

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Vierter Jahrgang.

6. Oktober 1916.

Heft 40.

Die Grundlinien der Mutationstheorie.

Von Prof. Hugo de Vries, Lunteren, Holland.

Auf unseren Heiden sieht man von Zeit zu Zeit, inmitten von Tausenden und Abertausenden von rotblühenden Heidekräutern ein einzelnes Exemplar mit weißen Blüten. In allen übrigen Hinsichten gleicht es seinen Nachbarn, nur ist das Laub von reinerem Grün, da auch hier der rote Farbstoff fehlt. Fast unabweislich drängt sich uns die Frage auf: Wie kommt eine solche Pflanze hierher? Zwar kommen auch sonst weißblühende Individuen vor, aber doch sehr selten, und die einzelnen Stellen sind zu weit voneinander entfernt, um sie durch den Transport von Samen von der einen zur anderen zu erklären. Einfacher ist es, anzunehmen, daß die Varietät an Ort und Stelle aus der Art entstanden sei. Aber wie? Darüber lehrt die Beobachtung nur, daß Übergänge und Zwischenformen fehlen. Wäre die neue Form allmählich, mit fast unmerklichen Stufen, aus der Mutterart hervorgegangen, so dürfte man, bei der Langlebigkeit dieser Sträucher, mit Grund erwarten, daß wenigstens noch einige von diesen Zwischenstadien gefunden werden sollten. Dem ist aber nicht so, und somit müssen wir annehmen, daß sie auch nicht dagewesen sind, und daß die weiße Form mit einem Sprunge aus der alten hervorgegangen ist.

So verhält es sich in der Natur überall. Von zahllosen Varietäten, welche jetzt in unseren Gärten vermehrt werden, weiß man, daß sie ursprünglich als ein einzelnes Exemplar im Freien vorgefunden worden sind. Namentlich gilt dieses von Holzgewächsen, da hier die Anfangspflanze der neuen Rasse ja selbst während mehrerer Jahre am Leben bleiben kann. Ebenso von den perennierenden Arten und, wenn auch seltener, von den einjährigen. Ein plötzliches Auftreten ohne Übergänge ist überall die Regel.

Um ganz sicher zu sein, muß man den Vorgang aber im Versuchsgarten beobachten. Dazu eignet sich aber die weiße Heide nicht gut, und ich habe somit eine ganz andere Pflanze gewählt, von der gleichfalls bekannt ist, daß sie im Freien von Zeit zu Zeit, wenn auch sehr selten, eine bestimmte Varietät hervorbringt. Ich meine den gemeinen Frauenflachs (*Linaria vulgaris*), welcher bisweilen eine Form mit ausschließlich röhrenförmigen Blüten mit fünf Spornen (*L. vulg. peloria*) bildet. Da die Varietät nahezu steril ist, ist eine Verbreitung durch Samen im Freien von vornherein ausgeschlossen. Sie vermehrt sich aber durch Wurzelbrut und erhält sich dadurch

im Laufe mehrerer Jahre, pflegt dann aber wieder zu verschwinden. Zwar findet man an den Blüentrauben der normalen Art gelegentlich eine einzelne Blüte mit fünf Spornen, oder noch viel seltener deren zwei oder drei, aber weitere Übergänge zu der rein fünfspornigen Varietät fehlen durchaus.

Für meinen Versuch habe ich die Art aus dem Freien in meinen Garten gebracht und ihre Anforderungen an die Kultur genau studiert, um möglichst kräftige und reichblühende Samenträger zu erhalten. Unter gewöhnlichen Bedingungen blüht sie im ersten Jahre nicht; durch starke Düngung gelang es mir aber, sie dazu zu bringen, und somit konnte ich in jedem Jahr eine neue Generation heranziehen. Ich vermehrte meine Pflanze so stark wie möglich, aber während mehrerer Jahre blieb sie normal. In der fünften Generation trat aber plötzlich die erhoffte Varietät auf, und zwar nicht in einem einzelnen, sondern in mehreren Exemplaren. Es waren deren 16 unter etwa 1800 Nachkommen eines einzelnen Individuums. Sie haben reichlich geblüht, und alle ihre Blüten trugen ausnahmslos fünf Spornen. Übergänge fehlten. Es fanden sich weder Pflanzen mit einer allmählich zunehmenden Anzahl von pelorischen Blüten vor, noch auch Blüten mit 2, 3 oder 4 Spornen. Dagegen wiederholte sich die Mutation im nächsten Jahre aus dem Stamme der reinen Art. Leider war auch jetzt die Varietät nahezu ganz steril, aus ihren wenigen Samen erhielt ich aber etwa hundert kräftige Pflanzen, welche während eines ganzen Sommers sehr üppig geblüht haben, und ein prachtvolles Beet darstellten. Alle Blüten waren hier pelorisch, mit fünf Spornen.

