

Biologisches Centralblatt

unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess

und

Dr. E. Selenka

Prof. der Botanik

Prof. der Zoologie

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 16 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

XII. Band.

1. August 1892.

Nr. 14 u. 15.

Inhalt: Keller, Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie (Schluss). — Molisch, Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen, eine physiologische Studie. — Leydig, Zum Integument niederer Wirbeltiere abermals. — Rosenthal, Kalorimetrische Untersuchungen an Säugetieren. — Kalischer, Neurologische Untersuchungen. — Ambroun, Anleitung zur Benützung des Polarisationsmikroskops bei histologischen Untersuchungen. — Zacharias, Die Tier- und Pflanzenwelt des Süßwassers. II.

Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie.

Von Dr. **Robert Keller** in Winterthur.

(Schluss vom IV. Stück. 2. Teil.)

Wie wir aus früherem wissen, ist die Bedeutung der Reduktionsteilung bei männlichen und weiblichen Keimzellen eine doppelte, Verminderung der Iden auf die halbe Zahl und Zusammenstellung der Idanten zu neuen Kombinationen. Gerade dadurch, dass nun der Reduktion die Verdoppelung vorangeht, wird der letztere der beiden Vorgänge erst vollkommen erreicht werden. Ist die Richtungsteilung als Reduktionsteilung aufzufassen, dann muss ihr eine Verdoppelung vorangegangen sein, sonst müsste bei einer gegebenen Art im Verlaufe einer bestimmten Zahl von parthenogenetischen Generationen die Zahl der Idanten auf eine einzige verringert sein.

Die direkte Beobachtung gibt bis jetzt über die berührten Vorgänge keinen sichern Aufschluss. Dagegen machen es die Beobachtungen an den parthenogenetischen Eiern von *Artemia salina* wahrscheinlich, „dass sie in den parthenogenetischen Kolonien — die Art kann sich nämlich auch geschlechtlich fortpflanzen —, in welchen ihre Eier die zweite Richtungsteilung aufgegeben, die erste aber behalten haben, diese erste auch in ihrer ursprünglichen Form, d. h. als Reduktionsteilung erhalten geblieben sei“. Dieselbe wird auch für das parthenogenetische Ei gleichbedeutend, wie für das befruchtungsbedürftige sein, sie wird bewirken, dass eine Veränderung in

der Zusammensetzung des Keimplasmas von Generation zu Generation stattfinden kann. Die fortgesetzte reine Parthenogenese bringt es mit sich, dass die Zahl der im Idioplasma enthaltenen differenten Idanten immer mehr abnehmen, bis im Laufe vieler aufeinander folgender parthenogenetischer Generationen nur noch 2 Arten von Idanten im Keimplasma vorhanden sind“. Sobald dieser Punkt erreicht ist, dreht sich die Sache um, denn nun wird die Wahrscheinlichkeit, dass durch die Reduktionsteilung bloß Idanten *a* oder bloß Idanten *b* dem Eikerne zugeteilt werden, weit geringer als die, dass neben *a*- auch noch *b*-Idanten vorkommen werden“. Die Verminderung auf eine Idantenart wird nur bei wenigen unter den zahlreichen Eiern eintreten. Fortgesetzte Parthenogenese vereinfacht also das Keimplasma in Bezug auf seine Zusammensetzung aus Iden bis es nur aus zweierlei Idanten besteht. Lange kann sich alsdann diese Zusammensetzung aus 2 Idantenarten erhalten, „hin und her schwankend zwischen einer wechselnden Majorität bald der einen, bald der andern Art“, vereinzelte mit nur einer der beiden Idantenarten.

Die unmittelbare Beobachtung über Vererbung bei Parthenogenese zweier verschieden gezeichneter Varietäten von *Cypris reptans*, die sich über viele Generationen (bis jetzt 40) und viele tausende von Individuen erstreckt, also wohl geeignet ist ein Prüfstein der im vorangehenden skizzierten theoretischen Vorstellungen Weismann's zu sein, ergaben „eine ungemein große Aehnlichkeit der Nachkommen einer Mutter sowohl unter sich als mit der Mutter“. Völlige Uebereinstimmung zeigten sie zwar nicht, „aber die Unterschiede waren häufig so geringe, dass man zweifelhaft sein muss, ob sie auf verschiedener Anlage oder nur auf verschiedener Ernährung u. s. f. beruhen, die ja niemals bei zwei verschiedenen Individuen, nicht einmal bei identischen Zwillingen des Menschen völlig gleich sein können“. Doeh bis zur 40. Generation trat keine Aenderung des Zeichnungstypus der Stammtiere ein. Durch die künstliche Züchtung der beiden Formen konnte nicht mit Bestimmtheit aus den Abkömmlingen der Varietät *A* eine mit den Deszenten von *B* übereinstimmende Form erzielt werden. Dagegen zeigte sich, dass ganz spontan in einzelnen Generationen Deszendenten der hellen Abart *A* die dunkelgrüne Abart *B* waren, und dass zwischen beiden Abarten Uebergänge auftraten. Auch das umgekehrte trat einmal ein, Abkömmlinge der dunkeln Abart waren hell. Ein verändernder Einfluss äußerer Bedingungen ist ausgeschlossen, da sie alle unter genau den gleichen Bedingungen erzogen wurden. Innere Ursachen, d. h. Veränderungen in der Zusammensetzung des Keimplasmas können allein die Erscheinung erklären. „Die Thatsache, dass sowohl die Form *A* in *B* übergehen kann, als auch umgekehrt *B* in *A*, lässt schließen, dass beide Typen zu einer Zeit entstanden sind, als sie sich noch nicht ausschließlich durch Parthenogenese fortpflanzen; andernfalls könnten nicht die Ide *a* im Keimplasma von

Tieren des Typus *B*, und umgekehrt nicht die Ide *b* im Keimplasma von Tieren des Typus *A* enthalten sein. Nur durch die in einer wohl nicht weit zurückgelegenen Zeit noch stattfindende geschlechtliche Fortpflanzung kann das Nebeneinander beider Id-Arten seine Erklärung finden“.

„Nehmen wir die Verhältnisse möglichst einfach an. Es seien nur 4 Idanten im Keimplasma; davon seien drei gänzlich aus Iden des Typus *A*, eins ganz aus Iden des Typus *B* zusammengesetzt. Die 4 Idanten der Urkeimzellen *aaab* verdoppeln sich in den Mutterkeimzellen durch Längsspaltung und ergaben also die acht Stäbchen *aa aa aa bb*. Setzen wir nun den für den Rückschlag in die Abart *B* günstigsten Fall, so werden wir diesen in einem Ei sehen müssen, bei welchem die Reduktionsteilung so erfolgt, dass die Stäbchenkombination *aaaa* in die Richtungszelle zu liegen kommt, während die Kombination *aabb* den Keimkern des Eies bildet. Die Tochter, welche aus diesem Ei hervorgeht, enthält in ihren Urkeimzellen wieder die Kombination *aabb*, in ihren Mutterkeimzellen die verdoppelten Stäbchen *aaaabbbb*, und nun liegt schon die Möglichkeit einer Reduktionsteilung vor, welche die 4 Idanten *b* zusammen in den Keimkern einer Eizelle führt; aus einem Ei mit dem Keimplasma *bbbb* muss aber unzweifelhaft ein Individuum der Abart *B* hervorgehen“.

Der schnelle Rückschlag einer Abart in die andere ist nun allerdings thatsächlich in den *Cypris*-Kolonien nicht beobachtet worden, was ganz natürlich ist, sobald die Zahl der Idanten eine größere ist, als im Beispiel angenommen wurde. Das Idant *b* bildet alsdann einen viel kleinern Bruchteil sämtlicher Idanten, also muss es auch viel länger dauern, bis es durch günstige Kombinationen vorherrscht oder ausschließlich vorhanden ist. Die Deszenten eines aus *A* in *B* übersprungenen Individuums gleichen genau der Mutter, bleiben also gerade so *B*, wie die Abkömmlinge der ursprünglichen Varietät *B* in unendlich überwiegender Zahl *B* sind. Es lehrt also die unmittelbare Beobachtung, dass auch bei der Parthenogenese eine individuelle Variation stattfindet, die auf Vererbung beruht und selbst wieder vererbt werden kann. Die Fähigkeit der Umbildung durch Selektionsprozesse ist also, wenn auch gering, immerhin noch vorhanden. Die unmittelbare Beobachtung lehrt ferner, dass in der That bei reiner Parthenogenese das Keimplasma sehr einfach wird, da ja die auffallende Gleichförmigkeit der Nachkommen durch viele Generationen hindurch nur hierauf begründet sein kann.

Wir schließen diese Darlegungen über die Vererbung bei der Parthenogenese, indem wir an Hand der Darlegungen des Verf. noch kurz die Frage der Entstehung der parthenogenetischen Eier erörtern. Es sind weibliche Keimzellen, also setzt die Parthenogenese das ursprüngliche Vorhandensein geschlechtlicher Fortpflanzung voraus. Da das befruchtungsbedürftige Ei zwei Richtungsteilungen

durchmacht, wird es ärmer an Keimplasma als das parthenogenetische Ei, welches nur ein Richtungskörperchen ausstößt. Es liegt also nahe anzunehmen, dass die Unterdrückung der zweiten Richtungsteilung eines ursprünglich befruchtungsbedürftigen Eies die Fähigkeit parthenogenetischer Entwicklung verleihe. Ist dieser Vorstellung große Wahrscheinlichkeit auch nicht abzusprechen, so deuten doch gewisse Thatsachen an, dass die Entstehung auch noch auf anderen Wegen vor sich gehen konnte.

