

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts beginnt sich die Vererbungslehre nach und nach vom Evolutionsproblem loszulösen und wird zum selbständigen Wissenschaftszweig. Durch vermehrte Kreuzungsversuche, durch das Studium der Übertragung von Vererbungsmerkmalen bei Bastarden und endlich durch das Bemühen, die Vererbungsfaktoren in den festen Teilen der Samen- und Eizellen zu lokalisieren, entstand die moderne Genetik.

Die ersten systematischen Untersuchungen von Kreuzungen und aus ihnen hervorgegangenen hybriden Formen gehen auf Linné zurück. Seitdem haben zahlreiche Naturforscher, besonders Botaniker, in dieser Richtung weitergearbeitet. Unter den Vorgängern Mendels muß *Charles Naudin* (1815–1899) besonders genannt werden, denn er hat im Jahre 1863, also zwei Jahre früher als Mendel, Ergebnisse veröffentlicht, die nahe an Mendels Folgerungen herankommen. Bei der Kreuzung verschiedener Erbsenarten fand Naudin, daß alle Hybriden der ersten Generation identisch sind und Eigenschaften aufweisen, die zwischen denen der Eltern liegen. Bei der Kreuzung dieser ersten Generation von Bastarden erhielt er eine zweite Generation, die sich durch stark voneinander abweichende Formen auszeichnete; gewisse Pflanzen waren den Eltern der ersten Kreuzung gleich, andere bildeten mit ihren Merkmalen mehr oder weniger Zwischenglieder. Daraus zog Naudin den Schluß, daß sich die Vererbungsmerkmale der Hybriden der ersten Generation bei der Bildung der Pollen und Eizellen aufspalten. Seine Ergebnisse konnte er aber nicht genauer auswerten, da sein Material viel zu komplex war. Die beiden zur Kreuzung gewählten Arten unterschieden sich in einer ganzen Reihe von Vererbungsmerkmalen voneinander, und die Bastarde waren Polyhybriden, die sehr schwer zu analysieren sind.

Es bleibt das große Verdienst von Mendel, die Bastardierungsgesetze entdeckt zu haben. Der in Mähren geborene *Johann Mendel* (1822 bis 1884) trat als 21jähriger in das zum Augustinerorden gehörende Kloster Brunn und nahm dort den Vornamen *Gregor* an, unter dem er in der wissenschaftlichen Welt bekannt geworden ist. Im Klostergarten züchtete er verschiedene Arten von Erbsen