Somit entstehen Varietäten aus ihrer Mutterart im Freien plötzlich, ohne Vorbereitung und ohne Übergänge. Mit einem Schlage sind sie da, und sofort sind sie erblich und konstant.

Genau so verhält es sich im Gartenbau. Alljährlich bringen die größeren Gärtnereien neue Varietäten in den Handel, und die Art und Weise ihrer Entstehung ist somit wohl bekannt. Unerwartet treten sie auf, und sofort sind sie völlig von der Mutterart verschieden. Anscheinend sind sie nicht gleich anfangs konstant aus Samen, sondern müssen im Laufe einiger Jahre gereinigt und, wie man es nennt, fixiert werden, bevor sie ausreichend samenfest sind, um in die Kataloge aufgenommen zu werden. Dieses beruht aber nach meiner Erfahrung nur auf Vizinismus oder Nachbarbefruchtung. Die neu aufgetretene Form wird von den Insekten teilweise mit dem Blütenstaub ihrer Nachbarn befruchtet, und ihre

Nachkommenschaft muß somit von diesen Bastarden gereinigt werden. Das geschieht aber, aus technischen Gründen, nur unvollständig und muß daher in den nächsten Jahren wiederholt werden, bis die reinen Samen ausreichend überwiegen. Daß diese Erklärung des Fixierens die richtige ist, sieht man, wenn man solche Neuheiten kauft und künstlich und rein befruchtet. Sie ergeben sich dann sofort als völlig konstant.

Auch hier schien es mir wichtig, den Vorgang im Versuchsgarten genau zu studieren. Ich wählte dazu die gelbe Saatwucherblume und versuchte aus ihr eine gefülltblütige Varietät darzustellen. Bei mehreren anderen Arten der Gattung sind solche wohl bekannt, beim *Chrysanthemum segetum* unserer Äcker kannte man sie bis dahin nicht. Ich vermehrte die Art, unter starker Düngung, so kräftig wie möglich und wählte als Samenträger Exemplare mit einer großen Anzahl von Zungenblüten, oder noch besser solche Individuen, welche in ihrer Nachkommenschaft in dieser Richtung bevorzugt waren. Allerdings ist die Vermehrung der Zahl der Randblüten noch kein Anfang der Füllung; diese tritt erst ein, wenn zungenförmige Blüten zerstreut zwischen den kleinen röhrigen Blüten der Scheibe auftreten. Die Anzahl der Randblüten nahm allmählich zu, die Füllung trat aber plötzlich in der vierten Generation meiner Rasse auf einem einzigen Individuum auf. Im nächsten Jahre säte ich nur die Samen dieser Pflanze und hatte eine Kultur, in der alle Individuen auf allen kräftigen Körbchen gefüllt waren. Die neue Varietät war somit schon im Jahre nach ihrer Entstehung völlig fixiert. Auch erreichte sie gleich damals das Maximum ihrer Ausbildung, da ihre Körbchen genau so stark gefüllt waren, als solches bei den besten doppeltblütigen Varietäten von anderen Arten derselben Gattung der Fall zu sein pflegt.

Den beschriebenen Vorgang des plötzlichen Auftretens neuer Varietäten nennt man jetzt eine Mutation. Die Theorie der Mutationen aber beruht auf der Annahme, daß auch Arten plötzlich und ohne Übergänge und mit voller Samenfestigkeit aus ihren Mutterarten hervorgehen. Der Vorgang muß, wenigstens äußerlich, derselbe sein, wie bei den Varietäten, und bekanntlich werden die letzteren häufig als beginnende Arten betrachtet.

Macht man diese Annahme, so muß dieselbe Vorstellung offenbar auch auf die Gattungen und Familien sowie auf die größeren Abteilungen der beiden organischen Reiche ihre Anwendung finden. Sie muß für den ganzen Stammbaum gelten. Hier befindet sich die Theorie auf dem Gebiete der vergleichenden Forschung, experimentell kann sie nur für die Arten und Unterarten dem Studium unterworfen werden. Die Überzeugung, daß Gattungen und größere Gruppen den Arten durchaus gleichwertig sind und daß sie offenbar in derselben Weise entstanden sein müssen, wie diese, ist aber jetzt so allgemein verbreitet, daß wir darauf

an dieser Stelle nicht einzugehen brauchen. Wir betrachten einfach die Arten als die Grundlage unseres Systems.

