden sind; man sagt das Rot dominiert, das Weiss des anderen Elter ist recessiv. Oder der Bastard zeigt in seinen Blüten eine Mischung der beiden Merkmale, er blüht rosa. Sehr allgemein gilt die Regel, dass die Individuen der ersten Bastard-Generation unter sich gleichartig „einförmig“ sind.

Ganz anders verhält sich die zweite Generation, die durch strenge Selbstbefruchtung aus der ersten gewonnen wird. Hier tritt die von Mendel festgestellte, regelmässige Spaltung ein. Unter sämtlichen Individuen finden sich 25% mit roten, 50% mit rosa, 25% mit weissen Blüten, also im Verhältnis von 1 : 2 : 1. Je zahlreicher die untersuchte Nachkommenschaft ist, um so besser stimmen die Verhältniszahlen überein.



Schema der Mendelspaltung ■ = Individuen mit roten Blüten □ = mit weissen  
 ▨ = mit rosa Blüten.

Bei weiterer Fortpflanzung (immer Selbstbefruchtung vorausgesetzt), verhalten sich die rot blühenden Individuen in F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub> usw. konstant, ebenso die weissblühenden, es sind die beiden reinen Eltern. Die rosa blühenden Individuen haben noch die Bastardnatur und spalten sich in der nächsten Generation nach der gleichen Regel auf (siehe Schema). Bei fortgesetzter Spaltung in vielen Generationen nimmt die Zahl der Bastarde rasch ab. In jenen Fällen, wo das Rot in der ersten Generation des Bastardes dominiert,

spaltet sich  $F_2$  in 25 konstant weisse und 75% rote, von denen aber 25% konstant rote und 50% Bastarde sind. Man pflegt die Individuen, die in bezug auf das Merkmal Rot oder Weiss rein sind, als homozygotisch, diejenigen, bei denen die Mischung beider nebeneinander vorkommt, als heterozygotisch zu bezeichnen.

Nach der von Mendel herrührenden Vorstellung denkt man sich in den beiden Geschlechtszellen der einen Pflanze das Merkmal Rot in irgend einer unsichtbaren Anlage und in den Geschlechtszellen des anderen Elter die Anlage für Weiss. Nach der Bastardierung sind in der  $F_1$ -Generation beide Anlagen nebeneinander vorhanden und liefern das Rosa. Würden die beiden Anlagen stets zusammenbleiben, so würden auch die folgenden Bastardgenerationen rosa blühen, — wir hätten dann einen konstanten Bastard. In Wirklichkeit trennen sich die Anlagen in den Geschlechtszellen des Bastards. Wir können annehmen, dass je 50% seiner männlichen und weiblichen Geschlechtszellen die Anlage für Rot, 50% die für Weiss enthalten. Denkt man sich diese Zellen bei dem Befruchtungsprozess durcheinander gewürfelt, so wird es ganz vom Zufall abhängen, welche Zellen zusammentreffen. Es sind vier Fälle möglich, die mit derselben Wahrscheinlichkeit gleich oft und gleich gut eintreten können: Verhältnis

25 männlich rot	×	25 weiblich rot	gibt 50 rot	1
25 „ „	×	25 „ weiss	„ 50 rosa	} 2
25 „ weiss	×	25 „ rot	„ 50 rosa	
25 „ „	×	25 „ weiss	„ 50 weiss	1

Die Voraussetzung erklärt damit das tatsächlich beobachtete Zahlenverhältnis.

Zahlreiche Bastardierungen wurden mit solchen Pflanzen ausgeführt, die wesentlich durch ein Merkmal wie Blütenfarbe, Blütenform, Blattform, Wuchsart, Blütezeit, Lebensdauer usw. unterschieden sind. Die Richtigkeit der Mendel'schen Regeln hat sich immer noch bestätigt, selbst relativ kleine quantitative Merkmale „mendeln“. In der ersten Bastardgeneration kann eine völlige Dominanz des einen Merkmals eintreten, z. B. Behaarung gegenüber Haarlosigkeit, hoher Wuchs gegenüber Zwergwuchs, Einfachblühen gegenüber Gefülltblühen, oder es zeigen sich die Merkmale in verschiedenem Grade gemischt (intermediär).