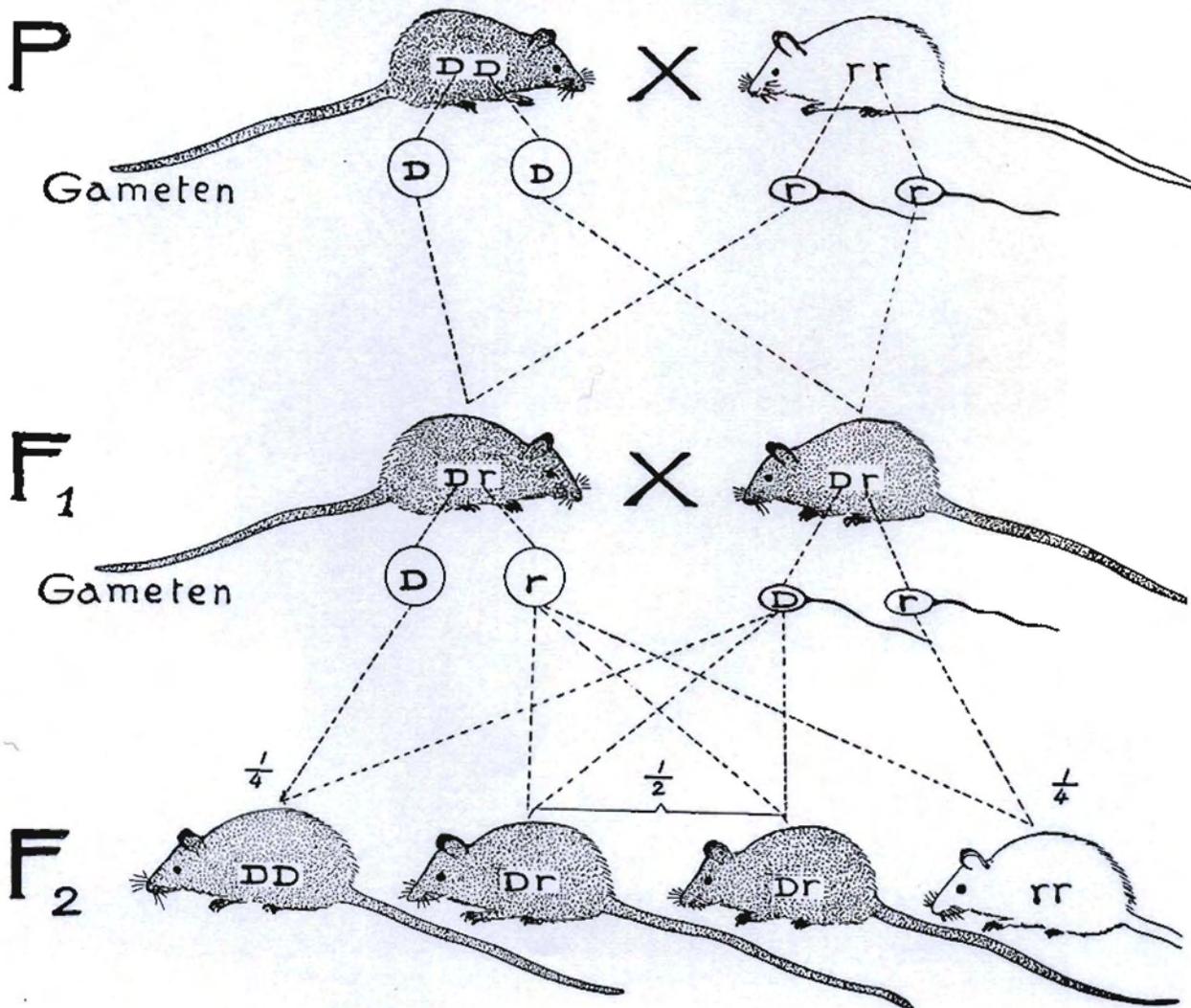
Gregor (Johann) Mendel (1822–1884).

und ihre Bastarde, die er dann später so meisterhaft analysierte. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen veröffentlichte er im Jahre 1865 in einer wenig bekannten Brünner wissenschaftlichen Zeitschrift. Bald darauf wurde er Abt seines Klosters und gab seine naturwissenschaftlichen Studien auf. Außer seinen Untersuchungen an Erbsen publizierte Mendel im Jahre 1870 eine kleine Arbeit, in der er Bastarde beschrieb, die durch künstliche Befruchtung innerhalb der Gattung *Hieracium* erzeugt worden waren. Außerdem hat Mendel Studien über die Bienen getrieben, die allerdings nie veröffentlicht wurden und deren Manuskripte verschwunden sind. Was die klassische Arbeit Mendels über die Erbsenbastarde kennzeichnet, ist die vollkommene Klarheit, mit der die Versuche ausgeführt und analysiert wurden. Im Gegensatz zu Naudin greift Mendel das Problem von seiner einfachsten Seite aus an. Er wählt als Elternpaar zwei Pflanzen, die sich nur in einem *einzigem* Merkmal voneinander unterscheiden. So kreuzt er z. B. eine Pflanze, die runde Erbsen geben wird, mit einer solchen, deren Samen polyedrisch sind, oder eine Erbsenart mit gelben Früchten mit einer grünfruchtigen. Er stellt fest, daß die Bastarde

