weilen etwas verschieden gebildet. Die Epidermiszellen mancher Blumenblätter besitzen eigentümliche Gestalt, zuweilen sind sie, wie bei Viola tricolor, höckerartig nach außen aufgetrieben.

In der Blattspreite nimmt das Mesophyll die Hauptmasse des Gewebes ein; in dem Blattstiel ist es erheblich reduziert. Hier hat es auch weniger die Aufgabe, zu assimilieren, als die in den Blättern gebildeten Stoffe im Verein mit den Gefäßbündeln dem Stamme zuzuführen.

III. Abteilung.

Physiologie.

I. Abschnitt.

Allgemeine Eigenschaften der lebenden Pflanze.

Schon der uns unter dem Mikroskop erkennbare Bau der Pflanze zeigt uns ein überaus kompliziertes Gebäude, und doch müssen wir annehmen, daß das, was uns das Mikroskop noch nicht enthüllt hat, noch weit mannigfaltiger und komplizierter ist. Die Pflanze lebt, sie nimmt Nahrung auf, die sie in ihrem Innern verarbeitet, sie wächst, sie atmet, sie vermag innerhalb gewisser Grenzen Bewegungen auszuführen, sie pflanzt sich fort und sie stirbt. Mit diesen Lebenserscheinungen der Pflanze beschäftigt sich die Pflanzenphysiologie; sie alle haben ihren Sitz in dem lebendigen Protoplasma der Zelle. Dieses Protoplasma nun ist empfindlich für von außen einwirkende Kräfte, es ist reizbar, eine Eigenschaft, die auf einer äußerst feinen, uns unerkennbaren Struktur des Protoplasmas beruht. Die

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0105-7 DFG

Wirkung der von außen kommenden Kräfte auf diese reizbare Struktur des Plasmas ruft die Lebenserscheinungen hervor.

Die Beziehungen zwischen Ursache und Wirkung bei diesen Erscheinungen sind uns meist noch völlig unbekannt; wir wissen z. B., daß die Schwerkraft die Richtung wachsender Pflanzenteile beeinflußt, daß das Chlorophyll unter dem Einfluß des Lichtes Kohlensäure zerlegt, daß die Pflanze aus dem so gewonnenen Kohlenstoff ihre organische Leibessubstanz aufbaut, aber über die Art und Weise dieser Vorgänge wissen wir im einzelnen so gut wie nichts. Die Veränderungen, welche durch die von außen kommenden Reize im Plasma herbeigeführt werden, sind uns nicht direkt erkennbar, sondern kommen uns erst in ihren Folgen zur Wahrnehmung.

Die Reizbarkeit des Protoplasmas würde aber für sich allein nicht genügen, die durch die Reizwirkungen ausgelösten Kräfte in einer für das Leben der Pflanze zweckmäßigen Weise auszunützen. Wie eine auf dem Rücken liegende Lokomotive trotz schnellster Umdrehungen der Räder nicht vom Flecke käme, weil ihr der zur Fortbewegung nötige Widerstand fehlt, so würde auch die Reizbarkeit des Protoplasmas allein nicht die für das Leben und die Entwicklung der Pflanze notwendigen Vorgänge auszulösen imstande sein, wenn nicht gewisse mechanische Eigenschaften der Pflanze einen solchen Widerstand schaffen würden, an welchem die plasmatischen Kräfte gewissermaßen ansetzen können. Außerdem aber braucht eine große vielgegliederte Pflanze auch eine gewisse Festigkeit, um ihre Gestalt zu bewahren und äußeren mechanisch wirkenden Kräften gegenüber Widerstand zu leisten.

Deshalb spielt die Festigung des Pflanzenkörpers eine große Rolle. Die Festigkeit muß aber auch mit Elastizität gepaart sein, und diese Eigenschaften besitzen die Pflanzen in allen Teilen, ganz besonders aber die Zellmembranen lebender Zellen in hohem Grade.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0106-2 DFG

Auf der Elastizität der Zellmembran einerseits und dem Bestreben des Zellinhaltes, sein Volumen zu vergrößern, andererseits beruht der Turgor der Zellen.

Der Turgor wird im wesentlichen durch die im Zellsaft gelösten Salze, sowie durch die Säuren, Zuckerarten usw. bedingt, welche durch ihr Bestreben, Wasser anzuziehen, das Volumen des Zellinhaltes vergrößern und einen starken Innendruck erzeugen. Die Entstehung dieses Innendruckes hängt wieder mit den Erscheinungen der Diosmose zusammen.