Wir gehen jetzt über zu dem verwickelteren Fall einer Bastardierung zweier Individuen, die sich in zwei Merkmalen unterscheiden; z. B. bei einem bekannten Versuch von Correns hatte die eine Maissorte glatte und weiss gefärbte Körner, die andere runzelige und blau gefärbte. In der ersten Bastardgeneration zeigte sich die Dominanz von Glatt über Runzelig, von Blau über Weiss, so dass die Individuen gleichförmig glatte und blaue Körner besaßen. Bei der  $F_2$ -Generation erfolgte die Spaltung

in Individuen mit Maiskörnern von viererlei Art: 1. glatte blaue, 2. glatte weisse, 3. runzelig blaue und 4. runzelig weisse; das Zahlenverhältnis der Individuen der vier Klassen war nahezu 9 : 3 : 3 : 1. Gemäss der Mendel'schen Vorstellung hat der Bastard F<sub>1</sub> viererlei männliche und weibliche Geschlechtszellen, unter denen sechzehn verschiedene Kombinationen möglich sind, die bei ganz zufälligem Zusammentreffen gleich häufig eintreten. Berücksichtigt man, dass bei den Kombinationen Glatt über Runzelig, Blau über Weiss dominiert, so ergibt sich aus der Rechnung genau das vorhin durch das Experiment festgestellte Zahlenverhältnis der vier unterscheidbaren Kombinationen von 9 : 3 : 3 : 1.

Aus diesen Versuchen ergeben sich einige sehr wichtige Folgerungen. Die verschiedenen Merkmalsanlagen trennen sich bei der Spaltung unabhängig von einander, gleichsam, als wären sie selbständige Erbeinheiten. Nun können sich die verschiedenen Merkmale auch mit einander vereinigen, wie in dem genannten Versuch Weiss und Runzelig, die vorher in den beiden Eltern getrennt waren. Individuen mit dieser Kombination verhalten sich in ihrer Nachkommenschaft konstant. Es gelingt also durch Kombination elterlicher Merkmale neue konstante Sorten zu gewinnen — das ist für die praktische Züchtung von grösster Bedeutung.

Die Menge der möglichen Kombinationen verschiedener Merkmale steigert sich mit ihrer Zahl. Schon bei der Bastardierung zweier Individuen, die durch zehn Merkmale geschieden sind, ergeben sich nach Correns 1024 verschiedene Geschlechtszellen, zwischen denen über eine Million von Kombinationen denkbar ist, unter denen sich mehr als tausend äusserlich verschiedene Individuen bei der Spaltung vorfinden. Die grosse Anzahl von Merkmal-Unterschieden spielt eine Rolle bei der Bastardierung deutlich gesonderter Arten. Sehr häufig sind solche Bastarde völlig steril, so dass die zweite Generation nicht untersucht werden kann. Aber es gibt auch fruchtbare Artbastarde, z. B. nach Baur, zwischen zwei Löwenmaul-Arten (*Antirrhinum*). In der zweiten Bastardgeneration zeigte sich eine unübersehbare Mannigfaltigkeit der Individuen, so dass kaum ein Einziges einem Andern völlig gleich, und unter den zahlreichen Kombinationen gab es viele, die konstant blieben. So versteht man jetzt, dass die praktische Gartenkultur durch alle möglichen Bastardierungen einen solchen Reichtum von Farben und Formen künstlich hervorgerufen hat, wie sie bei Nelken, Azaleen, Primeln usw. Jedermann bekannt sind.