der ersten Generation alle unter sich und mit einem der Elternteile identisch sind, was die in Frage stehenden Merkmale betrifft. So sind die Bastarde der Kreuzung Rund-Polyedrisch alle rund. Bei der Kreuzung dieser Rund-Bastarde untereinander kam es in der folgenden Generation zu einem Wiederauftauchen der polyedrischen Form, und zwar im Verhältnis: 1 polyedrischer gegen 3 runde Typen. Wenn diese polyedrischen Individuen durch Selbstbefruchtung fortgepflanzt werden, erscheinen stets polyedrische Formen, die runde Form ist bei der Nachkommenschaft vollständig verschwunden. Ein Drittel der Rund-Individuen ergibt bei der Selbstbefruchtung ebenfalls nur Rund-Abkömmlinge, während die restierenden zwei Drittel sich im selben Verhältnis fortpflanzen wie die gleichförmige erste Generation, ein

Viertel polyedrische auf drei Viertel runde Formen und so weiter bei allen folgenden Generationen. Mendel hat diese Erscheinung folgendermaßen erklärt: Die Bastarde der ersten Generation mit runden Samen enthalten außer dem Rund-Charakter auch den polyedrischen Charakter, aber er ist versteckt, unterdrückt vom runden. Man kann also sagen, daß «Rund» ein *dominantes* Merkmal, «polyedrisch» ein *rezessives* ist. Da der rezessive Charakter in der nächsten Generation wieder erscheint, müssen sich die dominanten und rezessiven Merkmale in dem Augenblick trennen, in dem der Bastard seine Gameten ausbildet. Mit anderen Worten, der Bastard formt keine hybriden Gameten, sondern reine Gameten verschiedener Sorten, von denen die einen die dominanten, die anderen die rezessiven Merkmale tragen. Aus dieser unab-

Schema des Monohybridismus. Bei der Maus ist das Vererbungsmerkmal «graubaarig» dominant (D) im Gegensatz zum Merkmal «albino», das rezessiv (r) ist. Die Bastarde der ersten Generation (F₁) haben die Vererbungskonstitution Dr und bilden 2 Arten von Gameten. Kreuzt man 2 Individuen Dr, dann setzt sich bei den in großer Zahl stattfindenden Befruchtungen die zweite Generation (F₂) aus einem Viertel reiner DD-Individuen, aus einem Viertel reiner rr-Individuen und aus der Hälfte hybrider Dr-Individuen zusammen. Schemazeichnung der Verfasserin.



hängigen Aufspaltung der Merkmale ergibt sich die Reinheit der Gameten, die Entdeckung dieses Gesetzes ist die geniale Leistung Gregor Mendels. Seine Ergebnisse prüfte er nach mit Hilfe von Rückkreuzungen: Bastardierungen zwischen Hybriden und ihren Eltern. Er analysierte auch schon einfache Fälle von Polyhybridismus, Di- und Tri-Hybridismus, bei denen sich die zwei Elternindividuen in zwei resp. drei Merkmalen unterscheiden. In jedem Fall bestand die erste Generation aus identischen Individuen, die die dominanten Merkmale zeigten. In der zweiten Generation erschienen die rezessiven Merkmale stets wieder, und es kamen alle möglichen Kombinationen zwischen dominanten und rezessiven Faktoren vor, die in genau bestimmbar, durch einfache Rechnung vorher zu ermittelnden Verhältnissen auftraten. Doch alle diese Ergebnisse Mendels wurden von seinen Zeitgenossen überhaupt nicht beachtet.

Neben dem Studium der Kreuzungen wurden von anderen Biologen Versuche zur Bestimmung der Übertragungsart von Vererbungsmerkmalen angestellt. Das die Verbindung zwischen zwei aufeinander folgenden Generationen herstellende Ei muß potentiell alle Vererbungsmerkmale der Eltern enthalten, die sich später bei den Nachkommen zeigen werden. Diese Eigenschaften müssen also im Ei irgendwo lokalisiert sein.