Gelöste feste Körper werden in ihren kleinsten Teilchen durch die kleinsten Teilchen des Lösungsmittels angezogen, wodurch eine gleichmäßige Verteilung der ersteren zwischen den letzteren herbeigeführt wird. Eine solche Anziehung findet nun auch statt, wenn zwischen einer stärkeren und einer verdünnteren Lösung eine, wenigstens für das Lösungsmittel durchlässige (permeable) Schicht vorhanden ist, z. B. Schweinsblase, Pergamentpapier. Kann nun der gelöste Stoff nicht selbst durch die trennende Schicht dringen, so bewirkt er doch infolge seiner Anziehungskraft auf das Lösungsmittel der verdünnteren Lösung, daß allmählich der letzteren so viel von dem Lösungsmittel entzogen wird, bis beide Lösungen ungefähr gleiche Konzentration besitzen. Durch diesen Vorgang wird natürlich das Volumen der ursprünglich konzentrierteren Lösung um so viel vergrößert, als von dem Lösungsmittel zu ihr übergetreten ist. Ist dabei die trennende Schicht beispielsweise eine allseitige geschlossene Schweinsblase, die die stärkere Lösung enthält, so wird diese durch das Eindringen des Lösungsmittels immer straffer gespannt, es wird ein Druck von innen auf sie ausgeübt werden, dem sie nur vermöge ihrer Elastizität das Gegengewicht halten kann. Eine solche durch den Innendruck straff gespannte Blase erscheint dann viel härter und fester, als eine schlaffe, faltige.

Ganz ähnliche Erscheinungen finden wir nun bei den leben-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0107-8

den Zellen. Die ringsum geschlossene wandständige Plasmaschicht ist für die im Zellsaft enthaltenen gelösten Salze wenig permeabel, wohl aber läßt sie Wasser zu dem Zellsaft durch. Der Zellsaft entzieht deshalb weniger konzentrierten Lösungen aus Nachbarzellen oder den Leitungsbahnen mit großer Kraft Wasser, und es entsteht ein oft mehrere Atmosphären starker Innendruck, welcher auf die elastische Zellmembran wirkt und diese straff anspannt. Solche straff gespannte Zellen nennt man turgeszent und die durch den Innendruck in der Zelle erzielte Spannung selbst Turgor.

Auf dem Turgor der Zellen verschiedener Gewebe beruht auch die Gewebespannung, die ebenfalls zur Festigung der Pflanzen beiträgt und besonders zwischen Rindenschicht und Mark in auffallender Weise hervortritt. Die dünnwandigen, sehr turgeszenten Zellen des Markes haben das Bestreben sich viel stärker zu strecken, als die dickwandigeren der Rindenschichten, wodurch namentlich bei stark wachsenden Stengelteilen erhebliche Spannungen eintreten können. Spaltet man einen solchen Stengelteil durch kreuzweise Schnitte, so wird die Außenseite konkav, die Innenseite konvex, weil die passiv durch das Mark gedehnte Rindenschicht sich jetzt zusammenziehen und das durch den Widerstand der Rindenschicht zurückgehaltene Mark sich jetzt ausdehnen kann.

Schließlich besitzen die Pflanzen noch besondere, ausschließlich der Festigkeit dienende Gewebe (Stereome), insbesondere Holz- und Sklerenchymgewebe, wozu namentlich bei krautigen, noch wachsenden Pflanzenteilen noch das Kollenchym tritt. Die Gewebe sind so angeordnet, daß sie der Pflanze eine möglichst große Festigkeit verleihen, ohne selbst allzu großen Raum einzunehmen; im einzelnen wird dabei den besonderen Bedürfnissen der verschiedenen Organe Rechnung getragen, indem die Festigungsgewebe bald peripher, bald zentral liegen, je nachdem sie mehr Biegungsfestigkeit oder Zugfestigkeit bewirken sollen.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0108-4 DFG

II. Abschnitt.

Die Ernährung.

---

1. Kapitel.

Die Nährstoffe.