Nicht regelmäßig parthenogenetische Eier, wie sie bei vielen Insekten vorkommen, können den gleichen Reifungsprozess zeigen, wie er befruchtungsbedürftigen Eizellen eigen ist. Sie können zwei Richtungsteilungen durchmachen, wodurch gleich wie bei diesen die Quantität des Keimplasmas des Eies auf die Hälfte herabgemindert wurde. Dies scheint darauf hinzuweisen, „dass das Kernplasma einzelner Eier einer Art das Vermögen des Wachstums in größerem Maße besitze, als die Majorität derselben oder — in dem Falle der Biene —, dass jedes Ei die Fähigkeit besitze, sein auf die Hälfte reduziertes Kernplasma, wenn es nicht durch Befruchtung wieder auf das normale Maß gebracht wird, durch Wachstum wieder auf die doppelte Masse zu bringen“. Dass die Beherrschung der Zelle von der Quantität des Kernplasmas abhängt, scheinen auch jene Beobachtungen aufs schönste zu bestätigen, welche uns lehren, dass die unbefruchteten Eier verschiedener Tierarten zwar in die Embryonalentwicklung eintreten können, sie aber nicht zu Ende führen, sondern auf früherer oder späterer Stufe stehen bleiben. Je nach der Wachstumskraft des durch die Ausstoßung der Richtungszellen auf die Hälfte herabgesetzten Keimplasmas kann sich dessen Quantität wieder so weit vermehren, dass es hinreicht einen mehr oder weniger großen Teil der Embryogenese zu beherrschen.

So deuten also die Thatsachen an, dass die regelmäßige Parthenogenese durch Unterdrückung der zweiten Richtungsteilung, die fakultative dadurch entstand, dass das Keimplasma eine erhöhte Wachstumsfähigkeit erwarb. —

Die Einsicht in das Wesen des Befruchtungsprozesses eröffnet uns zugleich einen neuen Einblick in das Wesen der Konjugation. Die Thatsachen, auf welchen die Theorie aufbaut, sind allerdings zur Zeit wieder ausschließlich auf dem Boden der Zoologie zu suchen. Es sind die bedeutungsvollen Beobachtungen vor allem von Maupas über die Konjugation des *Paramecium caudatum*. Im Körper dieses Infusoriums befinden sich zwei Kerne, ein größerer, der Makronukleus, und ein kleinerer, der Mikronukleus. Treten zwei Individuen mit einander in Konjugation, dann beobachtet man, dass sich der Mikronukleus teilt. Es entstehen aus ihm zwei Tochterkerne, die sich wieder teilen und so 4 Enkelkerne erzeugen. Drei derselben lösen sich auf; der 4. und zwar je der der Substanzbrücke zwischen beiden

sich konjugierenden Individuen am nächsten liegende, teilt sich abermals. Es entstehen so zwei Kopulationskerne. Der eine derselben, die Funktion der männlichen Keimzelle ausübend, wandert aus dem einen Individuum in das andere hinüber, so dass sich in jedem Individuum zwei Kopulationskerne zu einem Keimkerne vereinen.

Bekanntlich hat man früher schon in der Konjugation der Einzelligen eine gewisse Analogie zur Befruchtung der Metazoen gesehen. Die Beobachtungen von Maupas lehren uns, „dass sowohl Konjugation als Befruchtung im wesentlichen nichts anderes sind als eine Vermischung der Vererbungssubstanz zweier Individuen“, eine Idioplasmamischung, die Weismann *Amphimixis* nennt. Wie der bei der Befruchtung entstandene Keimkern die Entwicklungsrichtung bestimmt, so auch der Keimkern des *Paramaccium*s. Durch zweimalige Teilung erzeugt er, nachdem der alte Makrokern zerfallen ist, zwei Makro- und zwei Mikrokerne, der Anfang der nun eintretenden ersten Zweiteilung des Tieres. Darin liegt nun allerdings ein Unterschied zwischen beiden Vorgängen, dass die beiderlei Vorgänge, welchen die mannigfachen Thätigkeiten jedes Organismus dienen, die Erhaltung des Individuums einerseits, die Erhaltung der Art andererseits, bei der Konjugation von zwei Kernen bestimmt werden. Der Makrokern kann als der vegetative Kern bezeichnet werden, welcher hauptsächlich die vegetativen Vorgänge bestimmt, der Mikronukleus ist der Vermittler der Kontinuität des Keimplasmas. Ein anderer Unterschied besteht darin, dass während bei den Metazoen die Kerne der Ei- und Samenzellen aus zweimaliger Teilung der Mutterzelle entstehen, die Kopulationskerne aus dreimaliger Teilung des Mikronukleus hervorgehen. —

Der Mikronukleus der Infusorien enthält Kernstäbchen oder Idanten, ist also gerade wie der Kern bei den Metazoen der Träger des Idioplasmas. Die erste Vorbereitung des Mikronukleus zur Konjugation besteht in einer bedeutenden Vergrößerung. Weismann sieht ihre Ursache darin, dass zu dieser Zeit eine Verdoppelung der Idanten durch Längsspaltung sich vollzieht. Er sieht also in den beiden Teilungen des Mikronukleus eine Reduktionsteilung, „welche die vorher verdoppelte Zahl der Idanten auf die Hälfte der Norm herabsetzt, genau entsprechend den beiden Reduktionsteilungen der Samen und der Eimutterzelle. Die 3. Teilung, eine Aequationsteilung, bei welcher die Tochterkerne die gleiche Zahl der Idanten erhalten wie der Mutterkern, hat bei den Metazoen keine Analogie, da bei diesen die Keimzellen immer entweder männlich oder weiblich sind, während hier beide Kopulationskerne aus einem hervorgehen. Die Beobachtung, dass je derjenige der 4 Enkelkerne sich entwickelt, welcher dem andern Tiere am nächsten liegt, weist wohl darauf hin, dass nicht in der Verschiedenheit ihrer Natur die Erhaltung bzw. Auflösung begründet ist, dass die bewirkende Ursache vielmehr in irgend einem Einfluss zu suchen ist, welcher von dem entsprechenden Kerne des

andern Tieres ausgeht und dann natürlich den nächstliegenden am stärksten trifft. Wie die Reduktionsteilung bei den Metazoen zugleich eine Neugruppierung der Idanten eintreten lässt, so ist diese auch hier bei den Einzelligen ermöglicht. Es liegt also die tiefere Bedeutung der Konjugation wie bei der Befruchtung im wesentlichen darin, dass sie die Vermischung der Vererbungstendenzen zweier Individuen, diesen Quell der individuellen Variabilität, die unentbehrliche Voraussetzung aller Selektionsprozesse, vollzieht. Das aber führt zu der weitern Vorstellung, dass auch bei den Protozoen die phylletischen Umbildungsprozesse vom Keimplasma ausgehen, dem Idioplasma des Kernes. So erscheinen also nicht alle Einzelligen als „der Urquell der individuellen Ungleichheit, in dem Sinne, dass bei ihnen jede durch äußern Einfluss oder durch Gebrauch hervorgerufene Abänderung erblich sein muss“, sondern nur jene niedersten Organismen, welche noch keine Differenzierung in Kern und Zellkörper besitzen.

Wenden wir uns zum Schlusse der Erörterung der Frage nach dem Auftreten der Amphimixis in der Organismenwelt zu, die uns namentlich erkennen lässt, ob, wie viele Forscher glauben, die Amphimixis als ein Verjüngungsprozess aufzufassen ist, oder wie Weismann will, „ein Vorgang, der zwar von tiefgreifender Bedeutung, aber kein die Fortdauer des Lebensprozesses bedingender ist“.

Das Auftreten der Amphimixis in unzweideutiger Abhängigkeit von äußern Lebensbedingungen, der Umstand mit andern Worten, dass sie auf Anpassung beruht, dass ihr sogar eine ungeweine Anpassungsfähigkeit innewohnt, steht mit der Annahme, dass sie eine Verjüngung darstelle nicht im Einklang. Weitgehendsten Schwankungen ist ihre Wiederholung im Lebenslauf einer Art unterworfen, indem sie bald in jeder Generation wiederkehrt, bald 2, 3, 10 Generationen und selbst das 4fache hiervon überspringt. Ist sie eine Anpassungserscheinung, dann sind diese Verschiedenheiten leicht zu erklären. „Wir nehmen nichts an, als dass Amphimixis vorteilhaft ist für die phylletische Entwicklung des Lebens, inklusive die Erhaltung der einmal erreichten Anpassungshöhe jeder Lebensform (Art), denn diese hängt ebenso sehr von der unausgesetzten Thätigkeit der Naturzüchtung ab“.

Im einfachsten Falle musste die Amphimixis als völlige Verschmelzung zweier Bionten zu Einem auftreten (Einzellige). „Da dieser Vorgang der Fortpflanzung, d. h. der Vermehrung direkt entgegengearbeitet, so konnte er nur in größern Perioden sich wiederholen, sollte nicht die Vermehrung einer solchen Kolonie wesentlich beeinträchtigt werden“. Bei den Metazoen war die Amphimixis nur dadurch möglich, „dass sich dieselbe wieder mit allen ihren Anlagen in den winzigen Raum der Kernsubstanz einer einzigen Zelle zurückzog oder konzentrierte“. Eine sehr verwickelte Ontogenese wurde dadurch nötig. So konnte es natürlich für die Art unter Umständen

von Bedeutung werden, dass die Entstehung eines neuen Individuums nicht notwendig und ausschließlich auf dem umständlichen Wege sich vollzog. Damit im Zusammenhang steht die große Ausdehnung der ungeschlechtlichen Fortpflanzung bei den niedern Metazoen und den Pflanzen.

Doch auch da, wo der Kompliziertheit des Baues wegen, wie bei den höhern Metazoen, die Vermehrung durch Teilung und Knospenbildung nicht mehr möglich ist, erscheint nicht jeder Vermehrungsakt mit der Amphimixis verbunden. Es wird die ursprüngliche Verbindung beider Akte aufgegeben. „Die Umwandlung der ursprünglich gerade für die Ermöglichung der Amphimixis geschaffenen weiblichen Geschlechtszellen zu Keimen, welche der Befruchtung nicht mehr bedürfen, ist der Kunstgriff, dessen sich die Natur bedient hat, um die Amphimixis zu vermeiden, wo eine Fortpflanzung durch Teilung oder Knospenbildung wegen allzu hoher Differenzierung des Körperbaues nicht mehr möglich ist“.