Die Vorstellung eines sprungweisen Entstehens der Arten hat die Auffassung einer ganz langsamen Entwicklung der Organisation, mittels unsichtbar kleiner Stufen und als Folge der Ansprüche der umgebenden Welt, zu ersetzen. Neue Merkmale entstehen nach ihr nicht, weil sie später nützlich werden können, und werden nicht aus diesem Grunde zu allmählich steigender Vollkommenheit ausgebildet. Solches mag wohl von den Gruppen von Merkmalen gelten, welche die auffallend schönen Anpassungen im Pflanzen- und im Tierreich bilden. Hier züchtet der Kampf ums Dasein in der bekannten Weise, indem er das örtlich Günstige erhält und jene neu aufgetretene ungünstige Mutation ausmerzt. In dieser Weise leitet der Kampf allmählich zu jener stattlichen Anhäufung günstiger Eigenschaften, welche zusammen die prachtvollen Organisationen der Orchideen, der Schlingpflanzen, der insektenfressenden Pflanzen und so mancher anderen Gruppen bilden. Aber auf die Entstehung der einzelnen Faktoren dieser sehr zusammengesetzten Bildungen wirft diese Theorie kein Licht.

Hier muß die Mutationstheorie eintreten. Tatsächlich liegt ihr wissenschaftlicher Wert, abgesehen von der experimentellen Seite der Frage, in der Aufhebung der zahlreichen Schwierigkeiten, welche der alten Vorstellung anklebten, und welche während so vieler Jahrzehnte als Waffen gegen diese und damit gegen die ganze Abstammungslehre gebraucht worden sind. Wir wollen somit jetzt darlegen, wie die neue Theorie die Deszendenzlehre von diesen Bedenken befreit.

Der schwerste und älteste Einwurf ist die Nutzlosigkeit der Eigenschaften in den ersten Phasen ihrer Ausbildung, falls man diese als eine langsame annimmt. Ein noch fast unmerklicher Geruch der Blüten könnte noch keine Insekten anlocken, und jedenfalls nicht in solchem Maße, daß er dadurch der betreffenden Pflanze einen merklichen Vorteil im Kampf ums Dasein geben könnte. Eine allmähliche Ausbildung von Gerüchen auf Grund ihrer Nützlichkeit entzieht sich unserem Verständnis. Dasselbe gilt von den Farben der Blüten und von den meisten einfachen Eigenschaften. Anpassungen an das Fangen von Insekten haben nur dann Bedeutung, wenn die entsprechenden Einrichtungen zum Verzehren auch bereits vorhanden sind, bis dahin kann die natürliche Auslese nicht züchtend auf sie einwirken. Instinkte, welche von der Norm abweichen, müssen offenbar schädlich sein, und bis sie sich an neue Ziele angepaßt haben, müssen sie im Kampf ums Dasein wohl stets ausgemerzt werden. Sie können somit nur plötzlich und in voller Ausbildung entstanden sein, da sie sonst keine genügende Aussicht auf Erhaltung hätten. So gilt es allgemein. Nach der alten Lehre sind neue Merkmale im Anfange so unbedeutend, daß sie ganz nutzlos

sein müssen und somit der Zuchtwahl keinen Anhaltspunkt zur weiteren Ausbildung bieten. Aber die Lehre von der sprungweisen Entstehung der Merkmale beseitigt alle diese Schwierigkeiten mit einem Male. Die neuen Eigenschaften sind entweder nützlich oder gleichgültig und können dann erhalten bleiben, oder sie sind schädlich und müssen dann bald verschwinden.

Nutzlose Eigenschaften kann die alte Vorstellung gar nicht erklären. Es gibt überhaupt keinen Grund für deren allmähliche Ausbildung. Dennoch gibt es zahllose Beispiele. Man braucht nur die Artdiagnosen ins Auge zu fassen oder die Merkmale, mittelst deren man in Bestimmungstabellen den Namen einer Pflanze aufsucht. Für die meisten kann man gar keinen Nutzen finden. Allgemein gilt die Regel, daß eine Pflanze ohne eine solche Eigenschaft genau ebensogut und oft unter denselben äußeren Bedingungen ihr Dasein behaupten kann als mit ihr. Fehlen die diagnostischen Kennzeichen doch selbstverständlich stets den nächststehenden Formen. Aber auch manche anscheinend schönen Anpassungen sind in Wirklichkeit nutzlos oder sogar in geringem Grade schädlich. Die ganze Pracht des Blühens des Löwenzahns ist überflüssig, denn die Pflanze bildet ihre Samen ohne Befruchtung aus. Die Heterostylie der Schlüsselblumen (*Primula*) ist in der Natur nutzlos, denn Kreuzungen sind im Freien sehr selten. Die Fliegenorchis und ihre Verwandten ahmen die Insekten so deutlich nach, daß die Bienen sie scheuen; sie werden nur selten befruchtet. Zahllose derartige Eigenschaften können zwar plötzlich entstehen und erhalten bleiben, aber nicht durch die Zuchtwahl in ihren Einzelheiten allmählich ausgebildet werden.