Die Ernährung hat den Zweck, die durch den Stoffwechsel verbrauchten Stoffe in der Pflanze zu ersetzen, sowie die für das Wachstum nötigen neuen herbeizuschaffen. Indessen findet die Pflanze die Stoffe durchaus nicht in derselben oder auch nur ähnlicher Form vor, als sie zum Aufbau ihres Körpers gebraucht werden, ja sie würde sie vermöge ihres eigentümlichen Baues nicht einmal aufzunehmen vermögen, wenn man sie ihr in dieser fertigen Form etwa als Eiweißstoffe, Fette, Kohlehydrate usw. bieten würde. Die Pflanze nimmt vielmehr nur anorganische Verbindungen auf, um aus ihnen die genannten Stoffe herzustellen. Es sind im wesentlichen nur Kohlensäure und Wasser mit den in diesem gelösten Salzen, welche zum Aufbau des Pflanzenkörpers aufgenommen werden.

Geht man weiter zurück auf die Elemente, welche zum Leben der Pflanze notwendig sind, so finden wir Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, also zehn Elemente, ohne welche das Leben der Pflanze nicht bestehen kann. Daneben kommen allerdings auch noch eine oft nicht unbedeutende Menge anderer Elemente in der Pflanze vor, die in Form von Salzen mit dem Wasser aufgenommen und abgelagert werden, ohne daß sie jedoch als wesentliche Nährstoffe zu betrachten wären. Hierher gehören das sehr allge-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0109-2

mein in den Pflanzen vorkommende Natrium, ferner das ebenfalls häufige und oft (Equisetum) massenhaft gespeicherte Silicium in Form von Kieselsäure. Außerdem sind noch Chlor, Jod, Brom, Fluor, Mangan, Aluminium, Kupfer und andere in kleineren Mengen hier und da in Pflanzen vorhanden; einzelne können sogar zuweilen in Menge gespeichert werden.

Kohlenstoff, Wasserstoff und zumeist auch Sauerstoff sind in allen organischen Verbindungen, die den Körper der Pflanze aufbauen, vertreten, und der Stickstoff ist ein wesentlicher Bestandteil der eiweißartigen Substanzen, aus denen das Plasma, also jenes Organ, in dem sich die eigentlichen Lebensvorgänge der Pflanze abspielen, besteht. Auch der Schwefel ist ein Bestandteil der Eiweißsubstanzen und kommt sonst nur selten, z. B. im Knoblauchöl (Schwefelallyl) und Senföl (Schwefelcyanallyl) vor. Ferner spielt er bei den sogenannten Schwefelbakterien noch eine eigentümliche Rolle, indem er von diesen aus dem Schwefelwasserstoff abgeschieden und in der Zelle gespeichert wird. Er wird dann oxydiert und dient diesen Organismen gewissermaßen als Kraftquelle.

Der Phosphor tritt in Form von Phosphorsäure in den Pflanzen auf und spielt augenscheinlich bei der Bildung und Umwandlung der Eiweißstoffe eine bedeutende, jedoch noch nicht näher bekannte Rolle. Ob er bei einigen in geringer Menge vorkommenden Eiweißverbindungen des Pflanzenkörpers als tatsächlicher Bestandteil derselben anzusehen ist, bleibt zunächst fraglich, für die Nukleine ist dies wohl als sicher anzunehmen.

Ein sehr wichtiges Element bei der Ernährung der Pflanzen ist das Kalium, obgleich die Rolle, die es in der Pflanze spielt, noch nicht aufgeklärt ist. Daß es aber unentbehrlich ist, läßt sich leicht dadurch nachweisen, daß Pflanzen, denen man alle anderen Nährstoffe außer Kalium gibt, kümmern, in der

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0110-3 DFG

Entwicklung zurückbleiben und schließlich eingehen. Bei Pilzen ist das Kalium durch Rubidium oder Cäsium zu ersetzen, aber nicht bei höheren Pflanzen. Es ist annähernd gleichmäßig in der Pflanze verbreitet, namentlich reichlich findet es sich in den grünen Pflanzenteilen, weniger reich ist es in den Samen vorhanden.

Die Rolle, welche das Calcium in der Pflanze spielt, ist ebenfalls unbekannt. Daß es aber ebenso nötig ist, wie das Kalium, geht daraus hervor, daß Pflanzen ohne Calcium sehr bald absterben. In den Samen fehlt es fast ganz, ebenso in den Wurzeln. In den höheren Pflanzen kann es nicht durch ein anderes Element vertreten werden, bei den Pilzen dagegen durch Magnesium, Strontium, Baryum. Ähnlich wie vom Calcium wissen wir auch vom Magnesium nicht viel; es ist ebenso notwendig zum Gedeihen der Pflanze wie jenes, findet sich aber im Gegensatz hauptsächlich in den Samen.

