



Das Altbrunner Stift (vor 1902) im heutigen Brno: Links im Glashaus führte Mendel seine berühmten Kreuzungsexperimente mit Gartenerbsen durch.

Mönch und Naturwissenschaftler

Vor 200 Jahren wurde Gregor Johann Mendel, der Begründer der Genetik, geboren

MICHAEL MIELEWCZIK, MICHAL SIMUNEK UND UWE HOSSFELD

Eine neue Wissenschaftsrichtung hatte der Augustinermönch und spätere Abt Gregor Mendel vermutlich nicht im Sinn, als er 1865 in Brünn (Brno) seinen Vortrag »Versuche über Pflanzen-Hybriden« hielt. Seine Arbeit beschrieb, dass sich bei der Kreuzung von reinerbigen Pflanzen, die sich in einem spezifischen Merkmal wesentlich voneinander unterscheiden, feste mathematische Regeln und Verhältnisse in der Häufigkeit der beiden Merkmale bei ihren Nachkommen feststellen lassen. Die von ihm aufgestellten und beobachteten Gesetzmäßigkeiten bildeten die Grundlage für die spätere Formulierung der Mendelschen Regeln ab 1900 und begründeten eine Forschungsrichtung, für die sich nach 1906 die Bezeichnung Genetik etablierte.

Johann Mendel wurde am 22. Juli 1822 im schlesischen Heinzendorf (heute Hynčice, Tschechien) als Sohn der Kleinbauern Anton und Rosina Mendel geboren. Von seinem Vater wurde er schon in frühester Jugend im praktischen Gartenbau angeleitet, wozu beispielsweise auch das Propfen von Obstbäumen gehörte. In der Grundschule erwies sich Mendel als guter Schüler. Dies ermöglichte ihm später, das Gymnasium zu besuchen. Trotz finanzieller Schwierigkeiten schloss er die Schule erfolgreich ab und begann ein Studium an der Philosophischen Lehranstalt in Olmütz (Olomouc). 1843 trat Mendel in den Augustiner-Orden in Brünn ein und nahm den Namen Gregor an. Vier Jahre später wurde er zum Priester geweiht. Die Wirren der Revolution von 1848 machten auch vor Brünn und dem Augustinerkloster nicht halt. Insbesondere einige der jüngeren Klostermitglieder, unter ihnen auch Mendel, hofften, dass sich durch die sozialen und kulturellen Umwälzungen auch eine Verbesserung der Verhältnisse und Rechte ihres eigenen Standes ergeben würden. Letzteres war nur bedingt der Fall, Bürgerstand und Bauern erhielten zwar mehr Einfluss und Rechte, doch der Einfluss des Klerus auf die Schulbildung wurde stärker reglementiert. Handelskammer und Gewerbevereine erlangten in Brünn zunehmend Bedeutung für die Entwicklung lokaler und regionaler Projekte. Dabei kam es auch zu einer Neustrukturierung der mährisch-schlesischen Ackerbau-Gesellschaft, in der Mendel Mitglied war und aus welcher später der Naturforschende Verein in Brünn hervorging, in welchem er die Ergebnisse seiner Versuche vorstellen sollte.

Entgegen gängiger Darstellungen war Mendel kein zurückgezogener lebender Mönch. Vielmehr stellte das Kloster ein wichtiges kulturelles Zentrum in Brünn dar, in dem ein reges Kommen und Gehen herrschte. Mendel selbst knüpfte in dieser Zeit viele Freundschaften. Aus Kontakten zu Schulen und Lehrern reifte dabei sein Wunsch heran, als Naturkundler zu arbeiten. Mit Erlaubnis des Prälaten konnte Gregor Mendel dann auch

zwei Jahre an der Universität in Wien Naturwissenschaften studieren und später als Naturkundler an der Oberrealschule in Brünn arbeiten, obwohl er wohl aufgrund von Prüfungsangst zweimal durch die mündliche Prüfung gefallen war.