Die ältere Vorstellung nahm eine Auslese der günstigen Abweichungen an, wie sie von der gewöhnlichen Variabilität dargeboten werden. Damals kannte man die Gesetze dieser Veränderlichkeit noch nicht. Jetzt weiß man, daß die Erscheinung entsprechend verläuft, wie alle nur von der Wahrscheinlichkeit beherrschten Vorgänge. Die pflanzliche und tierische Variabilität folgt demselben Schema. Abweichungen vom Mittel kommen vor, sie sind aber um so seltener, je weiter sie abweichen. Das Mittel wird von den inneren Anlagen bestimmt, die Abweichungen aber von äußeren Umständen, und namentlich von der Ernährung. Die Variabilität ist eine lineare, sie besteht in einer stärkeren oder schwächeren Ausbildung der Merkmale. Für die Entstehung neuer Eigenschaften bietet sie somit kein Material, dazu braucht es ganz anderer Vorgänge. Solche kannte die alte Theorie nicht, für uns sind gerade diese die sprungweisen Änderungen oder Mutationen. Ein Beispiel möge angeführt werden. Der Zuckergehalt der Rüben kann durch Zuchtwahl wesentlich erhöht werden, innerhalb der kultivierten Rassen, und bekanntlich bieten nur Samen von Rüben mit hohem Gehalt ge-

nügende Aussicht auf eine gute Ernte. Aber auf die Entstehung neuer morphologischer Merkmale bietet diese Variabilität offenbar gar keine Aussicht.

Die Vorstellung einer ganz langsamen Ausbildung der einzelnen Eigenschaften begegnet in ihrer Anwendung auf das ganze Pflanzen- oder Tierreich noch anderen unüberwindlichen Schwierigkeiten. Man hat auf Grund dieser Auffassung die Zeit berechnet, welche zur Entwicklung des ganzen Stammbaumes erforderlich sein würde, und gefunden, daß mehrere Milliarden von Jahren dazu erforderlich wären. So alt ist unsere Erde aber nicht. Sie mag einige Millionen von Jahren lebende Wesen getragen haben, aber gewiß keine Tausende von Millionen.

Um das Alter der Erde zu berechnen, gründet man sich auf eine Reihe von sehr verschiedenen Erscheinungen. Die Astronomen haben berechnet, daß die Abtrennung des Mondes von der Erde vor etwa 60 Millionen Jahren vor sich gegangen ist. Die Zunahme der Temperatur in tiefen Bohrlöchern beträgt in einzelnen Gegenden ungefähr einen Grad pro 50 m, in anderen aber einen Grad pro 100 m. Daraus läßt sich die Geschwindigkeit der Abkühlung und aus dieser das Alter der festen Erdkruste berechnen. Man gelangt zu 20 bis 40 Millionen von Jahren.

Der Salzgehalt des Meeres nimmt durch die jährliche Zufuhr aus den Flüssen zu. Diese drainieren das von ihnen durchströmte Gebiet, und der Regen laugt die löslichen Salze allmählich aus. Man kennt die jährliche Zufuhr fast aller größeren Flüsse und kann daraus die jährliche Zunahme im Meere berechnen, sowie die Zeit, welche erforderlich wäre, um unter den jetzigen Bedingungen das jetzt vorhandene Salz im Ozean anzuhäufen. Man erhält einen Wert von 90 Millionen Jahren. Aber am Anfange der erwähnten Auslaugung muß die Zunahme rascher gewesen sein, und die Zeit, während welcher Flüsse und somit Festland bestehen, darf also wesentlich kleiner angenommen werden.

Das Alter der geologischen Schichten ergibt sich aus ihrer Gesamtdicke und der Geschwindigkeit des Absatzes an den Küsten der jetzigen Meere. Die Gesamtdicke ist etwa 80 km, und der Absatz erreicht im Mittel 30 cm im Jahrhundert. Hieraus leitet man ein Alter von etwa 26 Millionen Jahren für die Erdkruste ab.

Die Kalkfelsen werden im Meere von Korallen, Mollusken und anderen Organismen gebildet. Sie benutzen dazu den gelösten doppelt-kohlensauren Kalk, welcher von den Flüssen zugeführt wird. Man braucht also nur die jährliche Zufuhr und die Masse der Schichten zu kennen, um die erforderliche Zeit zu berechnen. Man gelangt auf diesem Wege zu einem Alter von 36—45 Millionen von Jahren.