Das Eisen, obwohl nur in sehr geringen Mengen in der Pflanze vorhanden, ist doch ein nie fehlendes Element; es ist zum Ergrünen durchaus notwendig. Fehlt den Pflanzen Eisen, so ergrünen die jungen Keimpflänzchen überhaupt nicht oder werden doch bald bleich gelblich, indem die geringe Menge im Samenkorn vorhandenen Eisens nur für kurze Zeit zum Ergrünen ausreichte. Dann tritt die als Bleichsucht oder Gelbsucht (Chlorose) bezeichnete Krankheit ein, welche, wenn kein Eisen zugeführt wird, rasch das Absterben der Pflanze bedingt.

2. Kapitel.

Das Chlorophyll und die Kohlensäurezersetzung.

Der Hauptbestandteil der Pflanzensubstanz ist der Kohlenstoff; beinahe die Hälfte des trockenen Pflanzenkörpers besteht aus ihm, und das sind bei großen Bäumen recht beträchtliche Massen. Um so befremdender erscheint es daher auf den ersten

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0111-9 DFG

Blick, daß diese großen Mengen fester Substanz aus der Luft stammen und nicht etwa durch die Wurzeln aus der Erde aufgenommen werden. Aber die grüne Pflanze besitzt die eigentümliche Fähigkeit, die in geringen Mengen in der Luft enthaltene Kohlensäure aufzunehmen und in Kohlenstoff und Sauerstoff zu zerlegen. Der Kohlenstoff wird dann gebunden und zum Aufbau der organischen Substanz verwendet, während der Sauerstoff wieder in die atmosphärische Luft zurückkehrt.

Der ganze Vorgang der Kohlensäurezersetzung und der damit zusammenhängenden Bildung organischer Verbindungen wird Kohlensäureassimilation oder kurzweg Assimilation genannt. Es ist dies ein Prozeß, der ausschließlich den grünen Pflanzen zukommt, und weder bei den chlorophyllfreien Pflanzen noch bei den Tieren möglich ist. Alle organische Substanz, die ja durchweg kohlenstoffhaltig ist, mag dieselbe nun in Pflanzen oder Tieren sich vorfinden, ist ursprünglich durch die grünen Pflanzen aus anorganischen Stoffen aufgebaut worden.

Die Fähigkeit der Pflanzen, sich die Kohlensäure der Luft nutzbar zu machen, ist an das Vorhandensein von Chlorophyll gebunden; nur grüne Pflanzenteile assimilieren. Von dieser Tatsache kann man sich durch einen sehr einfachen Versuch überzeugen. Bringt man Wasserpflanzen — am häufigsten wird hierzu die untergetaucht wachsende Elodea canadensis, die Wasserpest, benutzt — in ein vollgefülltes Gefäß mit Wasser, welches stets bedeutende Mengen Luft und damit Kohlensäure absorbiert hat, und dreht dieses Gefäß in einem anderen Behälter mit Wasser vorsichtig so um, daß keine Luft hineingelangt, so wird man sehr bald beobachten, daß im Licht aus den Pflanzen, namentlich an den Schnittstellen, in ununterbrochener Folge kleine Gasbläschen aufsteigen, die sich oben ansammeln. Dieses Gas ist, wie man sich durch entsprechenden Versuch leicht überzeugen kann, Sauerstoff; fängt man es in

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0112-5 DFG

der Weise auf, daß man ein glimmendes Zündholz hineinhalten kann, so flammt dieses sofort auf.