Das Fehlen der Parthenogenese bei höhern Tierkreisen wird uns die Frage nahe legen, welche Momente es sein mochten „die sie bei so vielen Gliedertieren vorteilhaft erscheinen ließen“. Als solche Momente sind zu nennen periodische Ungunst der Lebensbedingungen. Nur eine rasche Vermehrung während der günstigsten Periode schützte die Art vor dem Untergang. Konjugation und Befruchtung aber sind gewisse Verzögerungsmomente in der Fortpflanzung, abgesehen davon, dass natürlich die Vermehrung in dem Maße intensiver wird, als mehr Individuen Weibchen sind. Wenn wir nun sehen, dass bei einzelnen Arten vielleicht unter der überwuchernden Entwicklung der Parthenogenese die Amphimixis sogar völlig aufgegeben wird, dann spricht das jedenfalls auch nicht dafür, in ihr einen Verjüngungsprozess des Lebens zu sehen. Eine einlässliche Vergleichung des Auftretens agamer Fortpflanzung mit den Lebensbedingungen lässt uns erkennen, „dass die seltenere oder häufigere Wiederholung der Amphimixis im Lebensgang einer Art nicht der physischen Natur der Art, sondern ihren Lebensbedingungen entspringt“. —

Der phantasiereiche Erfinder der kosmozoischen und pyrozoischen Lebewesen, Prof. Preyer, versucht die Lösung des Rätsels der Entstehung des Lebens dadurch zu umgehen, dass er die lebende Substanz als das primäre erklärt. Denn die unorganische Materie ist die tote; das aber, was tot ist, kann nur das Residuum dessen sein, was gelebt hat. Dieser Hypothese reiht er eine andere an, die er das Gesetz von der Erhaltung des Lebens nennt.

Nach dem Gesetze von der Erhaltung des Stoffes ist die Gesamtheit der Materie im Weltall konstant. Der Stoff setzt sich aber aus zwei Formen der Materie zusammen. Der eine Teil lebt, ist also organisiert, der andere ist leblos, nicht organisiert. Das Gesetz von der Erhaltung der Materie drückt deshalb Preyer durch die Gleichung

$Mz + Mn = C$ aus, d. h. lebende plus tote Materie gleich einer Konstanten.

Ein Teil der toten Materie wird durch die Nährstoffe der lebenden gebildet. Je mehr von dieser assimilierbaren Substanz an einem gegebenen Orte sich befindet, um so mehr Pflanzen entwickeln sich dort, um so mehr Tiere werden da leben. Die Entwicklung des Lebens wird aber bald ihren Kulminationspunkt erreichen und überschreiten. Denn je mehr Pflanzen und Tiere an einem Orte sind, um so mehr werden sie sich eingeeengt fühlen. Sie treten in Konkurrenz. Nicht alles Lebensfähige wird leben bleiben, wird sich entwickeln. Der Kampf ums Dasein hat den Tod vieler Lebewesen im Gefolge. Ein großer Teil der lebenden Substanz wird wieder zu toter. Wie in den Gezeiten das Meer steigt und fällt, so folgen sich in ununterbrochenem Wechsel Leben und Todes. Die extreme Entwicklung des Lebens wird zur Ursache des Todes der Vermehrung toter Materie. Ueberfluss an dieser zieht eine lebhaftere Entwicklung lebender Materie nach sich. So wechseln beide Größen mit einander periodisch und höchst gesetzmäßig, wie Preyer sagt, ab. Er drückt das, da ja das mathematische Gewand zum mindesten den Schein der mathematischen Sicherheit verleiht, durch die Formel $Mz:Mn = K$ aus. Er fügt erläuternd hinzu: Das Verhältnis der Gesamtmenge lebender Materie zur Gesamtheit der nichtlebenden gleichzeitig existierenden Materie ist ungefähr konstant. Er führt weiter aus, dass die Stoffmenge, welche alle lebenden Teile aller lebender Organismen des Universums bildet, unveränderlich sei, und da die lebende Materie nichts anderes ist als Protoplasma, so lässt sich das Gesetz von der Erhaltung des Lebens in die Worte kleiden: Die totale lebende Protoplasamenge im Universum ist unveränderlich.

Gegen diese Darlegung wendet sich Errera in der erwähnten Abhandlung. Der Parallelismus, auf den der Wortlaut des Preyer'schen Gesetzes hinweisen soll, besteht thatsächlich nicht, wie ihm denn auch Preyer selbst im Grunde genommen, aufgibt. Denn weder das Gesetz von der Erhaltung der Kraft, noch das Gesetz von der Erhaltung der Materie ist ein ungefährender Ausdruck. Hält Preyer's Vorstellung von der Beziehung zwischen lebender und toter Materie den Vergleich mit den Wechselbeziehungen aus, wie sie bei einem einfachen chemischen Vorgang statthaben z. B. bei der Verbrennung von Kohlenstoff? In dem Maße als eine bestimmte Menge von Kohlendioxyd entsteht, verschwinden bestimmte Mengen der freien Elemente Kohlenstoff und Sauerstoff. Das Gesetz der Erhaltung der Materie bedeutet nun, dass das Gewicht des entstandenen Kohlendioxydes gleich ist der Summe der Gewichte des als freies Element verschwundenen Kohlenstoffes und des Sauerstoffes. Ganz analog verhält es sich mit dem Gesetze von der Erhaltung der Kraft. Die eine Form der Energie z. B. die Bewegung verschwindet nicht, um sich bald in

den, bald in jenen Wert einer andern Energie z. B. der Wärme umzuwandeln, sondern um stets eine äquivalente Menge dieser neuen Form der Energie zu bilden.

Weder die Präzision noch die Tragweite des Gesetzes von der Erhaltung des Lebens sind die der physikalisch-chemischen Gesetze. In einem Aquarium kann durch zahlreiche Pflanzen und Tiere eine gewisse Masse lebender Materie verkörpert sein. Wenige Tropfen einer konzentrierten Sublimatlösung genügen, um mit einem Schlage das Bild zu ändern. Die ganze Lebewelt, der Makrokosmos, dessen buntes Treiben sich vor unsern Augen abspielte zugleich mit dem in ihm verborgenen Mikrokosmos, dem ungezählten Heere mikroskopischer Lebewesen, das in dem Wasser sich eben noch tummelte, ist im Momente vernichtet. Kein Leben kehrt wieder, so lange das Sublimat im Aquarium bleibt. Während dort das Verschwinden der brennenden Kohle von der Bildung einer bestimmten Menge von Kohlendioxyd begleitet wird, die Bewegung einer Kugel, deren Lauf plötzlich gehemmt wird, sich in eine bestimmte Wärmemenge verwandelt, so tritt für das plötzlich vernichtete Leben kein Äquivalent ein. Das Leben ist verschwunden, aber kein neues Leben ist als direktes notwendiges Resultat der verschwundenen wieder entstanden. Mancherlei Faktoren fällt in der Natur die Rolle des Sublimates im Versuche zu. Unabsehbare Mengen lebender Materie kann z. B. ein Waldbrand zerstören, ohne dass die unmittelbare Konsequenz hiervon das Erscheinen einer äquivalenten Menge neuer lebender Substanz, neuer Organismen wäre. Es ist also keineswegs das Verhältnis lebender Materie zu toter stets konstant. Mit Vernichtung von Leben ist nicht die Verminderung toter Materie verbunden, wie es Preyer's mathematischer Ausdruck $Mz : Mn = K$ aussagt, sondern umgekehrt zieht die Vernichtung lebender Materie die Vermehrung toter, die Vermehrung lebender die Verminderung toter nach sich.

Im Entstehen und Untergang lebender Materie haben wir einen Kreislauf des Lebens, der in nahem Parallelismus zum Kreislauf des Wassers steht. Immer flüssiges Wasser und Wasserdampf ist vorhanden. In jedem Momente entstehen Wolken und schlagen sich nieder. Wäre es zutreffend deshalb von der Konstanz des Gewölkes zu sprechen? Der Niederschlag, der an einem Orte die Menge des Wassers vermindert, zieht nicht notwendig gleichzeitig anderwärts eine entsprechend vermehrte Verdunstung nach sich.

Unaufhörlich verwandelt sich tote Materie in lebende und fällt wieder in den Zustand toter Materie zurück. Doch ein dauerndes Gleichgewicht zwischen der Summe entstehenden und sterbenden Protoplasmas anzunehmen, dafür spricht keine Erscheinung. Wie der Kreislauf des Wassers nicht die Konstanz der gesamten Menge des Gewölkes bedingt, so lässt auch der Kreislauf des Lebens die Konstanz der Summe lebender Materie nicht als notwendige Folge erscheinen. —

Voegler's Beiträge zur Kenntnis der Reizerscheinungen sind gewissermaßen eine Ergänzung zu Pfeffer's Untersuchungen über „Lokomotorische Reizbewegungen“. Verf. verfolgt vor allem die schon durch Pfeffer festgestellte Empfindlichkeit der Spermatozoiden gewisser Farne gegen Apfelsäure und deren Salze. Er weist nach, dass der Schwellenwert bei Vertretern verschiedener Farnfamilien annähernd der gleiche ist, nämlich meist 0,001%; d. h. eine Apfelsäurelösung von dieser Konzentration bewirkt eben noch eine sichere Ablenkung und Anlockung der Samenfäden. Analog verhält sich die Apfelsäure in ihren neutralen Salzen.

Die Empfindlichkeit der Samenzellen ist nicht während der ganzen Zeit ihrer Bewegung gleich groß. Je längere Zeit seit der Entleerung der Antheridien verstrichen ist, um so höher ist der Wert der Reizschwelle, um so geringer also die Reizbarkeit. Die eben entschwärmten Spermatozoidzellen von *Dicksonia antarctica* werden durch eine 0,0008% Apfelsäurelösung noch deutlich angelockt. 12 Minuten später vermag eine Lösung von 0,001% nur noch unbestimmte Reize zu erzielen. Ein Eindringen der Zellen in die die Lösung enthaltenden Kapillaren wird wenigstens fast nie beobachtet, während eine Ablenkung gegen den Kapillarmund erfolgen kann. Der Schwellenwert liegt alsdann bei 0,00125%. Nach 25 Minuten ist er auf 0,1% gestiegen, nach 30 Minuten vermag selbst diese über 100mal größere Konzentration, als die ursprüngliche war, keine bestimmte Reaktion auszulösen.