Die Mendel'schen Regeln der Bastardierung haben ebenso für die Tiere Geltung. Am besten untersucht man Kreuzungen verschiedener Varietäten bei Tieren, die sehr viele Nachkommen erzeugen, auch dann, wenn sie durch strenge Inzucht, d. h. durch

Befruchtung von Geschwistern entstehen. Zahlreiche Versuche mit Schnecken, Schmetterlingen, Mäusen, Ratten, Kaninchen, Meerschweinchen, Hühnern, Schafen usw. lassen darüber keinen Zweifel, dass Merkmale, wie Farbe, Farbezeichnungen, Behaarung, Körperformen, Kammformen (bei Hühnern) usw. sich in der zweiten Bastardgeneration nach den Mendelschen Regeln spalten und dass bei mehreren Merkmalen auch hier neue Kombinationen entstehen können. Ein berühmtes Beispiel für einfache Bastardspaltung ist das blaue andalusische Huhn, das nach Bateson bei strenger Inzucht sich spaltet in schwarze, blaue und weisse Hühner, genau nach den uns bekannten Verhältnissen 1 : 2 : 1 (siehe Schema S. 70). Das blaue Huhn existiert nur als Bastard und muss sich stets spalten; man kann es jederzeit erzeugen durch Bastardierung eines schwarzen und weissen Huhnes. Auch bei den Tieren verhalten sich je nach den Einzelfällen die Merkmale in der ersten Bastardgeneration verschieden. Häufig dominiert z. B. die Färbung über den Mangel der Farbe bei der Kreuzung mit Albinos. Aber es gibt Ausnahmen, z. B. bei den Schafen, bei denen die weisse Farbe über die schwarze dominiert, so dass die schwarzen Schafe auch in grossen Herden nur vereinzelt auftreten. In anderen Fällen entstehen intermediäre Charaktere, wie bei dem andalusischen Huhn das Blau durch Zusammenwirken von Schwarz und Weiss.

Es ist an dieser Stelle nicht möglich, auf zahlreiche andere, oft verwickelte Fälle und die sich daran anschliessenden Fragen einzugehen. Im allgemeinen versucht man überall die Geltung der Mendel'schen Regeln nachzuweisen, wenn man auch manchmal genötigt ist, zu Hilfshypothesen zu greifen. Gewisse Erscheinungen bei den Bastarden von *Oenothera*-Arten (de Vries) lassen sich bisher nicht auf Grund der Mendel-Spaltung verstehen.

Die  $F_1$  Bastarde wie ihre Nachkommen sind nun, wie jeder Organismus, durch die Umwelt der Veränderlichkeit unterworfen, die im ersten Abschnitt behandelt wurde. Sind bei Pflanzen und Tieren die Merkmalunterschiede nicht sehr auffallend, sind andererseits die äusseren Bedingungen wechselnd, so können dabei die erblichen Unterschiede der Individuen nach der Spaltung sehr zurücktreten oder scheinbar verschwinden; es macht dann grosse Schwierigkeit, das Zahlenverhältnis festzustellen. Jedes sichtbare Merkmal entsteht, wie uns die Lehre von der Veränderlichkeit darlegt, durch ein Zusammenwirken der äusseren und der inneren Bedingungen, die bei einer bestimmten Beschaffenheit die an der erblichen Struktur haftende Potenz verwirklichen. Das Merkmal Blau z. B. findet sich nicht als solches in verkleinerter Form in der Erbstruktur, wie noch manche Entwicklungstheorien annehmen. Die Bastardforschung lehrt uns, dass jedes sichtbare Merkmal z. B. Blau auf Etwas beruht, das sich wie eine selbständige Einheit

verhält, die sich von anderen Einheiten trennen oder mit ihnen verbinden kann. Die Gesamtheit aller Erbeinheiten würde nach der Bastardforschung die Erbstruktur oder Erbsubstanz zusammensetzen. Bei der genaueren Analyse einzelner Fälle von Pflanzen und Tieren ist eine solche Erbeinheit selbst wieder bedingt durch mehrere innere Faktoren, so dass z. B. das Merkmal Rot manchmal nur dann sichtbar wird, wenn gleichzeitig mehrere Faktoren gegenwärtig sind, nicht aber wenn nur einer oder der andere allein vorhanden ist. Das Verhältnis dieser Erbfaktoren zu den äusseren Bedingungen, andererseits zu der erblichen Struktur ist bisher unbekannt. Es fehlt bisher jede Einsicht in die Gründe, die zu der Spaltung usw. führen, eine Physiologie der Erbllichkeit existiert noch nicht; sie muss der Zukunft überlassen bleiben.