Wie man sieht, handelt es sich stets um weniger als 100 Millionen und meist um weniger als 50. So groß die Abweichungen der einzelnen

Berechnungen auch sein mögen, und so ungenau die empirischen Grundlagen für so weitgehende Schlüsse auch genannt werden mögen, so erfreulich ist andererseits die Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Ergebnissen. Offenbar kommt man der Wahrheit am nächsten, wenn man der Erde ein Alter von etwa 40 Millionen von Jahren zuschreibt. Aber wie weit ist diese Zahl entfernt von den Milliarden, welche die Vorstellung von der langsamen Entwicklung der Merkmale der Lebewesen forderte! Die Theorie der sprunghaften Ausbildung der elementaren Eigenschaften entspricht den Anforderungen der Astronomie, der Geologie und der Physik aber durchaus und findet somit auf allen diesen Gebieten eine feste Grundlage.

Wie die Arten in der Natur tatsächlich entstehen, entzieht sich einstweilen der unmittelbaren Beobachtung. Es gibt aber eine Gruppe von Erscheinungen, welche darauf ein ganz bestimmtes und klares Licht werfen können. Ich meine die allerjüngsten Arten, welche noch keine Zeit gehabt haben, sich auf der Erde wesentlich zu verbreiten, und somit noch an Ort und Stelle gefunden werden, wo sie nach aller Wahrscheinlichkeit entstanden sind. Solche lokale Formen nennt man endemische, da sie nur in einer einzelnen, meist kleinen Gegend angetroffen werden. Merkwürdigerweise sind diese Formen nun keineswegs stets elementare Arten oder Varietäten. Gerade im Gegenteil wird die Bezeichnung endemisch vorzugsweise auf gute systematische Arten angewandt. Sogar ganze Gattungen können endemisch sein, und entweder nur aus einer einzigen Art bestehen oder aus einer kleinen Gruppe von solchen, welche zusammen ein beschränktes Gebiet, wohl dasjenige ihres gemeinschaftlichen Ursprunges, bewohnen. Solche Beobachtungen führen zu einer Erweiterung der Theorie, da ja nicht nur ganz kleine, sondern auch weit bedeutendere Artunterschiede mit einem Sprunge in die Erscheinung müssen treten können.

Die Insel Ceylon hat etwas über 800 endemische Pflanzenarten. Weit aus die meisten findet man in dem südwestlichen Viertel, in dem bewaldeten Gebirgslande mit seinem feuchten, tropischen Klima. Manche Art wächst dort nur auf einem einzigen Gipfel oder an einem Abhange oder in einem vereinzelt Tale. Oft ist die Zahl ihrer Individuen entsprechend klein, und falls es sich um Sträucher handelt, beschränkt sich die ganze Art bisweilen auf ein Dutzend Exemplare oder wenig mehr. Andere endemische Arten haben ein etwas größeres Gebiet, indem sie mehrere Quadratkilometer bewohnen. Man kann die Arten nach der Größe ihrer Wohnstätten in Gruppen bringen; viele verbreiten sich über etwa ein Viertel oder ein Drittel der ganzen Gebirgsgegend. Noch andere endemische Arten bewohnen nahezu die ganze Insel. *Willis*, der diese Erscheinung einer eingehenden geographischen und statistischen Untersuchung unterworfen hat, kommt zu

der Folgerung, daß es sich hier wohl stets um ganz junge Arten handelt. Sie gehören meist zu Gattungen, von denen andere Arten weit über die Insel und wohl auch sonst in Indien verbreitet sind, und haben zu diesen nicht selten morphologische Beziehungen, welche deutlich auf eine Abstammung der seltenen Formen von den allgemeineren hinweisen. Man könnte zwar einwerfen, daß es sich um aussterbende Arten handle, welche noch an ihren letzten Wohnstätten gefunden werden. Aber dann müßte der Fall häufig sein, daß dieselbe Art sich z. B. auf zwei oder mehrere benachbarte Gipfel zurückgezogen hätte. Dem ist aber nicht so, denn Arten, welche nur an zwei oder nur an einigen geographisch entfernten Fundorten vorkommen, sind auf Ceylon sehr selten.