Der Einfluss der Temperatur auf den Schwellenwert ist nach Verf. folgender. Für *Blechnum occidentale* ergab sich zwischen den Temperaturen 16°—25° der Schwellenwert 0,001%. Bei 30,5° reagierten die Samenfäden erst auf eine Lösung von 0,00125%. Eine weitere Temperaturerhöhung verminderte die Reizbarkeit sehr schnell, so dass bei 35,5% erst eine 0,05proz. Apfelsäurelösung die Bewegungsrichtung deutlich beeinflusst, bei 36,8° sogar erst eine 0,1prozentige. Bei höherer Temperatur sind die Reaktionen unbestimmt. Ähnlich wie die über 25° liegenden Temperaturen verhalten sich die unter 16° sinkenden. Bei 10° z. B. liegt die Reizschwelle bei 0,0025%. Für die verschiedenen Arten, die zur Untersuchung kamen, ergab sich, dass die Reizschwelle zwischen 15—28° die kleinste ist, dass also diese Temperatur das Optimum der Empfänglichkeit darstellt.

Das Verhalten der Samenfäden verschiedener Arten gegen das *Archegonium* einer Art ist insofern ein gleiches, als sie in jedem Falle bis zur Zentralzelle einzudringen vermögen. Die Verschmelzung der männlichen und weiblichen Geschlechtselemente tritt aber, sofern sie verschiedenen Arten angehören, nur äußerst selten ein. Verf. konnte eine Befruchtung einer Art durch die Spermatozoiden einer andern Art direkt nicht beobachten. So gleichmäßig die vom *Archegonium* einer Art ausgeschiedenen Schleimmassen die Bewegungsrichtung der Samenzellen verschiedener Arten beeinflussen, so sehr begegnen bei

ihren Bohrversuchen an der Wand der Zentralzelle die Spermatozoiden der nicht zugehörigen Art den Eintritt erschwerenden Schwierigkeiten. Worin diese bestehen, weiß der Verf. indessen nicht zu sagen. —

Ueber die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffes liegen nur wenige Untersuchungen vor. Da die einlässlichste derselben, die Versuche von Kabsch „über die Einwirkung verschiedener Gase und des verdünnten Luftraumes auf die Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche“ vor fast drei Dezennien zur Ausführung kam, zu einer Zeit, wo die physiologische Methodik von der heutigen Präzision noch weit entfernt war, ist es als ein sehr verdienstliches Unternehmen zu bezeichnen, dass Correns dieser Frage seine Aufmerksamkeit zuwandte, selbst wenn auch seine Versuche die Rolle des Sauerstoffes beim Zustandekommen einer Reizbewegung nicht durchgängig in völlig abschließender Weise erkennen ließen.

Bezüglich der Methode mag die eine Bemerkung genügen, dass alle Versuche in höchst sorgfältiger Weise alle jene Fehlerquellen zu vermeiden suchen, die notwendig zu irrigen Vorstellungen führen müssen. Nur auf zwei Umstände, die die Quelle falscher Deutung der Versuche früherer Experimentatoren wurden, mag speziell hingewiesen sein.

Dutrochet, der sich mit vegetabilischer Reizbarkeit des einlässlichen befasste, gibt z. B. auf Grund seiner Versuche an, dass „an seinen eingetopften unter den Recipienten einer Luftpumpe gebrachten Pflanzen nach dem ersten Kolbenzug ein Zusammenklappen der Blättchen (von *Mimosa pudica*), wie auf einen mechanischen Reiz“ eintrat. Er schrieb diese Reizbewegung der veränderten Luftdichte zu. Nun gehört die Versuchspflanze zu jenen Arten, die auf mechanische Reize außerordentlich empfindlich sind. Die unmittelbare Verbindung des Recipienten mit der Luftpumpe legt daher die Vermutung nahe, dass die eingetretene Reaktion, das Zusammenklappen der Blätter nicht zufällig „wie auf einen mechanischen Reiz“ sich vollzog, sondern, dass sie eben wirklich die Folge eines mechanischen Reizes, der den ersten Kolbenzug begleitenden Erschütterung war.

Thatsächlich hat schon Kabsch die Beobachtung gemacht, dass erst, als der Luftdruck auf 15 mm gesunken war, also zweifelsohne nicht bloß auf die durch den ersten Kolbenzug bewirkte Verdünnung, eine Bewegung der Blättchen eintrat, „der durch mechanische Reize bedingten ähnlich, nur dass die Blättchen sich nicht vollständig aneinander legten“.

Die Anwendung der Wasserstrahl Luftpumpe bei den Versuchen von Correns ließ jede Erschütterung völlig vermeiden. Mit dem Ausschluss dieser Fehlerquelle steht zweifellos das abweichende Ergebnis dieser Versuche im engsten Zusammenhang, d. h. erst diese

Versuche geben uns das wirkliche Bild des Einflusses, den die Gegenwart geringer Sauerstoffmengen auf die Reizerscheinungen der *Mimosa pudica* ausübt. Correns konnte evakuieren bis zu einem Drucke von 1,5 mm, ohne dass eine Stellungsänderung der Blätter eintrat. Bei dieser Verdünnung war der Sauerstoffgehalt noch etwa 0,2% der ursprünglichen Menge. Eine mechanische Reizung, die nun in diesem stark verdünnten Raume ausgeführt wurde, hatte eine deutliche Reaktion im Gefolge, die sich selbst auf den primären Blattstiel ausdehnte. Die rückgängige Bewegung, welche nach einiger Zeit eintrat, führte jedoch nicht mehr zur völligen Entfaltung der Blättchen. Die zwei opponierten Blättchen bildeten statt des Winkels von 180° einen solchen von etwa 60°. Nach einer halben Stunde der Ruhe, wobei der Druck unter dem Recipienten sich nicht änderte, trat auf eine kräftige Erschütterung hin aufs neue Reaktion der Blättchen ein, eine Senkung des primären Blattstieles blieb zweifelhaft. Wieder nach Verlauf einer Stunde hatten sich die Blättchen geöffnet, doch weniger stark als vorher. Kräftiges Schütteln führte keine Auslösung einer Bewegung herbei. „Als jedoch beim plötzlichen Einströmen der Luft die Pflanze hin und her und gegen den Draht (der zur mechanischen Reizung diente) geschleudert wurde, gingen die Blättchen in volle Reizstellung über“.

Danach muss also gesagt werden, dass entgegen dem Schluss, zu dem Dutrochet's und Kabsch's Versuchsergebnisse führten, auch eine weitgehende Luftverdünnung nicht als Reiz auf die Pflanze wirkt und die Reizbarkeit auch nicht ohne weiteres aufhebt.

Um nun noch eine stärkere Verdünnung des Sauerstoffes zu erzielen, als wie sie durch ein einmaliges Evakuieren möglich ist, bediente sich Correns des Wasserstoffes. Der Recipient wurde mit diesem Gase gefüllt und nachdem dasselbe einige Zeit in ihm gestanden hatte um durch Diffusion den noch im Pflanzengewebe enthaltenen Sauerstoff möglichst aufzunehmen, aufs neue evakuiert. Nachdem diese Manipulation mehrfach ausgeführt war, gelang es eine Verdünnung von 0,0000003% der anfänglichen Sauerstoffmenge zu erzielen. Bei dieser weitgehenden Verdünnung hatten sich die Blättchenpaare bis zu einem Winkel von etwa 30° genähert, die sekundären Blattstiele gesenkt. Der Versuch lehrt also, dass ein genügend starker Sauerstoffentzug einen Reiz ausübt, der die Blätter in eine Stellung überführt, „die im Aussehen ganz der Stellung im wärmestarrten Zustande entspricht“. Im weitem ergaben die Versuche, dass der Grad der Luftverdünnung, der als Reiz wirkt, bei verschiedenen Individuen ein ungleicher ist. Vor allem aber zeigte sie, „dass die Raschheit des Luftentzuges einen Einfluss zu haben scheint in dem Sinne, dass bei raschem Evakuieren die Stellungsänderung, das äußere Anzeichen der eintretenden „Vakuumstarre“, erst bei einer Verdünnung höhern Grades eintritt, als bei langsamen. Es geht daraus hervor, dass die Vakuumstarre nicht durch die Abnahme des Luftdruckes, sondern

direkt oder indirekt durch die des Sauerstoffes bedingt wird. Sie braucht immer einige Zeit, bis sie deutlich zu werden beginnt.

Dieses eine Beispiel zeigt uns, dass eine wichtige Fehlerquelle, von der frühere Versuche nicht frei waren, namentlich auch darin liegt, dass zu einem sicheren Resultate unter Umständen eine Sauerstoffverdünnung gehört, wie sie bei früheren Experimenten nicht erreicht und auch nicht angestrebt wurde.

Wird die Verdünnung nicht durch besseres Evakuieren der Luft, sondern auch dadurch erzielt, dass man die Luft mit einem andern Gase mischt, dann kann auch die Anwendung dieses verdünnenden Gases zu einer wichtigen Fehlerquelle werden. Correns' Versuche ergeben, dass Wasserstoff indifferent, also zu solchen Verdünnungen wohl geeignet ist, während z. B. Kohlendioxyd, dessen Anwendung nahe liegen möchte, zu falschen Ergebnissen führte; denn Kohlendioxyd wirkt lähmend auf die Pflanze ein.

Ueberblicken wir nun die von Correns erzielten Resultate, so ergibt sich zunächst, „dass die verschiedenen Typen von Reizerscheinungen auch die Gegenwart verschieden großer Mengen von Sauerstoff zur Ausführung der ihnen eigenen Bewegung beanspruchen“.

Wir wählen aus den mannigfaltigen Versuchen die beiden Extreme aus, die durch verschiedene Uebergänge mit einander verbunden werden, das Verhalten der Tentakel des *Drosera*-Blattes im sauerstoffarmen Raume einerseits und der Ranken der Passionsblume anderseits.