In den beiden letzten Abschnitten haben wir die Wege kennen gelernt, die zur Bildung neuer Lebensformen führen. Mancher wird sich vielleicht fragen, ob diese Wege getrennt verlaufen oder doch in irgend welcher Weise verbunden sind. In der Tat lässt sich ein Zusammenhang zwischen Mutation und Bastardbildung erkennen. In einer reinen (homozygotischen) Linie kann an einem Individuum ein Zweig mit neuen Merkmalen erscheinen, eine Knospenmutation, deren durch Selbstbefruchtung entstandene Samen Nachkommen liefern, die sich gemäss den Mendel'schen Regeln spalten (Johannsen, Correns), also ein Bastard durch Mutation oder eine Autohybride. Schon de Vries hatte den Gedanken ausgesprochen, dass die Mutation entsteht, indem von den beiden Geschlechtszellen die eine erblich verändert „mutiert“ ist; wir hätten dann eine innere Bastardierung. Im Falle der weiteren Bestätigung würde die Entstehung neuer Lebensformen durch Mutation und durch Bastardierung zwei verschiedene, aber im innersten Kern zusammenhängende Vorgänge bedeuten.

#### 4. Die Veränderlichkeit und Erbllichkeit beim Menschen.

Wenn man versucht, dem für Pflanze und Tier behandelten Problem beim Menschen nachzugehen und auch bei ihm gewisse Gesetzmässigkeiten in der Veränderlichkeit und Erbllichkeit nachzuweisen, so stösst man auf die grössten Schwierigkeiten. Alle Anstrengungen der verschiedenen Wissenschaften, der Anthropologie, Medicin, Physiologie, der Geschichte, Pädagogik und Philosophie, die alle die gleichen Grundfragen zu beantworten suchen, scheinen vergeblich zu sein, um in das Chaos von zahllosen, sich oft widersprechenden Beobachtungen Ordnung zu bringen. Das leidenschaftliche Interesse, das die verschiedenen politischen, religiösen und philosophischen Richtungen an der Art der Beantwortung nehmen, führt zu erbitterten Kämpfen, ohne Aussicht auf baldigen Frieden.

Jeder weiss, dass der Mensch der komplizierteste Organismus ist und dass die einzelnen Individuen durch die beständigen Kreuzungen die mannigfaltigste Mischung der körperlichen und geistigen Merkmale darbieten. Das Experiment ist so gut wie ausgeschlossen. Die wesentliche Methode ist die statistische Verarbeitung zahlreicher einzelner Beobachtungen, wobei das Ergebnis der Regel nach mehrdeutig ist.

Berücksichtigen wir zuerst die körperlichen Merkmale und fragen wir, in welchem Umfange und Grade diese von der Umwelt abhängig sind, so lautet die Antwort: wir wissen vieles Einzelne, aber nichts Sicheres, allgemein Anerkanntes. Niemand kann daran zweifeln, dass der Körper des Menschen wie der der Pflanzen und Tiere in Abhängigkeit von der Umwelt steht, die auch im Grunde alles liefert, was für seinen Aufbau nötig ist. Man würde auch ohne diesen Zusammenhang nicht begreifen können, dass bei Völkern, z. B. den Engländern oder den Japanern, die aus einer Mischung verschiedenartiger Rassen herkommen, doch ein gewisser einheitlicher Durchschnittstypus der Körperform besteht, wenn man nicht als mitwirkende Faktoren die geographische Lage, das Klima, die Bodenbeschaffenheit u. dergl. anerkennt. Wenn man aber über solche allgemeine Anschauungen hinausgeht und versucht, bestimmter und genauer die Abhängigkeitsverhältnisse zu erkennen, begibt man sich auf einen schwankenden Boden.