Der Botaniker *Carl Wilhelm von Naegeli* (1817 bis 1891) äußert als erster den Gedanken, daß die Erbfaktoren in Form einer festen Masse im Ei liegen müssen. Da Eizelle und Spermatozoid, obwohl von sehr verschiedener Gestalt, gleichen Anteil an der Bildung des Nachkömmlings haben, können die Träger der Vererbungsmerkmale nicht im ganzen Protoplasma verteilt sein, da die beiden Gameten so verschieden große Mengen davon enthalten. In der Eizelle wie im Spermatozoid müssen die Erbfaktoren zu gleichartigen Massen gruppiert sein, und die Vereinigung dieser Massen im Augenblick der Befruchtung stellt die Vererbungsmasse des zukünftigen Embryos her. Diese von Naegeli «Idioplasma» genannte Vererbungsmasse ist ein fester Körper, der sich bei jeder Zellteilung ebenfalls teilt. Das Idioplasma wird im Laufe der Teilungen unendlich oft zerstückelt, indem jede Tochterzelle nur die Hälfte der Menge erhält, die die Mutterzelle besaß. Für Naegeli ist indessen das Idioplasma in erster Linie eine Arbeitshypothese, er hat nie versucht, die Exi-



August Weismann (1834-1914).

stanz des Idioplasmas durch cytologische Versuche zu beweisen. *August Weismann* (1834 bis 1914) griff den Gedanken des Idioplasmas wieder auf und modifizierte ihn. Seine Untersuchungen an Einzellern führten ihn zum Begriff der «Kontinuität der Individuen»; ein Infusor ist unsterblich, es setzt sich durch Teilungen unbestimmt lange fort. Diese Kontinuität ist durch das Keimplasma gesichert, das der Träger der Erbfaktoren ist. Bei den Vielzellern entsteht das Keimplasma des Eies durch die Vereinigung der väterlichen und mütterlichen Keimplasmen, die von den Gameten mitgeführt werden. Die Entdeckung der Seeigeli-Befruchtung durch Oskar Hertwig hatte die Gleichwertigkeit der männlichen und weiblichen Keimzellkerne gezeigt. Da die Erbfaktoren zu gleichen Teilen vom Vater und von der Mutter stammen, zog Weismann den Schluß, daß das Keimplasma in den Keimzellkernen lokalisiert sein müsse. Er geht so weit, zu behaupten, daß sie in den festen Kernteilchen, den Chromosomen, die damals gerade entdeckt worden waren, zu suchen seien. Jedes Chromosom umschließt eine außerordentlich große Zahl von «Determinanten», die Vererbungseinheiten sind. Jede Determinante stellt also eine ganz