Bei ersterem Blatte wirkt die Evakuation an und für sich nicht als Reiz. Um die chemische Reizbarkeit des im evakuierten Raume befindlichen Blattes zu prüfen bediente sich Correns einer stark verdünnten Ammoniumphosphatlösung; um einen mechanischen Reiz auszuüben eines dünnflüssigen Breies ausgestoßenem Glas oder Bimssteinpulver und Wasser. Dabei wurde darauf geachtet, dass nicht etwa durch Assimilation freigewordener Sauerstoff vorhanden sein konnte, der Apparat also vom Lichte ausgeschlossen. 5—10mal wurde die Evakuierung nach jeweiligem Ausfüllen mit Wasserstoff bis auf einen Druck von 1,5 mm gebracht. Nach 10maliger Evakuierung befinden sich nach den Berechnungen des Verf. unter dem Recipienten noch 0,000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 002% des ursprünglich vorhandenen Sauerstoffes oder je nach der Größe des Recipienten 0,000 000 000 001—0,000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 008 cm. Trotz dieser weitgehendsten Verdünnung, die wohl berechtigt zu sagen, dass sich die Blätter im sauerstofffreien Raume befanden, war die Reizbarkeit der Tentakel, die chemische wie die mechanische, erhalten. Selbst nach 6 Stunden reagierten die Blätter noch. Nach 12 Stunden war die Vakuumstarre eingetreten, weunschön die Blätter dem Aussehen nach unverändert waren. Der Uebergang in die Vakuumstarre vollzog sich hier also ohne merkliche Bewegung.

Ganz anderer Art ist das Verhalten der Ranken, vor allem der Ranken der *Passiflora gracilis*. Auch hier wirkt die Evakuation selbst noch nicht als Reiz. Befanden sich aber die Versuchspflanzen in möglichst sauerstofffreiem Raume, dann ließ sich „durch keine auch noch so lange dauernde Berührung mit dem Holzstäbchen oder dem Drahte eine Reizbewegung hervorrufen“. Blieb das Versuchsobjekt längere Zeit in diesem sauerstoffarmen Raum, dann war auch nach dem erneuten Zutritt der Luft die Ranke noch eine Zeit lang für Kontaktreize unempfindlich und zwar um so länger, je länger der Aufenthalt im sauerstoffarmen Raum gedauert hatte oder je vollständiger der Sauerstoff verdrängt worden war. „Dieser Starrezustand beschränkt sich jedoch augenscheinlich nicht bloß auf die Reizperzeption und die durch eine solche induzierte Krümmung, sondern hemmt auch die mit dem Alter eintretende hypnastische Einrollung. In der atmosphärischen Luft begann namentlich auch diese nicht sogleich wieder; erst nach einiger Zeit nahm die Ranke die durch die Evakuation unterbrochene Bewegung wieder auf und führte sie zu Ende“. Verf. bestimmte den Grad der Verdünnung, der die Objekte eben noch deutliche Reizbewegung zeigen lässt. Wenn nun natürlich auch da gewisse individuelle Schwankungen nicht ausgeschlossen sind, so ergibt sich immerhin das eine, dass der Sauerstoffgehalt ein relativ bedeutender sein muss. Die untere Grenze liegt für *Passiflora gracilis* bei 20–30 mm Quecksilberdruck, d. h. bei 3–4% der ursprünglichen Sauerstoffmenge.

Bis zu einem gewissen Grade ist diese Verschiedenheit wohl darauf zurückzuführen, dass das Sauerstoffbedürfnis der verschiedenen Pflanzenarten ein ungleiches ist, unabhängig vom Charakter der Reizbewegung. Darauf scheinen die Versuche, welche den Einfluss des Sauerstoffes auf den Geotropismus prüfen, hinzuweisen. Es zeigten dieselben, dass so lange sich noch Wachstum konstatieren ließ, die geotropische Krümmung auch ausgeführt wurde. Mit intensivem Wachstum fallen auch die deutlichen geotropischen Krümmungen zusammen. Nun aber ist die das Wachstum ermöglichende Sauerstoffmenge nicht nur für verschiedene Species, sondern auch für verschiedene Individuen gleicher Art ungleich. So beobachten wir denn auch, dass die geotropische Krümmung bei den einen Objekten früher aufhört als bei den andern. Bei *Helianthus*-Keimlingen lag die Grenze sehr tief. „Noch nach fünfmaliger Evakuation, schreibt Correns, mit darauf folgenden Einleiten von Wasserstoff, erhielt ich merkbliche Krümmungen“. Bei *Sinapis alba* dagegen lag die untere Grenze der Reizbarkeit bei einem Drucke von 30–37,5 mm, d. h. bei einem Sauerstoffgehalt von 4–5% der anfänglichen Sauerstoffmenge.

Dass aber doch nicht alle Unterschiede auf die spezifischen oder individuellen Eigentümlichkeiten zurückzuführen sind, vielmehr auch durch den Charakter der Reizerscheinung bedingt werden, ergeben

namentlich die Versuche des Einflusses luftverdünnter Räume auf den Geotropismus und Heliotropismus gleicher Objekte.

Ueber das Verhalten von Keimlingen im sauerstoffarmen Raume hat Wiesner eine Reihe von Untersuchungen angestellt, aus denen hervorgeht, „dass bei sämtlichen untersuchten Objekten sowohl die positiv als die negativ heliotropische Krümmung im luftverdünnten Raume ausbleiben“. Correns wies nach, dass *Helianthus*-Keimlinge, welche, wie wir sahen, bei sehr weitgehender Sauerstoffarmut doch noch die geotropischen Krümmungen zeigen, nur dann heliotropische Krümmungen ausführen, wenn der Druck im Recipienten 7,5 mm beträgt, d. h. der Pflanze noch etwa 1% der ursprünglichen Sauerstoffmenge zur Verfügung steht. *Sinapis* hat ebenfalls für die Auslösung heliotropischer Krümmungen ein größeres Sauerstoffbedürfnis als für die geotropischen. Die untere Grenze liegt bei 6% der ursprünglichen Sauerstoffmenge. Die Verschiedenheit zeigt sich vor allem auch, wenn gleichzeitig beide Reize auf das gleiche Objekt wirken. Keimlinge der Kresse und von Senf wurden in einer Atmosphäre, die gerade so viel Sauerstoff enthielt, dass das Wachstum noch möglich war, gehalten und einseitigem Lichteinfall ausgesetzt. „So behandelt krümmten sich die etiolierten Keimlinge der Kresse mit 3% der ursprünglichen Menge Sauerstoff (gleich 22,5 mm Druck) unter lebhaftem Wachstum sehr deutlich geotropisch ohne die geringste heliotropische Krümmung nach der Seite des Lichteinfalls hin auszuführen. Die Keimlinge des Senfs verhielten sich gleich, brauchten aber etwas mehr Sauerstoff“.

Von Interesse musste die Prüfung der Wirkung des Sauerstoffmangels auf die verschiedenen Phasen des Vorgangs einer Reizbewegung sein. Die Gruppe der Phasen von der Einwirkung des Reizes bis zur Vollziehung der Reaktion kann in Reizperzeption und in Reizreaktion geteilt werden. Eine Notwendigkeit für die Annahme, dass Anwesenheit von Sauerstoff für die Aufnahme des Reizes von Seite des Protoplasmas eine gleiche Vorbedingung ist wie für die Reaktion besteht natürlich nicht. Ganz wohl können wir uns vorstellen, dass für jeden dieser beiden Vorgänge eine verschiedene Menge Sauerstoff nötig ist. Es ist auch die Möglichkeit a priori nicht auszuschließen, dass vielleicht der eine der beiden Vorgänge von der Anwesenheit des Sauerstoffes ganz unabhängig ist. Die experimentelle Prüfung dieser Möglichkeiten, welche natürlich sehr vielen Schwierigkeiten begegnet, ist bis jetzt noch sehr lückenhaft. Immerhin scheint es für eine Gruppe von Reizerscheinungen thatsächlich, dass die Bedingungen beider Prozesse bezüglich des Sauerstoffgehaltes nicht die gleichen sind. Correns schreibt hierüber: „Die untere Grenze für das Einrollen, das spontane sowohl wie das durch einen noch unter normalen Verhältnissen applizierten Reiz bedingte, scheint bei *Sicyos* tiefer zu liegen als die für die Reizperzeption.

Wenigstens sah ich die Einrollung (der Ranken) bei 15 mm Druck noch fortdauern, während vergleichende Versuche das Erloschensein der Reizempfänglichkeit zeigten“.

Schon früher wurde darauf hingewiesen, dass sobald der Pflanze der Sauerstoff nicht nur vorübergehend entzogen wird, ein Zustand eintritt, welchen Verf. als die Vakuumstarre bezeichnet. In diesem Zustande ist die Reizempfänglichkeit reizbarer Organe bedeutend herabgesetzt oder völlig erloschen. Durch das Versetzen in atmosphärische Luft wird die Pflanze nicht sofort normal. Dies deutet darauf hin, dass der Eintritt der Vakuumstarre mit einer Veränderung des Organismus verbunden ist. Oft zeigen die reizbaren Organe beim Eintritt der Vakuumstarre charakteristische Stellungsänderungen. Bisweilen gleichen sie, wie wir bei der *Mimosa* erwähnten, der Stellung des gereizten Organes.

Dass dieser Reiz nicht direkt durch den Sauerstoffentzug ausgelöst wird, scheint z. B. das Verhalten der Staubgefäße von *Berberis* anzudeuten. Spontan tritt bei ihnen dann eine der Reizbewegung genau entsprechende Reaktion ein, sobald der Luftdruck hinlänglich weit gesunken ist. Die individuellen Verschiedenheiten sind hierbei allerdings sehr bedeutend. Verf. beobachtete z. B. in einem Falle die Bewegung schon bei einem Drucke von 300 mm, selten erst, wenn der Druck unter 20 mm gesunken war, gewöhnlich schon bei einem Drucke von 20–40 mm. Dabei zeigten die Staubgefäße der gleichen Blüte ein verschiedenes Verhalten. Verf. glaubt, dass die Staubgefäße mit eben geöffneten Staubbeuteln am schnellsten auf den Sauerstoffentzug reagierten. Die Verschiedenheit lag aber auch zum Teil zweifelsohne darin, „dass bei bereits genügend geringem Luftdruck das eine Filament viel längere Zeit brauchte, bis es die Bewegung ausführte als ein anderes. Dies ging daraus hervor, dass bisweilen, aber nicht immer, die Reizbewegung einiger oder aller übrigen, bisher noch unveränderten Filamente eintrat, wenn nach der Reaktion des ersten der Recipient abgesperrt wurde, der Luftdruck also gleich blieb“.