Welch eine Unsumme mühevoller gelehrter Arbeit ist auf die Untersuchung der Schädel verwendet worden, weil man in der Anthropologie den sog. Längenbreitenindex d. h. das Verhältnis der Schädelbreite zur Schädellänge, diese = 100 gesetzt als eines der festesten unveränderlichsten Rassemerkmale gehalten hat. Auf Grund solcher Messungen hat man in einer gegebenen Bevölkerung z. B. von Süddeutschland die verschiedenen Urrassen erkennen wollen. Andererseits wurden Schädel aus einem einzigen Kirchhof beobachtet, die die allerverschiedensten Formen darboten, darunter solche, die an die Neger Afrikas erinnern. So wird die Ansicht verständlich, dass die Schädelform durch die Umwelt veränderlich sei. In einer Arbeit von Walcher findet man den seltenen Fall eines Experimentes. Er nahm Zwillinge, die aus einem Keim entstanden, also möglichst gleichartig waren und legte den einen andauernd auf die Seite, den andern auf den Rücken bez. Hinterkopf. Der erste Zwilling hat einen Langschädel, der andere einen Kurzschädel erhalten. Die Versuche zeigen eine Veränderlichkeit des jugendlichen Schädels; aber niemand wird daraus den Schluss ziehen dürfen, dass die Lang- resp. Kurzschädel unter den Rassen auf diesem Wege entstanden seien und diese Formen nicht erblich wären.

Sehr viel Aufsehen erregten die Arbeiten des Deutschen Boas in New-York, der

die Veränderlichkeit des Schädels bei eingewanderten osteuropäischen Juden und Süditalieniern unter dem Einfluss Nord-Amerikas nachzuweisen suchte. Schon in der zweiten Generation, deutlicher in den folgenden, sollten die ursprünglichen Kurzschädel der Juden sich dem Langschädel, die Langschädel der Südtaliener dem Kurzschädel nähern. Das Ergebnis ist zu auffällig, seine Richtigkeit ist auch bereits energisch bekämpft worden.

Der Nachweis der Veränderlichkeit menschlicher Organe durch die Umwelt begegnet so grossen Schwierigkeiten, weil gerade die für die Veränderung entscheidende Periode, die Zeit der embryonalen Entwicklung, sich ganz im Mutterleibe vollzieht, so dass die Aussenwelt immer nur vermittelt durch die Mutter auf den Embryo wirkt. Wenn etwa eine auffallende Missbildung an dem Säugling erscheint, so weiss man zunächst nicht, ob sie durch eine Ernährungsstörung von Seiten der Mutter herbeigeführt ist, oder ob sie durch den Vater oder die Mutter erblich übertragen worden ist. Damit kommen wir wieder zu dem ungelösten Problem, in welchem Grad eine durch die Umwelt erregte Veränderung der Eltern auf die Nachkommen vererbt wird. Nehmen wir als Beispiel die viel umstrittene Frage nach der Wirkung des Alkohols. Sehr eingehende und kritische Studien haben den Nachweis erbracht, dass die Nachkommen von Säufern vielfach auffallende Degenerations-Erscheinungen darbieten. Was in solchen Fällen deutlich in die Augen springt, kann in andern allmählicher und nicht gleich bemerkbar hervortreten, so dass auch bei mässigem, aber andauerndem Alkoholenuss die Gefahr besteht, eine ungünstige Nachwirkung auf die Nachkommen herbeizuführen. Aber vom wissenschaftlichen Standpunkt aus ist es durchaus unentschieden, ob hier eine Veränderung der erblichen Struktur vorliegt, oder ob direkte Wirkungen des Alkohols auf die Geschlechtszellen neben anderen Umständen wirksam gewesen sind.