Ein geniales Versuchsdesign

Vor diesem Hintergrund begann Gregor Mendel Mitte der 1850er Jahre mit seinen Kreuzungsexperimenten. Hinter den Klostermauern im Altbrunner Stift startete er mit der Auswahl geeigneter Sorten der Gartenerbse (*Pisum sativum*) für seine Kreuzungsversuche, die er regelmäßig bis 1863 im Klostergarten, auf einem Versuchsfeld von 7 x 35 Meter bzw. in einem Glashaus, durchführte. Es sollten jene Experimente werden, die ihn später etwas heroisch zum »Vater der Genetik« machten, die zeitgenössische Vererbungstheorien revolutionierten und nicht zuletzt auch dabei halfen, die Evolutionstheorie auf eine neue Basis zu stellen. Ein zentrales Ziel seiner Versuche war im Anschluss an Darwins provisorische Vererbungstheorie (Pangeneses), mit Hilfe statistischer Methoden (Auszahlungen) zu klären, ob sich eine allgemeine Gesetzmäßigkeit zur Entwicklung und Bildung von Mischformen bzw. Hybriden finden ließe. Der Erfolg seiner über mehrere Jahre hinweg durchgeführten Versuche ergab sich dabei aus mehreren glücklichen Umständen. Die gewählte selbstbestäubende Erbse erwies sich zum einen als ideale Modellpflanze für künstliche Befruchtungen, die sich leicht vor äußeren Einflüssen schützen ließ; zum anderen erlaubte die parallele Anzucht unter gleichen Bedingungen, Umwelteinflüsse auch sonst möglichst auszuschließen. Hinzu kam Mendels Versuchsdesign. Er beschränkte sich darauf, nicht den Habitus einer ganzen Pflanze, sondern nur einzelne Merkmale zu untersuchen, wobei er die Merkmale so auswählte, dass diese klar voneinander unterscheidbar waren, ohne dass diesbezüglich Zwischenformen auftraten. Arbeitsaufwand und Platzbedarf reduzierte er soweit möglich, indem er sowohl Samen- als auch Pflanzenmerkmale untersuchte. Mit diesem Design konnte er aufgrund der großen Zahl von ihm untersuchter Erbsenpflanzen erstmals mit Hilfe statistischer Methoden zeigen, dass sich Eigenschaften von Individuen einzeln vererben können und dabei genau definierten mathematischen Verhältnissen folgen.

Die Mendelschen Regeln

Daraus ergab sich dann ab 1900 die Formulierung der Mendelschen Regeln, die noch heute in den Schulen gelehrt werden. Kreuzte er beispielsweise Elternpflanzen, die sich nur im Merkmal der Samengestalt (rund oder kantig) wesentlich unterschieden, so stellte er fest, dass in den direkten Nachkommen nur runde Samen gefunden werden konnten (Uniformitätsregel). In den von Mendel ausgewählten Merkmalspaaren war typischerweise nur eine der beiden Merkmalsformen der Elterngeneration zu beobachten. Mendel ging deshalb davon aus, dass es dominant

(also merkmalsbestimmende) und rezessive (also zurücktretende) Merkmale gab. Die Uniformitätsregel wurde deshalb früher oft auch als »Dominanzregel« bzw. »Prävalenzregel« bezeichnet, wobei man diese Form der Vererbung einen dominant-rezessiven Erbgang nannte. Dem stellte man später einen sogenannten intermediären Erbgang gegenüber, bei dem alle Mitglieder der Tochtergeneration eine Mischform der betrachteten elterlichen Merkmale aufweisen. Aus der Kreuzung von reinerbigen rotblühenden Pflanzen mit reinerbigen weißblühenden Pflanzen entstehen so beispielsweise bei der Wunderblume nur uniform Nachkommen mit rosafarbenen Blüten.