Aus der Reizstellung kehrten die Staubgefäße im Recipienten, der unter dem gleichen Druck gehalten wurde, in ihre ursprüngliche Stellung zurück. Ihre Reizempfänglichkeit für mechanische Reize war noch voll vorhanden. Wurde die Evakuierung sehr langsam ausgeführt, dann konnte die Reizbewegung ein zweites Mal ohne äußern Anstoß eintreten, der Sauerstoffentzug wirkte also in diesem Falle direkt als Reiz.

Viel später erst tritt der Zustand der Vakuumstarre ein. Der Effekt dieses Reizes ist auch ganz anderer Art. „Die vakuumstarren Staubgefäße, schreibt Correns, unterscheiden sich im Aussehen fast gar nicht von den reizbaren, nur scheinen sie mir unter einem etwas kleinern Winkel vom Griffel abzustehn“.

Worin die durch den Sauerstoffentzug bewirkte Aenderung im Organismus besteht, lässt sich allerdings nicht sagen. Die Vermutung

liegt aber nahe, dass es sich dabei nicht um eine einfache Erscheinung handelt, sondern wahrscheinlich um eine ganze Reihe von Einzeländerungen. Denn man beobachtet, dass die Wiederbelebung der vakuumstarrten Pflanze um so länger dauert, je länger der Aufenthalt im sauerstoffarmen, bezw. sauerstofffreiem Raume dauerte. Ein zu langes Verweilen in diesem führt den Tod der Pflanze herbei.

Die Vakuumstarre tritt übrigens nicht plötzlich ein. Stets braucht es eine gewisse Zeit, bis sie bemerkbar wird. So erklärt es sich denn auch, dass sie bei raschem Verdrängen der atmosphärischen Luft — wie oben für *Mimosa* erwähnt — bei einem viel geringeren Sauerstoffgehalt eintritt als bei langsamer Verdünnung. Dies zeigt sich namentlich auch an den reizbaren Narbenlappen von *Mimulus moschatus* und *luteus*. „So standen nach viermaligem sehr schnellem Evakuieren auf 3 mm Druck, mit jedesmaligen Einleiten von Wasserstoff, noch einige Narben offen, während einige andere sich bei ganz langsamen Evakuieren schon bei 12 mm Druck zu schließen begannen. Das Abspumpen hatte eine halbe Stunde gedauert. Wieder andere Narben schlossen sich sogar nach längerem Verweilen in einer Atmosphäre, die durch Abspumpen auf nur 200 mm Druck gebildet worden war“.

Aus dem Umstande, dass z. B. bei *Mimosa* auch dann, wenn die Blätter bereits in der Starrestellung sich befanden, doch auf starke Erschütterung noch eine Reaktion eintrat, ergibt sich, dass nicht die zur Ausführung einer Reizbewegung nötigen Prozesse durch den Sauerstoffentzug zuerst erlöschen, dass ferner das Erlöschen der Funktionen, durch welche die Starre entsteht, nicht gleichwertig sein kann mit dem Ausfall jener Funktionen, welche die Reizbewegung oder die Reizperzeption bewirken.

In Verbindung mit seiner Untersuchung über den Einfluss des Sauerstoffentzuges auf die Reizbarkeit stellte Verf. einige Versuche an über das Verhalten reizbarer Organe zu bestimmten Gasen. Sie verdienen um so eher auch an dieser Stelle erwähnt zu werden, als so ziemlich alles, was wir hierüber wissen auf den ältern Versuchen von Kabsch beruht, die durch Correns' Experimente eine Reihe von Korrekturen erfuhren.

Wie wirkt der reine Sauerstoff? Die Reizbarkeit der Staubgefäße von *Berberis* und der Narben von *Mimulus* wurde hierauf geprüft. Bei dieser Art traten nach einem Aufenthalt von 28 Stunden im reinen Sauerstoffe noch ganz deutliche Reaktionen ein, nach 40 Stunden wurden sie schwächer. Immer aber wurde die Bewegung wieder rückgängig gemacht. Die Reizbarkeit war also ganz normal, gleich der Reizbarkeit in der atmosphärischen Luft. Nach 56 Stunden war sie erloschen, die Narbenlappen gespreizt und nicht, wie bei der Vakuumstarre, geschlossen. Entgegen der Ansicht von Kabsch, dass ein kürzerer Aufenthalt der *Berberis*-Blüten im reinen Sauerstoff

die Staubgefäße reizunempfindlich mache, und dass nach mehrstündigem Aufenthalt dieselben getötet würden, zeigen Correns' Versuche, dass dieselben noch nach 24 Stunden reizempfindlich blieben.

Die Kohlensäure wirkt als Hemmungsmittel. Ein sehr kurzes Verweilen (5 Minuten) von *Berberis*-Blüten in einem Gasgemenge von 50proz. Kohlensäure und 50proz. Luft führte ihre Reizunempfindlichkeit herbei. Blieben sie nicht zu lange in der hemmenden Atmosphäre, dann kehrt an der Luft die Reizbarkeit schnell wieder.

Ganz gleich verhält sich *Helianthemum*, dessen Staubgefäße ebenfalls reizbar sind.

Dass die hemmende Wirkung der Kohlensäure eine sehr rasche ist, lehrten namentlich auch die Versuche mit *Mimulus*. Die Narben schlossen sich in der Kohlensäureatmosphäre nicht und hatten ihre Reizbarkeit eingebüßt. An der Luft zeigte sie sich wieder. Die Schlafbewegung vollführte sich in einer Atmosphäre von 20proz. Luft und 80proz. Kohlensäure nur langsam. Bei 99proz. Kohlensäure trat keine Bewegung mehr ein. Ein 24 stündiges Verweilen in dieser Atmosphäre vermochte die Pflanze nicht dauernd empfindungslos zu machen, wenn schon sie an der atmosphärischen Luft erst nach längerer Zeit sich wieder erholte.

Sehr eigentümlich ist das Verhalten der Ranken (von *Sicyos*) in der Kohlensäure. Der Aufenthalt in einem Gemisch von 12proz. Luft und 88proz. Kohlensäure hebt bald die Reizempfindlichkeit durch Berührung mit dem Holzstäbchen auf. Bald aber rollten sich die Ranken von der Spitze an ganz allmählich spiralig ein. Dass diese Bewegung nicht durch einen vorangehenden mechanischen Reiz durch das Stäbchen bedingt war, lehrten jene Versuche, bei denen (in einem Gasgemenge von 60proz. atmosphärischer Luft und 94proz. Kohlensäure) ohne Reizung durch das Stäbchen das Einrollen sich zeigte. „Nach 4stündigem Verweilen im Recipenten an die atmosphärische Luft gebracht, schienen die Ranken ihre Reizbarkeit dauernd eingebüßt zu haben. Sie wurden mit den im Beginn ihres Aufenthaltes in der Kohlensäure gebildeten Windungen über Holzstückchen gewickelt; statt dass sie diese aber zu ergreifen suchten, wickelten sie sich in den folgenden 18 Stunden ganz ab und erwiesen sich auch fernerhin für Kontaktreize ganz unempfindlich. Schließlich rollten sie sich spontan ein“. Es scheint also die Kohlensäure in diesem Falle einen Reiz auszuüben. Andererseits lehrt der Versuch, dass die Perzeption für Kontaktreize früher aufhört als die Reaktionsfähigkeit.

Die Wirkung des Stickstoffoxydes geht jener des Wasserstoffes ganz parallel. Beides sind also indifferente Gase.

Verschiedene Objekte prüfte Correns auf ihr Verhalten zu Ammoniak. Eine heftige Reizung auf die Blättchen von *Mimosa* bewirkte das Gas, ohne dass eine Schädigung der Pflanze einzutreten brauchte, wenn nur die Einwirkung unter gewissen besonderen Vor-

sichtsmaßregeln vollzogen wird. Das gleiche Blatt kann durch Ammoniakdämpfe mehrfach hintereinander gereizt werden, ist also chemisch reizbar. Dasselbe gilt für die Staubgefäße von *Berberis*, die Narbenlappen von *Mimulus*, während z. B. die Filamente der *Centaurea*-Arten nicht chemisch reizbar sind. Das Gas vermag sie zu töten, ohne dass eine merkbliche Reizbewegung zur Auslösung käme. —

Zu überraschenden Resultaten führten Frank's fortgesetzte Untersuchungen über die Symbiose zwischen Pilzen und Phanerogamen. Es sind dieselben in einer Abhandlung „Ueber die auf Verdauung von Pilzen abzielende Symbiose der mit endotrophen Mikorrhizen begabten Pflanzen, sowie der Leguminosen und Erlen“¹⁾ niedergelegt.

Die Rindenzellen der Wurzeln und Rhizome der Orchideen enthalten häufig eine knäuelartige gelbliche Pilzmasse aus aufgewundenen vielfach verschlungenen Hyphen. In zahlreichen andern humusbewohnenden Kräutern konnte Schlicht die gleiche Mykorrhizenform nachweisen. Die Fadenknäuel der einzelnen Zellen stehen miteinander durch Hyphen in Verbindung, welche die Zellwände durchbohrend von einer zur benachbarten Zelle gehn.

Vom ersten Augenblicke seiner Entstehungen bis an sein Lebensende wird der Pilzkörper in dem lebenden Protoplasma der Wurzelzelle völlig eingeschlossen. „Wenn man an ganz frisch hergestellten Längsschnitten die unversehrt gebliebenen pilzführenden Zellen beobachtet, so sieht man einen meist von kleinen Körnchen durchsäeten Protoplasmasack die Innenseite der Zellwand auskleiden; wo die kommunizierenden Pilzhyphen die Zellwand durchbrechen, setzt sich die Protoplasmahaut auf die Hyphen und von diesen über die ganzen in der Zelle liegenden Pilzkörper fort. Zwischen dem wandständigen Primordialschlauch und der die Hyphen und Pilzkörper überziehenden Protoplasmahaut ist ein reiches Netz aus sehr zahlreichen und überaus feinen Protoplasmafäden ausgespannt, in denen die kleinen Körnchen fehlen, an denen man aber . . . eine sehr lebhaftige Strömung und zitternde Bewegung wahrnimmt. Der Zellkern, welcher entweder von dem Pilzfadenknäuel umwachsen ist oder auch seitlich desselben liegt, bleibt beständig deutlich, ja er ist sogar im Vergleich zu denjenigen der unverpilzten gleich großen Zellen um ungefähr das Doppelte vergrößert. Diese Thatsachen lassen wohl ahnen, dass hier das Protoplasma eine ungewöhnliche Energie in seiner Thätigkeit entfaltet“.