Die Möglichkeit einer Änderung der erblichen Struktur durch unbekannte, schliesslich äussere Einflüsse d. h. einer Mutation, besteht auch für den Menschen — nur ist ein Nachweis kaum zu erbringen. Es gibt auffallende Merkmale, die irgendwie einmal entstanden sein müssen und die sich sehr zähe vererben; ich erinnere an die vorgeschobene Unterlippe, die seit Jahrhunderten auf die männlichen Linien der Habsburger vererbt wird. Gegenüber diesen vielen unentschiedenen Problemen hat die moderne Bastardforschung, die wir bei Pflanzen und Tieren kennen gelernt haben, die ersten sicheren Fundamente auch für die Erkenntnis der Erbllichkeit beim Menschen gelegt.

Mit grosser Berechtigung kann man sagen, dass die Mendel'schen Regeln auch für den Menschen in weitem Umfange Geltung haben. Für den Nachweis sind auffallende körperliche Merkmale sehr geeignet, deren Vererbung sich an der Hand genauer Stamm-

bäume in einer Reihe von Generationen verfolgen lässt. Solche nach Mendel'schen Regeln sich vererbende Erscheinungen sind: die Kurzfingerigkeit (Brachydactylie) (Fehlen eines Gliedes, Phalangen an Fingern und Zehen), die Hyperdactylie (überzählige Finger und Zehen), die Nachtblindheit, die Bluterkrankheit, die Farbenblindheit und manche andere Erkrankungen der Haut, des Auges, des Gehirnes. Bei der Mehrzahl der abnormen Merkmale zeigt sich ihre Dominanz gegenüber dem normalen Zustande — und das erleichtert den Nachweis der Vererbung. Aber es gibt auch Erscheinungen, wie der Albinismus, gewisse Formen der Epilepsie, die sich recessiv verhalten.

Als Beispiel können wir ein ganz normales Merkmal, die Augenfarbe nehmen, die nach den eingehenden Untersuchungen von Hurst und Davenport regelrecht mendelt. Man unterscheidet zwei Hauptfarben von Augen, die dunklen, meist braunen bis fast schwarzen, und die helleren, blauen und grauen. Die ersteren verdanken ihre Farbe einem Pigment, das sich in der äussersten Schicht der Iris vorfindet und das bei den helleren Augen fehlt. Es hat sich herausgestellt, dass das Braun dominiert, also das Blau recessiv ist. Das Blau bei einer bestimmten Person ist daher stets ein reines (homozygotisches) Merkmal (s. S. 71), und zwei Eltern mit blauen Augen haben lauter blauäugige Kinder. Wenn die beiden Eltern rein braune Augen besitzen, so werden die Kinder braunäugig sein. Aber auch dann wird das Gleiche eintreten, sobald eine rein braunäugige Person eine blauäugige heiratet, da in der ersten Generation das Braun dominiert. Infolgedessen ist das Braun in den Kindern nicht rein, da es die unterdrückte Anlage für Blau enthält, es ist ein heterozygotisches Merkmal, was niemals direkt zu erkennen, erst bei der Vererbung nachweisbar ist. Heiraten zwei Menschen mit heterozygotischem Braun, so erfolgt bei ihren Kindern die Spaltung und zwar der Mendel'schen Regel entsprechend auf 3 Braun 1 Blau. Hier tritt dann ein grosselterliches Merkmal plötzlich zu Tage. Heiratet dagegen eine Person mit heterozygotischem Braun eine blauäugige, so erfolgt in den Kindern eine Spaltung in Braun und Blau nach dem Verhältnis von 2 : 2.

Das wesentliche Ergebnis dieser Erblichkeitsforschungen liegt in dem Nachweis, dass zahlreiche körperliche Merkmale — wahrscheinlich die Mehrzahl — nach den Mendel'schen Regeln unabhängig von einander sich spalten oder auch neu kombinieren. Bei der sehr grossen Anzahl der menschlichen Merkmale, durch die sich zwei Personen unterscheiden, muss bei den Kreuzungen eine unerschöpfliche Mannigfaltigkeit der Individuen hervorgehen. Ein sehr lehrreiches Beispiel liefern die Untersuchungen von E. Fischer an einem Bastardvolk in Süd-Afrika.