Offenbar sind die Arten mit einem einzelnen kleinen Fundort die jüngsten, und sind die Wohngebiete um so größer, je älter die betreffende Art und je besser sie zu einer raschen Verbreitung in der betreffenden Gegend ausgerüstet ist. Viele andere Arten sind im Laufe des letzten Jahrhunderts von anderswo zufällig in Ceylon eingeführt worden. Je nach ihrem Verbreitungsvermögen sind die meisten seitdem ausgestorben oder doch nur ganz lokal geblieben, während einige sich in wenigen Jahrzehnten über die ganze Insel verbreitet haben. Die lokalen endemischen Arten sind offenbar in dieser Beziehung von der Natur nicht begünstigt worden, sie können sich wohl nur ganz langsam ausbreiten, sonst würden sie jetzt schon ausgedehnte Teile der Insel bewohnen. Dieser Umstand spricht dafür, daß sie nicht durch stetige Auslese in vorteilhafter Richtung variierender Individuen entstanden sind; sie sind offenbar im Kampf mit ihren Vorfahren nur ganz unwesentlich im Vorteil. Die Vergleichung ihrer Merkmale mit denen verwandter Arten führt meist zu derselben Folgerung. Die Unterschiede sind verhältnismäßig große, jedenfalls vom Range guter systematischer Arten, und bisweilen entsprechen sie den Unterschieden von Untergattungen und Gattungen. Aber die Merkmale sind meist rein diagnostischer Natur; irgendeine Beziehung zum Kampf ums Dasein oder zu den lokalen Bedingungen, unter denen die endemischen Arten leben, zeigen sie nicht. Sie können offenbar nicht als eine Reizwirkung der Lebenslage betrachtet werden oder als ein Versuch seitens der Pflanzen, den Anforderungen des Klimas, des Bodens und der umgebenden Lebewelt Genüge zu leisten. Es bleibt keine andere Vorstellung möglich als diese, daß sie ihr Dasein plötzlichen Mutationen verdanken und sie dabei die Vorzüge ihrer Vorfahren im wesentlichen beibehalten oder diese sogar ein wenig verbessert haben.

Wie bereits bemerkt, hat Ceylon außer endemischen Arten auch endemische Gattungen und sogar einige Familien, von denen die sämtlichen Arten auf die Insel beschränkt sind. Von den

Gattungen sind 23, von den Familien 6 in dieser Lage. Betrachten wir die erstere Gruppe etwas genauer, so finden wir, daß 17 Gattungen jede nur aus einer einzigen Art bestehen, vier umfassen 2—3 Arten und nur zwei sind daran reicher. Diese sind *Doona* mit 11 und *Stemonoporus* mit 15 Arten, welche fast alle äußerst seltene Formen sind, deren Merkmale aber dennoch weiter auseinander gehen als bei manchen anderen guten Arten. In den beiden namhaft gemachten Gruppen ist die Verbreitung der einzelnen Arten eine solche, daß die Annahme auf der Hand liegt, daß die Arten nahezu gleichzeitig und auch lokal zusammen entstanden sind. So ist z. B. die ganze Gattung *Doona* auf die südwestliche Spitze der Insel beschränkt, und nur für eine Art umfaßt das Gebiet alle die lokalen Wohnstätten der anderen. Diese Art dürfte wohl die älteste sein, aus der die übrigen hervorgingen.

Willis gelangt nun zu der Ansicht, daß nicht nur die Arten, sondern auch die lokalen Gattungen sich mit einem Sprunge von ihren Vorfahren losgetrennt haben. Es braucht dazu oft nur der Annahme einer einmaligen Mutation. Während es sich bei den meisten Mutationen je nur um eine Eigenschaft handelt, oder doch nur ganz wenige voneinander unabhängige Merkmale dabei zusammen mutieren, breiten sich diese generischen Mutationen über viel größere Gruppen von Kennzeichen aus. Wie es kommt, daß in solchen Fällen die Merkmale gruppenweise verändert werden, ist eine wichtige Frage für die experimentelle Forschung, aber auf diese wollen wir hier nicht eingehen. Hauptsache ist, daß die Änderungen nicht solche sind, welche den Anforderungen der Umgebung entsprechen oder, wie man es gewöhnlich ausdrückt, für ihre Träger nützlich sind. Die alte Vorstellung einer langsamen Entwicklung unter dem Einflusse der natürlichen Auslese kann sie nicht erklären.

Die Folgerungen, zu denen das Studium der geographischen Verbreitung der Arten auf der Insel Ceylon führt, finden ihre Bestätigung für andere Gebiete, und zwar um so deutlicher, je reicher die betreffenden Floren an endemischen Arten sind. Allerdings kommt auch der Fall vor, daß die endemischen Formen die letzten Reste einer früheren sehr reichen Flora sind, wie in Florida und auf den Bermuda-Inseln, aber die Art und Weise der Verbreitung zeigt dort ganz andere Verhältnisse, als wo es sich um die Neubildung von Arten handelt. Wo eine solche angenommen werden darf, weist alles auf sprungweise und oft bedeutende Umänderungen ohne Rücksicht auf die Anforderungen der Umgebung hin und spricht somit klar für die Theorie der Mutationen.