Welcher Art sie ist, sieht man an ältern, dem Absterben nahen Wurzeln. Die Pilzklumpen sind chemisch sehr wesentlich verändert. Den großen Eiweißgehalt, der ihnen eigen war, haben sie, wie die chemischen Reaktionen erkennen lassen, verloren. Kern und Plasmahaut sind aber in diesen Zellen noch vorhanden, also hat das lebende

1) Anm. Berichte der deutsch. botan. Gesellsch., IX. Jahrg., 7. Heft, 1891.

Plasma den Pilz seines Eiweißes beraubt. „So hängt er also ausgesogen in dem Protoplasma der Zelle, wie die Fliege im Spinnennetze oder wie die Blattlaus in den Digestionsdrüsen des *Drosera*-Blattes“. Es sind also die Orchideen und mit ihnen viele andere humusbewohnende Pflanzenarten „pilzfressende“ Pflanzen. Seine Entwicklungsfähigkeit hat der von seinem Wirte gefangene Pilz schon früh verloren, indem er unfähig ist außerhalb des Wurzelplasmas zu vegetieren. „Der Pilz wird unter dem Einfluss des ihn hegenden Protoplasmas der Wurzelzelle degeneriert“.

Den Ericaceen sind, wie wir durch Frank's Untersuchungen wissen, eigentümliche Wurzelorgane eigen, „in deren besonders weiten Epidermiszellen konstant Nester von Pilzfadenknäueln liegen, welche durch Fäden unter sich und mit den epiphyt-wachsenden Pilzfäden zusammenhängen“. Auch hier ist der Eiweißreichtum des Pilzes in den jungen, seine größte Eiweißarmut in den ältern Wurzeln nachweisbar.

Die Pilzsymbiose der Leguminosen haben wir in einem frühern Referate einlässlicher besprochen. Die neuen Forschungen vorab auch Frank's haben zu folgenden neuern Erkenntnissen geführt. „Ein Spaltpilz, dessen Keime allgemein in den Vegetationsböden verbreitet sind, wird durch gewisse Anlockungsmittel, die von der Leguminosenwurzel ausgehen, gleichsam eingefangen. In einem Organe, welches aus den Zellen der primären Wurzelrinde, in die der Pilz übergeleitet worden ist, sich entwickelt, in den Wurzelknöllchen, wird der Pilz zu enormer Vermehrung veranlasst“. Dabei haben die Wurzelzellen selbst den Reiz zu sehr bedeutender Vermehrung empfangen. „Das Wurzelknöllchen ist also seinem wesentlichen Charakter nach eine auf Erzeugung großer Pilzmassen angelegte Pilzbrutstätte“.

Auch hier sind die in diese Wurzelzellen eingeführten Bakterien während ihres ganzen Lebens im Plasma eingeschlossen, unter dessen Einwirkung der Spaltpilz Umwandlungen erfährt, die ihn zu den „Bakteroiden“ werden lassen. „Die letztern sind gleichsam hypertrophierte Spaltpilze“. Ihr Körper ist gleichsam mit Eiweißmaterial gemästet. Seine Vegetationsfähigkeit außerhalb des Wurzelplasmas ist ebenfalls völlig verloren gegangen oder doch sehr geschwächt. Zur Zeit der Ausbildung der Früchte werden diese Eiweißspeicher gleich echten Reservestoffen zum großen Teil verbraucht. „In den Zellen, aus denen die Bakteroiden resorbiert sind, bleiben zahlreiche entwicklungsfähige Keime des Spaltpilzes von der Beschaffenheit derjenigen, wie sie bei der Einwanderung in die Wurzel beobachtet werden, zurück und gelangen bei der Verwesung der Knöllchenüberreste wieder in den Boden“. Ein Teil der Bakterien vermag sich also dem degenerierenden Einflusse des Plasmas zu entziehen.

Gewisse Parenchymzellen der Wurzelrinde der Erlen enthalten ebenfalls Komplexe von Pilzfäden. Sie laufen durch die trennende

Wand von Zelle zu Zelle, eine Verbindung zwischen den verschiedenen Fadenknäueln herstellend. „Gegen den Vegetationspunkt hin dringen die Fäden schrittweise weiter vor, so dass man in günstigsten Fällen Zellen findet, in welche eben erst einige Fäden aus der nächstältern Zelle eingewandert sind, aber noch nicht zu einem Fadenknäuel sich verflochten haben“. Ist der Pilz in das Zellplasma eingetreten, dann tritt eine Vergrößerung des Zellkernes ein, volle Analogie zu den Verhältnissen der Orchideen. Und diese Uebereinstimmung erstreckt sich auch auf das Schicksal des Pilzes. Nachdem der Pilz zu einem sehr kräftigen Fadenknäuel in der Zelle herangewachsen ist, blähen sich die peripheren Fäden blasenförmig auf. Der nun traubenförmige Pilzkörper zeigt die Eiweißreaktion in sehr ausgesprochenem Maße. „Der Pilz ist nun durch den Einfluss des Erlen-Protoplasmas degeneriert, zu einem von Eiweiß strotzenden Monstrum verbildet“. Bald wird es seines Eiweißes durch das umschließende Plasma beraubt. In ältern Wurzelpartien tritt an seine Stelle ein zusammengeschrumpfter eiweißloser Körper. „Die Wurzelanschwellungen sind von vieljähriger Dauer; jedes Jahr wachsen sie an ihre Spitzen weiter, mit ihnen aber auch der Pilz, und so wiederholt sich das Spiel immer von Neuem“. Der Verlust der selbständigen Entwicklungsfähigkeit ist auch hier eine Folge der Degeneration.

So ist also die überaus eigenartige Symbiose zwischen verschiedensten Phanerogamen und Pilzen, in welchen diese bzw. ihr Degenerationsprodukt die Rolle eines Eiweißreservestoffes spielen, allem Anschein nach sehr verbreitet. „Die pilzfressenden Pflanzen wissen mit noch raffinierten Einrichtungen Pilze als ihre auserkorenen Opfer in ihr Protoplasma einzufangen, darin groß zu züchten und schließlich zu verdauen um so von der reichen Eiweißproduktion gerade der Pilze, die die letzteren ja auch als menschliches Nahrungsmittel wertvoll macht, Nutzen zu ziehn. Es geht hierbei also der eine der beiden Symbionten im Organismus des andern derart auf, dass er wie ein stofflicher Bestandteil des letzteren erscheint, der im Stoffwechsel schließlich verbraucht wird“. —

Eine Berichterstattung über die wichtigsten Erscheinungen jenes Zweiges der Pflanzenphysiologie, der den Inhalt der Teratologie ausmacht, gehörte bisher zu den schwierigen Dingen, sobald sie sich nicht an speziellste Fachkreise wandte. Nicht dass die teratologischen Publikationen besonders dünn gesäht wären. Es umfasst im Gegenteil die Pflanzenteratologie eine umfangreiche, wenn auch sehr zerstreute Litteratur. Doch diese Publikationen beziehen sich in ihrer überwiegenden Zahl auf Einzelbeobachtungen, sind Studien und Beschreibungen zufällig aufgefundener Objekte. Ausgedehntere, auf breiter Basis aufbauende Forschungen über in sich abgeschlossene Gruppen von Bildungsabweichungen, die zur Quelle gründlicher Erkenntnis bestimmter abnormer Bildungsvorgänge werden könnten,

sind vereinzelte Erscheinungen. Dass aber auch das Studium der Bildungsabweichungen die monographische Darstellung ermöglicht, die auf methodisch geschaffenen Materiale fußt, zeigt uns die Monographie der Zwangsdrehungen von Hugo de Vries in schönster Weise.

Zwei tordierte Exemplare von *Dipsacus silvestris* macht Verf. zu den Stammeltern einer großen Zahl von Individuen, die diese Bildungsabweichung mehr oder weniger ausgesprochen in mancherlei Stadien und Uebergängen zeigen, indem er deren Kreuzung mit normalen Individuen verunmöglicht. Unter 1643 unmittelbaren Descendenten treten wieder 2 tordierte Individuen auf, die Stammbalter einer folgenden Generation. Dabei wird darauf Bedacht genommen, dass jede Bestäubung mit normalen Individuen ausbleibt. Aus nichttordierten Exemplaren ließ sich ebenfalls ein reiches Beobachtungsmaterial gewinnen. Ueber dem Wurzelhals wurden sie abgeschnitten. Aus den Achseln der Wurzelblätter trieben zahlreiche kräftige Schösslinge, von welchen sehr viele kleinere Torsionen und andere Bildungsabweichungen lieferten. Von 1616 Individuen, welche die Abkömmlinge des vollkommener tordierten Exemplares der zweiten Generation waren, zeigten 67 Individuen Zwangsdrehung, d. h. 4,1%. Daneben traten 46 Exemplare mit 3gliederigen Wirteln auf, während in der vorangegangenen Generation nur zwei Individuen diese Bildungsabweichung zeigten. Rechtsläufige und linksläufige Zwangsdrehung war in ungefähr gleicher Individuenzahl vertreten. Von den Individuen, welche die Zwangsdrehung am schönsten zeigten, wurden in einer folgenden Generation bis 10% tordierter Exemplare erhalten. Von den Stockausschlägen der 3. Generation zeigten im Maximum 29% der Seitenäste Bildungsabweichungen in der Blattstellung und 9% Seitenäste mit lokalen Zwangsdrehungen.

Die Zwangsdrehung ist also eine erbliche Erscheinung. Durch Zuchtwahl ist sie zu fixieren. So ist es nicht unwahrscheinlich, dass durch geeignete Kulturen auch bei anderen teratologischen Erscheinungen eine erbliche Rasse gewonnen werden kann und damit eben ein für monographische Zwecke geeignetes Material.