Das Volk aus 2500—3000 Personen bestehend, wohnt in einem Gebiet des deut-

schen Südwest-Afrika mit der Hauptstadt Rehoboth und stammt aus einer Vermischung von Buren (und auch einigen Deutschen) und Hottentottenfrauen. Anfang des vorigen Jahrhunderts wohnten die Bastardfamilien im Norden des Kaplandes, bis sie um 1870 nach Rehoboth übersiedelten. Die Familien heiraten wesentlich unter einander, und trotz der Inzucht ist die Fruchtbarkeit gross (pro Familie 7.7 Kinder). Die Untersuchung wurde durch zahlreiche Stammbäume ermöglicht. Im Durchschnitt zeigen Männer und Frauen des Bastardvolkes einen deutlichen intermediären Charakter, d. h. eine Mischung der Merkmale beider Stammrassen. Doch lassen sich im einzelnen verschiedene Grade der Mischung erkennen, es finden sich Individuen, die sich stärker dem Typus der Europäer, andere die sich dem Typus der Hottentotten nähern. In ihrer Zusammensetzung zeigt das Volk die bunteste Mannigfaltigkeit der Individuen, wie wir sie bei der Bastardierung zweier Pflanzenarten schon kennen gelernt haben. Fischer weist eingehend die Gültigkeit der Mendel'schen Regeln nach: für Haarfarbe, Haarform, Körpergrösse, Kopfform usw. Nur sehr selten wurde ein Merkmal, wie das gewellte Haar beobachtet, das bei beiden Stammrassen nicht zu finden ist.

Dieses kleine Bastardvolk gewährt uns sehr wichtige Aufschlüsse über die Entstehung eines neuen Volkes. Der Geltung der Mendel'schen Regeln nach kann niemals daraus, auch trotz der starken Inzucht, eine „reine“ Rasse entstehen, sondern nur eine Fülle von Kombinationen der ursprünglichen Rassemerkmale. Bei der Entstehung eines europäischen Volkes haben stets Vermischungen verschiedener Rassen zusammengewirkt, die ursprünglich nicht so verschieden waren wie Buren und Hottentotten und auch sehr viel reicher an erblichen Fähigkeiten waren. Daraus musste sich eine noch grössere Mannigfaltigkeit der Individuen ergeben, zugleich die Schwierigkeit, die einzelnen etwa ursprünglichen Rassemerkmale sicher zu unterscheiden. Jedenfalls ist es nicht recht denkbar, dass z. B. aus der Durchkreuzung von Kelten, Rhäten, Germanen, Slaven, neuerdings auch von Juden, jemals eine reine deutsche Rasse hätte entstehen können — es hat sie auch tatsächlich nie gegeben.

Wenn bei beständiger Durchmischung verschiedenster Rassemerkmale dennoch ein Volk entsteht, das eine innere Gemeinsamkeit und Einheitlichkeit an sich trägt, in dem das klare Bewusstsein lebt, etwas durchaus Eigenes gegenüber andern Völkern zu bedeuten, so müssen neben der Rasse Mischung noch andere Kräfte und zwar solche der Umwelt tätig gewesen sein. Verbunden mit den Einflüssen der geographischen Lage der Heimat, ihres Bodens und Klimas, aber viel tiefer eingreifend und umgestaltend, haben zur Vereinheitlichung die geistigen Mächte geführt, die in den verwickelten sozialen Beziehungen, in der gemeinsamen Sprache und Geschichte wirksam sind. Doch

stellt sich hier wieder die Frage ein, in wie weit geistige Merkmale von Generation zu Generation übertragen werden.