In der Landwirtschaft hat sich die Mutationstheorie gegen die herrschende Erklärung des Selektionsprozesses und damit zugleich gegen die übliche Methode dieses Verfahrens ausgesprochen. Das alte Verfahren erforderte eine lange Reihe von Jahren, oft 10 bis 20 oder noch mehr, um zum

Ziel zu gelangen. Die neuen Prinzipien aber lehren, daß in einem einzigen Jahre, bzw. in einer einzigen Generation, alles erreicht werden kann, was überhaupt im gegebenen Falle erreichbar ist. Allerdings brauchen dann die vollständige Beurteilung der praktischen Vorzüge der neuen Rasse und ihre Vermehrung in dem erforderlichen Grade noch einige Jahre, bevor die Neuheit auf den Markt gebracht werden kann, aber dadurch wird offenbar das Prinzip selber nicht beeinträchtigt.

Dieses Prinzip ist dasjenige der einmaligen Wahl. Es steht der vieljährigen stetigen Auslese schnurstracks entgegen. Die Praxis der letzten Jahrzehnte hat zu entsprechenden Erfahrungen geleitet, namentlich im Auslande, und diese Übereinstimmung hat der neuen Auffassung eine rasche und immer zunehmende Anerkennung gebracht.

Ich will versuchen die Grundsätze der beiden Systeme in möglichst einfacher Weise miteinander zu vergleichen. Das alte Verfahren geht von der Ansicht aus, daß die stets vorhandene hin und her schaukelnde Variabilität das Material für die praktische Züchtung bildet. Diese Variabilität besteht, wie wir bereits gesehen haben, einerseits in einer Steigerung, andererseits in einer Schwächung der fraglichen Eigenschaften. Wählt man nun diejenigen Individuen, in denen die technisch wertvollen Qualitäten in erhöhtem Grade vorhanden sind, und wiederholt man diese Operation im Laufe mehrerer Jahre in derselben Richtung, so müßte, wenigstens das glaubte man, die Rasse entsprechend zunehmen und für die Kultur wertvoller werden. Die Zunahme des Zuckergehaltes der Rüben, welcher unter dem Einflusse der Selektion von etwa 7 % bis 14 % und mehr sich verbessert hat, bildet das einfachste und klarste Beispiel für diese Ansicht.

Aber gerade hier lehrt die Erfahrung, daß es sich nicht um die Herstellung einer neuen Eigenschaft handelt, wenigstens nicht einer solchen, welche den Merkmalen gewöhnlicher, wildwachsender Arten analog ist. Diese letzteren sind, wenn einmal ausgebildet, unabhängig von jeder weiteren Selektion; keine Art bedarf der Mitwirkung des Kampfes ums Dasein, um ihre Merkmale beizubehalten. Demgegenüber hört die Selektion der Zuckerrüben niemals auf; es genügt nicht, die Samen von einer guten Rasse zu säen, sondern sie müssen auch von Individuen herkommen, welche entweder selbst oder doch in ihren unmittelbaren Vorfahren beim Polarisieren einen hohen Zuckergehalt aufgewiesen haben. Die Samen zuckerreicher Rüben werden nicht als konstante Rasse, sondern als die Ergebnisse ununterbrochener Auslese in den Handel gebracht.

Bei der Auswahl anderer landwirtschaftlicher Gewächse handelt es sich, nach den Prinzipien der Mutationstheorie und nach den neuesten Erfahrungen, um einen ganz anderen Vorgang. Neue Formen entstehen sprungweise. Stehen sie

bei ihren Vorfahren in bezug auf den Kampf ums Dasein nicht zurück, so können sie mit deren unveränderten Nachkommen gemischt ruhig weiter leben und sich vermehren. Wiederholen sich, im Laufe der Jahrhunderte, die Mutationen, so wird die sogenannte Rasse oder Varietät allmählich reicher an Formen, bis sie schließlich ein mehr oder weniger buntes Gemisch darstellt. Offenbar müssen alle Neuheiten, welche in ungünstiger Richtung abwichen, bald ausgestorben und verschwunden sein, das hindert aber die gleich guten oder besseren nicht, sich zu vermehren und einen ihren Vorzügen entsprechenden Platz im Gemische einzunehmen.

Tatsächlich bestehen nun die Arten und Varietäten der Großkultur aus solchen Gemischen. Die Zahl der Bestandteile wechselt selbstverständlich, steigt aber nicht selten bis auf hundert heran. Es leuchtet nun ein, daß nicht alle diese zusammen wachsenden Typen für die Kultur gleich wertvoll sind. Einige müssen das Mittel der Varietät übertreffen, während andere zurückstehen müssen. Daraus geht aber klar hervor, daß eine Reinigung des Gemisches den Ertrag erhöhen kann.