Mendel wies zudem darauf hin, dass sich bei der Kreuzung von Pflanzen aus der uniformen Tochtergeneration weitere Regelmäßigkeiten beobachten ließen. Bei den von ihm untersuchten dominant-rezessiven Erbgängen stellte er so fest, dass das rezessive Merkmal der Elterngeneration, welches in der ersten Tochtergeneration nicht aufgetreten war, nach Kreuzungen bei deren Nachkommen (2. Tochtergeneration) wiederauftauchen konnte und dort in einem Viertel der ausgewerteten Pflanzen zu finden war. Drei Viertel der Pflanzen zeigten dagegen das dominante Merkmal, so dass sich das bekannte 3:1-Verhältnis (dominant/rezessiv) ergab. Die zweite Mendelsche Regel wird daher typischerweise als »Spaltungsregel« bezeichnet. Heute ist allseits bekannt, dass dies darauf zurückzuführen ist, dass die Individuen in der uniformen ersten Tochtergeneration nicht nur einen uniformen »Phänotyp«, sondern auch einen uniformen »Genotyp« besitzen. Dabei wird das ausprägende Merkmal durch zwei unabhängige Genvarianten (Allele) auf zwei homologen Chromosomen bestimmt. Ein Allel kodiert dabei für das dominante erscheinende Merkmal, während das andere Allel für das rezessive Merkmal bestimmend ist. In diesem Fall spricht man davon, dass die Individuen der ersten Tochtergeneration heterozygot sind. Werden solche Pflanzen untereinander gekreuzt, so ergeben sich daraus Pflanzen, die unterschiedliche Kombinationen der Allele aufweisen können.

Gregor Mendel kannte zur Zeit seiner Experimente natürlich weder Gene noch Chromosomen oder Allele. Allerdings ging er bereits vom Vorhandensein innerer Faktoren aus, durch welche das jeweilige äußerliche Merkmal im Verlauf der Entwicklung ausgeprägt werden kann. In seinen Versuchen beschäftigte sich Mendel zuletzt auch noch mit der Frage, welchen Regeln die Vererbung folgt, wenn mehrere Merkmale parallel betrachtet werden. Dabei stellte er fest, dass bei der Kreuzung reinerbiger Eltern und deren Nachkommen die jeweiligen wesentlichen Merkmale unabhängig voneinander weitergegeben werden, so dass es in der zweiten Tochtergeneration auch zu neuen Merkmalskombinationen kommen kann (Unabhängigkeitsregel).

Mendel stellte die Ergebnisse seiner Versuche im Februar und März 1865 in zwei Vorlesungen im Naturforschenden Verein in

Brünn vor. Mit seinem Untersuchungsdesign war Mendel seinen Zeitgenossen Jahrzehnte voraus: Er erreichte mit der Darstellung dieser statischen, statistischen Verhältnisse nicht nur eine Quantifizierung und Visualisierung der Merkmalsgenetik, sondern begründete hier auch schon eine frühe Faktorengenetik. Es sollte schließlich noch 35 Jahre, bis weit nach Mendels Tod, dauern, bevor die von ihm formulierten Gesetzmäßigkeiten ihrem »Gründervater« zum entsprechenden Ruhme verhalfen.

Mendel als Meteorologe

Auch wenn sich Mendels Ruhm heute vorwiegend aus seinen mehrjährigen Kreuzungsversuchen herleitet, war sein wissenschaftliches Interesse längst nicht darauf beschränkt. Besonders eifrig war er im Bereich der Meteorologie, dem die meisten seiner wissenschaftlichen Publikationen zuzuordnen sind. In diesen beschäftigte er sich zum Beispiel mit einem von ihm in Brünn beobachteten Wirbelsturm, der dort schwere Schäden verursachte. Daneben war Mendel überhaupt ein Spezialist für Langzeitstudien. So wirkte er seit Mitte der 1850er Jahre in einem über weite Teile Europas verteilten klimatischen und phänologischen Beobachtungsnetzwerk mit, wobei er schon sehr frühzeitig die Idee vertrat, dass sich über das neu eingerichtete Telegraphensystem Wettervorhersagen zum Nutzen der Landwirte und Bauern einsetzen ließen.

Sein besonderes Interesse galt jedoch der Kreuzung verschiedener Pflanzenarten. Von diesen Arbeiten hat er jedoch nur einen kleinen Teil publiziert. Als 1867 der Prälat des Klosters Cyrill Napp verstarb, wurde Mendel im Alter von 45 Jahren zum Nachfolger als Abt gewählt. Administrative Arbeiten nahmen einen wachsenden Teil seiner Zeit in Anspruch. Mendel starb 1884 vermutlich infolge eines Herz-Nieren-Leidens.