Die prinzipielle Voraussetzung, die durch die Erfahrungen der Physiologie, Psychiatrie u. s. w. bestätigt wird, liegt in der Annahme eines notwendigen Zusammenhanges der geistigen Tätigkeit mit dem körperlichen Substrat, wenn auch jede wirkliche Kenntnis darüber völlig fehlt. An der erblichen Struktur jedes Wesens, die am reinsten in den Geschlechtszellen vertreten ist, haften auch die geistigen Fähigkeiten, die sich im individuellen Leben entfalten. Daher ist es wahrscheinlich, dass auch die erblichen Geistesanlagen nach den Mendel'schen Regeln sich spalten und ebenso kombinieren können, wie die körperlichen. Dafür sprechen die Ergebnisse der modernen Psychiatrie, die die Vererbung vieler psychopathischer Anlagen nachweist. Aber man muss sich gestehen, dass in allen wesentlichen Fragen dieser Art noch grosse Unsicherheit herrscht. Sie erklärt uns das beständige Hin- und Herschwanken der Meinungen, den erbitterten Kampf gegensätzlicher Anschauungen.

Vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus wird man sagen: jedes Individuum erhält mit der von den beiden Eltern stammenden, erblichen Struktur eine Fülle der verschiedenartigen geistigen Anlagen, die nicht alle gleich entfaltungsfähig sind. Es giebt Anlagen, sei es zum höchsten Künstlertum — sei es zum schlimmsten Verbrechertum, die eine solche Entfaltungskraft besitzen, dass sie sich trotz aller Gegenwirkungen von Seiten der Umwelt Bahn brechen. In sehr zahlreichen Fällen des durchschnittlichen Menschentypus darf man voraussetzen, dass die einzelnen Anlagen zwar in mannigfach abgestuftem, aber doch nicht so ungleichem Grade entwicklungsfähig sind und dass die eigentliche Entfaltung sehr wesentlich von den materiellen und geistigen Einwirkungen der Umwelt abhängt. Dieser Durchschnittstypus stellt das geeignete Material für die Erziehung dar, die selbst nie etwas Neues schaffen kann, aber bis zu einem gewissen Grade unter den vorhandenen Anlagen die für besser geltenden zu fördern oder die schlechteren zu unterdrücken vermag. So fällt der Erziehung die hohe und schwere Aufgabe zu, zur allseitigen Ausbildung der Individuen beizutragen. Die oft gerühmte Erziehung nach festen Grundsätzen d. h. nach einseitig beschränkten Anschauungen lässt oft vortreffliche Anlagen verkümmern.

Trotz grösster Verschiedenartigkeit der geistigen Beanlagung unter den Individuen eines Volkes entsteht unter dem bindenden Einfluss der Umwelt, der Familie, der Schule, der Kirche, der Gesellschaft, eine geistige Gemeinsamkeit, die auch unserem Volke sein bestimmtes Gepräge verleiht. Gerade in dieser Zeit der Not und des Kampfes spürt Jeder die gewaltige Macht des Einheitsbewusstseins; es steigert sich

das Gefühl engster Zusammengehörigkeit, es waltet in allen die Überzeugung der notwendigen, opferfreudigen Hingabe bis in den Tod. Wenn nach dem langen Kriege der ersehnte, gute Frieden eintritt, wird sich allerdings sehr bald der innere Kampf entzünden. Alles drängt dazu, die Vereinheitlichung der grösseren und kleineren Teile durch Verstärkung der Staatsgewalt noch fester zu gestalten. Auf der anderen Seite muss dafür gekämpft werden, alle Wege zu öffnen, für die reichste und freieste Entwicklung der Individualitäten: durch Schaffung neuer Möglichkeiten für die körperliche und geistige Ausbildung auch der ärmeren Bevölkerung, durch Ausgleichung der bei uns so hemmend wirkenden Klassengegensätze, durch Einschränkung aller politischen und kirchlichen Intoleranz — alles dieses in der Hoffnung auf eine neue deutsche Kultur. Dann wird auch wieder die Zeit kommen in der unser Volk das starke Bedürfnis empfindet, ein Verständnis mit anderen Völkern zu suchen und zu finden, um bei treuer Bewahrung der eigenen, wie wahrer Achtung der fremden Kultur, dem fernen Ziel einer höheren Kulturgemeinschaft zuzustreben.



Für die Schriftleitung verantwortlich: Prorektor Professor Dr. Bauer.