Diese Reinigung kann man in zweifacher Weise vornehmen. Entweder werden die Samen für die nächste Aussaat nur von den ertragreichsten Individuen genommen. Dadurch werden die schlechtesten Teile der Rasse sofort ausgemerzt, und durch stetige Wiederholung dieser Wahl gelangt man schließlich dazu, nur die allerbesten Typen aus der ursprünglichen Mischung beizubehalten. Dieses ist im Grunde das alte Verfahren; es hat in zahlreichen Fällen zu einer Erhöhung des Ertrages um 10 % und mehr geführt.

Das neue Verfahren berücksichtigt aber in bewußter Weise die theoretische Grundlage, d. h. die Zusammensetzung der Varietät aus einer gewissen Anzahl unabhängiger und nur miteinander gemischter Typen. Aus diesen Typen soll der beste ausgewählt werden. Es werden dazu einfach die Typen möglichst vollständig ausgesucht und zwar von jedem, um ganz sicher zu sein, nur ein einzelnes Exemplar. Dann werden sie nebeneinander, aber getrennt kultiviert und eingehend verglichen. Die schlechtesten sät man selbstverständlich gar nicht aus, weitaus die meisten fallen aber beim Vergleich im ersten Sommer aus. Man behält nur eine kleine Anzahl bei, welche dann einem weiteren Studium, und zwar in Hinsicht auf alle kulturellen und technischen Eigenschaften, unterworfen werden. Dabei ergibt sich ein Typus als der allerbeste. Oder es werden deren zwei oder drei gefunden, welche auf verschiedenen Böden, unter etwas verschiedenem Klima oder endlich für verschiedene technische Anforderungen die besten sind. Diese vermehrt man dann so rasch wie möglich weiter, aber ohne jede weitere Auslese. Die isolierte Rasse hat ihre guten Eigenschaften und behält diese bei, solange sie nicht durch Kreuzung

oder durch im Dünger beigemischte Samen verunreinigt wird. Sie ist nicht verbessert, sondern einfach isoliert worden.

Es würde mich zu weit führen, in fernere Einzelheiten einzugehen. Nur sei bemerkt, daß solche isolierte Rassen in der Regel in so geringem Grade variabel sind, daß von einer Züchtung nach diesen Prinzipien keine weitere Verbesserung erwartet werden kann. Dagegen bringen die reinen Rassen von Zeit zu Zeit sprungweise Mutationen hervor, welche selbstverständlich oft ohne Vorzüge sind, aber sich doch in einzelnen Fällen als wirkliche Verbesserungen ausgenommen haben. Von solchen hängt die Möglichkeit des Fortschrittes innerhalb der reinen Rasse ab.

Sobald die alte Auffassung einer stetigen künstlichen Auslese verlassen wird und die Tatsachen im Lichte der neueren Erfahrungen betrachtet werden, fügt sich der ganze Prozeß der Rassenveredlung den Grundprinzipien der Mutationstheorie. Diese umfaßt die Praxis in der Landwirtschaft sowie im Gartenbau und die theoretische Auffassung der Artbildung in der freien Natur sowie im Laufe der geologischen Entwicklung unserer Erde. Sie bildet den Eckstein der Abstammungslehre, indem sie diese in einfache Übereinstimmung mit den Erfahrungen anderer Disziplinen bringt. Sie öffnet uns den Weg zu einem experimentellen Studium des Vorganges der Artbildung selbst, da sie uns lehrt, daß dieser Prozeß dem Studium ebenso gut zugänglich gemacht werden kann, wie jede andere Erscheinung in der Natur.

Der aufrechte Gang des Menschen.

Von Privatdozent Dr. med. et phil. H. Gerhartz,
Bonn.

(Fortsetzung.)

Wirbelsäule.

Die Wirbelsäule ist der für die Aufrechterstellung wesentlichste Teil des Körpers, weil sie, ein fester Stützapparat bleibend, die notwendig mit der Aufrechterstellung verknüpfte Verlegung des Schwerpunktes besorgen muß und in ihrer Gestaltung zudem außer von den rein mechanisch bedingten Einflüssen der veränderten Beanspruchung von ihrer Umgebung in weitem Umfange bestimmt wird. Das erste Erfordernis für die Erfüllung dieser Aufgabe ist *Biegunsmöglichkeit*, die bei den meisten Tieren schon durch die Zerlegung in kleine Abschnitte und Einfügung von gelatinösknorpeligen Zwischenwirbelscheiben gewährleistet ist.

Für die Beurteilung der Rolle, welche diese einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule für ihre funktionellen Leistungen spielen, ist von besonderer Wichtigkeit die Trennung des untersten Endabschnittes der Wirbelsäule von dem übrigen kopfwärts davon gelegenen Wirbelsäulenteile.