bestimmte, vererbliche Eigenschaft dar. Alle Merkmale, die zum selben Organ gehören, sind in größere Teile zusammengefaßt, die Weismann «Id» nannte. Das Chromosom ist nach ihm aus mehreren ineinandergefügten «Iden» zusammengesetzt. Der Eikern enthält alles Keimplasma, aber im Laufe der Zellteilung wird es ungleich verteilt in der Weise, daß jeder Organzelle nur der Teil zugeführt wird, in dem die Determinanten des Organs verankert sind. Bei jedem Individuum enthalten alle den Körper, das «Soma», aufbauenden Zellen nur Teile des Keimplasmas. In dessen gibt es eine Zellreihe, die im Laufe aller Teilungen die ganze Masse aller Vererbungsmerkmale in sich behält. Dies ist die Keimreihe oder das «Germen», das später im erwachsenen Individuum die Gameten liefern wird. Dieses Germen ist für das Leben des Individuums von keinerlei Nutzen, aber es ist das Element der Kontinuität und garantiert die Erhaltung der Art. Jedes vielzellige Wesen ist aufgebaut aus einem sterblichen Soma und einem unsterblichen Germen, das sich durch die Zwischenglieder Gameten und Ei von einer Generation auf die andere überträgt. Wenn sich der Vater und die Mutter in einer Anzahl von Merkmalen unterscheiden, die väterlichen und mütterlichen Keimplasmen also verschieden sind, wird das Ei ein Bastard-Keimplasma enthalten und der Ausgangspunkt für eine neue Reihe von Bastard-Individuen sein. Weismann ist ein erklärter Feind der Theorie von der Vererbung erworbener Eigenschaften. Wenn sich das Soma unter dem Einfluß des Milieus verändert, können sich die Modifikationen nicht auf die Nachkommenschaft übertragen, da zwischen Soma und Germen keine Beziehung besteht. Wenn aber ein Trauma so stark ist, daß es sogar auf das Germen wirken kann, so werden diese modifizierten Keimzellen der Ausgangspunkt einer neuen Vererbungsreihe. Die Ansichten Weismanns über die Lokalisation der Erbfaktoren und den Ursprung der Variationen werden zwar heute nicht mehr in ihrer ursprünglichen Form anerkannt, aber sie haben die Aufmerksamkeit der Wissenschaft auf ein wichtiges Gebiet der Genetik gelenkt.

Das Jahr 1900 brachte die Wiederentdeckung der Mendelschen Gesetze. Drei Botaniker, die unabhängig voneinander arbeiteten, *Hugo de Vries* in Belgien, *Karl Correns* in Deutschland und *Erich Tschermak* in Öster-

reich, erhielten unter verschiedensten experimentellen Bedingungen gleiche Ergebnisse, wie sie 35 Jahre früher durch den Mönch von Brunn veröffentlicht worden waren. Jetzt wurden die Arbeiten Mendels ausgegraben, und seither gilt er allgemein als der Vater der Vererbungslehre. Seit jener Zeit hat sich die Genetik äußerst rasch entwickelt, und in allen Ländern haben zahlreiche Naturforscher, Zoologen und Botaniker ihre Untersuchungen in die Richtung der Vererbungsprobleme gelenkt. Fast überall wurden besondere Laboratorien zu Vererbungsforschungen gegründet, vor allem in Deutschland, den Vereinigten Staaten und in Rußland.

Die *Eugenik*, die Wissenschaft von der Vererbung beim Menschen, hat sich rasch von der eigentlichen Genetik getrennt, um einen eigenen Wissenschaftszweig zu bilden. Beim Menschen übertragen sich die Vererbungseigenschaften wie bei allen anderen Wesen nach den Gesetzen der Bastardierung. Man kennt ganze Reihen von Merkmalen sowohl physischer als psychischer Art, Anomalien, Veranlagungen zu bestimmten Krankheiten usw., die sich innerhalb einer Familie in regelmäßiger, mathematisch zu berechnender Art fortsetzen. Aber die Eugenik kann nicht dieselben experimentellen Methoden anwenden, die in der Genetik möglich sind, und ihre Beobachtungen erstrecken sich über viel größere Zeiträume. Schon die ersten Erbsenversuche haben gezeigt, daß ein rezessives Merkmal, das durch einen Elternteil in eine Vererbungsreihe eingeführt wurde, erst in den Nachkommen der Kinder wieder erkannt werden kann. Für die menschliche Rasse, in der man nur mit $3\frac{1}{2}$ Generationen pro Jahrhundert rechnen kann, ist die Möglichkeit einer Analyse außerordentlich verzögert. Heute steht den Eugenikern zwar ein reichhaltiges Material zur Untersuchung bestimmter Vererbungserscheinungen beim Menschen zur Verfügung, dessen Auswertung sogar manche praktischen Schlußfolgerungen zuläßt, doch wird auf anderen Gebieten für die Eugenik zunächst das Statistische im Vordergrund stehen.

● SCHLAF durch DIAL ●