Der Begriff der Zwangsdrehung ist von Braun in folgendem Sinne verstanden worden. „Zu den abnormen Drehungen, schreibt er, welche dem kurzen Weg der Blattstellung folgen, gehört die Zwangsdrehung, welche bei vielen Pflanzen eintritt, wenn die normal paarige oder quirlständige Anordnung der Blätter in eine spiralgige übergeht. Wenn nämlich in solchen Uebergangsfällen die in spiralgiger Ordnung sich folgenden Blätter an der Basis einseitig, der Spirale folgend, zusammenhängen, so muss der Stengel, in seiner allseitigen Streckung behindert, durch ungleiche Dehnung eine spiralgige Drehung annehmen, die so weit gehen kann, dass die Blätter mit senkrecht gestellter Basis eine einzige Reihe bilden. Der im Längenwuchs behinderte Stengel dehnt

sich dabei oft stark in die Dicke und erscheint dann monströs aufgeblasen“.

Wie stellt sich nun das reiche Beobachtungsmaterial auf das de Vries sich stützen kann, zu dieser Braun'schen Theorie.

Die normalen Pflanzen von *Dipsacus silvestris* haben dekussierte Blattstellung von den Kotyledonen an bis hinauf in die Inflorescenz. Unter den Descendenten der tordierten Vorfahren finden sich Individuen mit 3zähligen Quirlen, selten mit 4zähligen. An allen Individuen aber, deren Axen Zwangsdrehung zeigen, sind die Blätter in spiraliger Anordnung vorhanden. Die Untersuchung der Anordnung der Blätter in der Knospe zeigt, dass diese abnorme Blattstellung lange vor dem ersten Anfang der Torsion auftritt. Die Divergenz beträgt gewöhnlich 138° , entspricht also der Formel $\frac{5}{13}$. Wie bei der normalen Pflanze die breiten Flügel der Blätter mit einander verwachsen sind, wobei jedes Blatt den halben Umfang des Stengels umfasst, so sind sie bei spiraliger Anordnung der Blätter ebenfalls verwachsen, $\frac{5}{13}$ des Stengels umfassend. Die am Vegetationskegel in spiraliger Anordnung angelegten Blätter sind also zu einem einzigen Bande vereint. Auf den Bau des Stengels übt dies natürlich einen bestimmten Einfluss aus. Die gürtelförmigen Gefäßstrangverbindungen sind auch bei den Blättern der tordierten Axen vorhanden. Sie liegen außerhalb des Gefäßbündelkreises, sind somit noch zum Blatte zu rechnen. Das Diaphragma der Knoten teilt durch seinen queren Verlauf den hohlen Stengel einer normalen *Dipsacus*-Pflanze. Durchschneidet man den Stengel einer tordierten Pflanze, dann beobachtet man, dass zwar der Stengel auch hohl ist, die Fächerung aber fehlt. Dafür sieht man im innern des Hohlzylinders, einer Wendeltreppe ähnlich, eine hervorragende Leiste. Sie entspricht genau dem Ansatz der Blattspirale, also muss sie als die Vereinigung der Diaphragmastücke der einzelnen Blätter angesehen werden.

Vergleichen wir diese abnorme Blattspirale von *Dipsacus* mit der normalen Blattspirale z. B. einer Umbellifere, so fällt sofort auf, dass hier das Diaphragma als Querwand durch den Stengel geht. Dem entsprechend können sich hier die Internodien ungehindert strecken. Die spiralige Blattstellung an sich bedingt also eine Zwangsdrehung nicht. Notwendig ist vielmehr, was wohl bei Pflanzen mit gegenständigen Blättern das gewöhnlich Verhalten ist, dagegen spiraligen Blättern fehlt, dass die Blätter mit einander verwachsen seien.

Dass die spiralige Blattstellung vor dem Beginn der Torsion am Vegetationskegel zu beobachten ist, wurde bereits erwähnt. Die Torsion aber fängt erst an, sobald sich die Internodien bedeutend zu strecken beginnen. Das Blatt hat zu dieser Zeit bereits eine ansehnliche Größe, 15—20 mm, erreicht.

Eine endgiltige Entscheidung über die Ursache der Zwangsdrehung ist natürlich nur auf Grund von Versuchen möglich. Diese

galten in erster Linie der Prüfung der Theorie von Magnus. Er hat die Ansicht ausgesprochen, dass die Zwangsdrehung auf eine Hemmung des Längenwachstums zurückzuführen sei, welche der jugendliche Stengel durch den Druck der abgehenden Blätter erfahre. Um diesen vermuteten Druck aufzuheben schnitt Verf. die Blätter während des Drehens am drehenden Stengel dicht über der Insertionsstelle ab. Ein merklicher Einfluss auf die Torsion wurde nicht beobachtet. Die Verdunklung tordierender Individuen, durch welche die Festigkeit der Blätter geschwächt, also das Vermögen einen Druck auszuüben vermindert werden sollte, hatte auf die Zwangsdrehung des Stengels ebenfalls keinen Einfluss.

Der Verlauf der Zwangsdrehung lässt eine Periode schneller Drehung erkennen, die mit der Periode der starken Streckung zusammenfallen dürfte. Ist also vielleicht in der Gürtelverbindung der Gefäßbündel der Blätter die Ursache der Torsion zu sehen? Sie stellt ein ununterbrochenes Schraubenband um die junge Stengelspitze dar und ist, wie oben bereits erwähnt wurde, im Blattgrunde außerhalb des Stengels. Wenn man also die Verbindung der benachbarten Blattflügel am Stengel wegshneidet oder abkratzt, dann kann man diese Gürtelverbindung entfernen. An verschiedenen Pflanzen wurde, während der kräftigen Streckung des untern Abschnitts des sich drehenden Stengels alle Gürtelverbindungen über mehrere Umgänge der Blattspirale abgetragen und zwar je vor oder im allerersten Anfang der Torsion. Dennoch ging diese in ganz normaler Weise vor sich. In zweiter Linie wurde der allfällige Einfluss des schraubenförmigen Diaphragmas geprüft. Wohl enthält es keine Gefäßbündel. Es konnte aber doch als kontinuierliches Band die Hemmung bedingen, welche nach Braun's Auffassung die Drehung herbeiführt. Wurden von außen Einschnitte zwischen je 2 Blättern gemacht, dann wurde dadurch die Kontinuität aufgehoben. Sobald sich aber die Schnitte nicht wesentlich aufwärts oder abwärts von der Ansatzlinie der Blätter erstrecken, geht die Drehung ungestört weiter. Anders sobald sich die Einschnitte eine kleinere oder größere Strecke weit von der Ansatzstelle ausdehnen. Da gelang es denn die Drehung stellenweise völlig aufzuheben, während sie oberhalb und unterhalb der Versuchsstrecke eine sehr starke blieb. Die getrennten Blätter wurden durch das Wachstum in vertikaler Richtung auseinander geschoben und zwar bis zu 2 cm, wobei der Stengelteil gerade gestreckt wurde, die Insertion der Blätter nahezu quer zur Stengelaxe standen.

Um noch größere Strecken gerade zu erhalten wurden längere und zahlreichere Einschnitte gemacht und sie wurden von 1—2 Insertionen in derartiger Entfernung von einander angebracht, dass sich ihr Einfluss auf die dazwischen liegenden Partien des Stengels summieren konnte. Durch solche Versuche ergab sich, dass die von zwei parallelen Schnitten isolierten Streifen keine Torsion erfuhren.

„Als Schlussergebnis zeigt sich, dass als mechanische Ursache der Torsion nicht allein die spiralige Verwachsung der Blattbasen mit ihren Gürtelverbindungen und dem Diaphragma in der Höhlung des Stengels betrachtet werden muss, sondern die spiralige Anordnung der Blattbasen nebst den von ihren Blattspuren durchlaufenen Abteilungen des Stengels (für jedes Blatt bis zum nächst untern Umgang der Spirale gerechnet). Erst wenn, oder soweit diese Abteilungen von einander losgelöst werden, bleibt die Drehung aus“.

Die mannigfachen Erseheinungsformen an *Dipsacus silvestris torsus* bestätigen also Braun's Theorie von der Zwangsdrehung.

H. Molisch, Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen, eine physiologische Studie.

Jena, G. Fischer, 1892.

Dem Verf. war es vor allem darum zu thun, über das Vorkommen des Eisens im Pflanzenreiche und über die Verteilung desselben in der Pflanze, in Organen und Zellen, ins Klare zu kommen.

Die Chemie bietet dazu hochfeine Reaktionen dar (Blutlaugensalzreaktion etc.); trotzdem hätte M. die gestellte Frage nur unvollständig lösen können, wenn es ihm nicht geglückt wäre, eine über alles Erwarten empfindliche und sichere Methode ausfindig zu machen, die es gestattete, „auch jenes mit organischen Körpern fest verbundene Eisen direkt unter dem Mikroskop nachzuweisen, das für die gewöhnlichen Reaktionen nicht zugänglich war, weil es, um mit dem Chemiker zu reden, im maskierten Zustand vorliegt“.

Die meisten organischen Verbindungen, welche Eisen in maskierter Form enthalten, lassen selbst in ganz außerordentlich geringen Mengen ihr Eisen erkennen, wofern man die betreffenden Objekte ein oder mehrere Tage oder Wochen in gesättigter wässriger (eisenfreier) Kalilauge liegen lässt und dann nach dem raschen Auswaschen in reinem Wasser den gewöhnlichen Eisenreaktionen, am besten der Ferroeyankaliumprobe, unterwirft.

Mit Hilfe dieser Methode konnte gezeigt werden, dass das Eisen kurze Zeit nach seinem Eintritt in die Pflanze sich an organische Substanz kettet und dann in maskierter Form auftritt, und ferner, dass in der Regel die Hauptmasse des in der Pflanze vorkommenden Eisens uns in solchem Zustande begegnet.

Im II. Abschnitt legt Verf. seine Untersuchungen über Vorkommen und Verbreitung des locker gebundenen Eisens (direkt nachweisbar durch 2proz. Blutlaugensalzlösung + 10proz. Salzsäure) dar. Er konnte bei Objekten der verschiedensten Abteilungen des Gewächsreiches auf diese Weise Eisen auffinden, doch auch bei sehr vielen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Keller Robert

Artikel/Article: [Fortschritte auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie
417-441](#)