Ver spätete Rezeption

Folgt man der traditionellen Auffassung zur Bedeutung von Mendels Pflanzenexperimenten, so wurden seine Arbeiten zunächst verkannt, ignoriert, und sie gerieten für Jahrzehnte in Vergessenheit, bevor sie im Jahr 1900 »wiederentdeckt« wurden. Heute weiß man, dass diese Darstellung nur teilweise richtig ist, denn Mendels Arbeiten sind im Rahmen von Studien zur klassischen Hybridisierung vorher schon zitiert worden, und bereits 1867 erschien ein erster, wenn auch gekürzter Nachdruck seiner »Versuche über Pflanzen-Hybriden«. Zudem belegen mehrere Zeitungsartikel aus den 1850er/1860er Jahren, dass Mendels Arbeit schon damals kontrovers im Rahmen des Darwinismus und des Materialismus diskutiert worden ist. Die grundlegende Bedeutung seines Artikels aber ist im 19. Jahrhundert in der Tat nicht erkannt worden. Zu den Anekdoten über Mendel gehört der überlieferte Satz, den er oft geäußert haben soll: »Meine Zeit wird noch kommen.« Sie kam in der Tat im Jahr 1900, als Carl Correns (1864–1933), Hugo de Vries (1848–1935) und Erich von Tschermak-Sey-

senegg (1871–1962) ähnliche Ergebnisse zu Kreuzungen veröffentlichten und dabei auf die ihnen vorangegangenen Arbeiten Mendels stießen, auf deren Bedeutung aufmerksam machten und den Begriff der Mendelschen Regeln bzw. Gesetze prägten.

Die Bedeutung von Mendels Erkenntnissen ergab sich hierbei direkt als erklärender mechanistischer Ausgangspunkt der Theoretischen Genetik, der bis heute wesentliche Aspekte der Tier- und Pflanzenzüchtung prägt und über die Jahrzehnte eine Vielzahl von Pflanzenzüchtern, Biologen, Medizinern und Naturforschern inspiriert und beeinflusst, gleichzeitig aber auch immer wieder essentielle ethische Fragen und Konflikte aufgeworfen hat. Ohne den initialen Schub der Wiederentdeckung und der Popularisierung von Mendel innerhalb der Biologie wäre deren Entwicklung wohl kaum so schnell vorangeschritten. Eine zentrale Stellung nimmt in dieser Hinsicht seine Publikation »Versuche über Pflanzen-Hybriden« ein. Ihre klare, prägnante Darstellung von mathematischen Auswertungen lieferte der quantitativen Biologie einen wichtigen Impuls – ja, sie galt bald als leuchtendes Beispiel für einen idealen wissenschaftlichen Hilfsartikel – weil sie nicht zuletzt auch die essentielle Bedeutung der Statistik als wissenschaftliches Hilfsmittel hervorhob und popularisierte. Moderne Phänotypisierungsanlagen, in der automatisiert die Merkmale tausender Pflanzen bildgebend parallel analysiert werden können, bieten heute völlig neue Möglichkeiten, um Phänotypen quantitativ zu untersuchen. In Kombination mit den technischen Möglichkeiten der Genetik, die es jetzt unter anderem erlauben, ganze Genome zu studieren, eröffnen sich hier völlig neue Perspektiven zur Untersuchung der Einflüsse von Umweltbedingungen auf kontinuierliche und komplexe Merkmale, an deren Ausprägung mehrere Gene und deren Regulation beteiligt sind.

Nach 1900 galt Mendels Artikel zu seinen Versuchen bald als lange ignoriertes naturwissenschaftliches Meisterwerk, das in seinem Stil und seiner Prägnanz für die experimentelle Biologie schnell als wegweisend angesehen wurde. Nichtsdestotrotz gibt es auch in Mendels Arbeit unzählige Textstellen, die verschiedene Interpretationen zulassen. Eine von den Autoren herausgegebene neue, kritisch-kommentierte Edition der Texte Mendels vermittelt diesbezüglich neue Einblicke und erläutert, wie es historisch überhaupt zu den Kreuzungsversuchen gekommen ist und auf welche naturhistorischen Traditionen Gregor Mendel zurückgreifen konnte.

Michael Mielewczik ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Sozioökonomie, Agroscope, Schweiz. Uwe Hoßfeld ist Professor für Didaktik der Biologie und Leiter der AG Biologiedidaktik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Michal V. Simunek ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für Wissenschaftsgeschichte des IFZ der Tschechischen Akademie der Wissenschaften in Prag.