Wir sehen hieraus zunächst, daß die Pflanzen im Licht Sauerstoff abscheiden. Kocht man das Wasser vorher aus, so daß die Luft und mit dieser auch die Kohlensäure entwichen sind, so findet auch im Licht keine Sauerstoffabscheidung statt, weil die Assimilation wegen des Mangels an Kohlensäure nicht stattfinden kann. Verdunkelt man die Pflanze, so hört die Bildung der Gasblasen sofort auf, im Finstern assimilieren die Pflanzen also nicht. Auch wirken nicht alle Lichtstrahlen gleich günstig auf die Assimilation; am energischsten ist sie im roten, orangen und gelben Licht, gering im blauen und violetten. Auch das intensive elektrische Licht vermag Assimilation in den grünen Pflanzenteilen hervorzurufen. Außer Licht ist auch eine gewisse Wärmemenge zur Assimilation notwendig. Auch findet im allgemeinen nur im Licht ein Ergrünen der Pflanzen statt; keimen Pflanzen im Dunkeln, so bleiben sie bleichgelb, sie sind etioliert, und sehen ähnlich aus wie beim Mangel an Eisen. Dabei sind die Internodien länger, schlanker, die Blattorgane kleiner und mehr verschrumpft, eine Erscheinung, die man an im Keller keimenden Kartoffelknollen leicht beobachten kann. Stellt man solche Pflanzen ins Licht, so werden sie allmählich grün. Nur die Kotyledonen der Koniferen ergrünen auch im Dunkeln.

Die ersten Produkte der Assimilation sind uns unbekannt, wie wir überhaupt über das Wesen des ganzen Assimilationsprozesses noch sehr wenig wissen. Als erstes sichtbares Assimilationsprodukt tritt die Stärke auf, bei manchen niederen Pflanzen Öl. Im allgemeinen werden Kohlehydrate die Endprodukte der Assimilation sein. Im Licht sieht man oft schon nach kurzer Zeit in den Chlorophyllkörnern kleine Stärkekörnchen entstehen, welche im Lauf des Tages oft zu bedeutender Größe heranwachsen, um über Nacht wieder ganz oder

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0113-1 DFG

teilweise zu verschwinden, indem sie teils zur Atmung dienen, teils aufgelöst und in gelöstem Zustande fortgeführt werden. Bei manchen Pflanzen bildet sich keine Stärke, sondern gelöste Assimilationsprodukte, die unter dem Mikroskop nicht wahrgenommen werden.

Bei den niedersten Pflanzen gibt es einige eigentümliche Formen, die auch ohne Chlorophyll aus anorganischen Kohlenstoffverbindungen den zum Aufbau ihres Körpers nötigen Kohlenstoff entnehmen und in organische Verbindungen überführen können. Es sind dies die auch in anderer Beziehung merkwürdigen Stickstoffbakterien. Die Art und Weise, wie hier dieser Prozeß vor sich geht, ist noch unbekannt.

3. Kapitel.

Die Bildung der Eiweißkörper.

Während die direkt durch die Kohlensäureassimilation entstandenen Kohlehydrate frei von Stickstoff sind, enthalten die das lebende Protoplasma zusammensetzenden Eiweißkörper alle Stickstoff. Dieser wird mit dem Wasser aus dem Boden in Form von anorganischen Stickstoffverbindungen aufgenommen, besonders als Nitrate, doch können auch andere Stickstoffverbindungen, besonders Nitrite und Ammoniaksalze, gelegentlich manchen Pflanzen als Stickstoffquelle dienen. Nur Parasiten und Saprophyten nehmen den Stickstoff in Form von organischen Verbindungen auf.

Die Bildungsweise der Eiweißkörper selbst ist uns fast ganz unbekannt; man weiß nur so viel, daß sie, wohl zumeist in den assimilierenden Zellen selbst, aus den Kohlehydraten hervorgehen, die vorher in Glukosen oder Maltose umgewandelt werden. Den aufgenommenen anorganischen Salzen wird Stickstoff und Schwefel, eventuell auch Phosphor, entzogen und zum Aufbau der Eiweißkörper verwendet. Vielleicht entsteht zu-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0114-7 DFG

erst ein Amid, das Asparagin, aus welchem dann die Eiweißkörper gebildet werden; dies ist deshalb nicht unwahrscheinlich, weil dieser Körper im Pflanzenreiche eine sehr große Verbreitung hat. Die Menge der für die grünen Pflanzen verwertbaren anorganischen Stickstoffverbindungen ist im Boden jedoch eine relativ geringe und würde bald erschöpft sein, wenn nicht besondere Kräfte tätig wären, sie immer wieder zu ersetzen. Die in den abgestorbenen Pflanzen oder Pflanzenteilen zurückgebliebenen organischen Stickstoffverbindungen, an sich für die grünen Pflanzen nicht verwertbar, werden durch die Fäulnisbakterien zerlegt und in einfache anorganische Verbindungen übergeführt, unter denen die Ammoniaksalze den Stickstoff enthalten. Ein Teil des Stickstoffs wird allerdings dabei meist als elementarer Stickstoff frei, entweicht in die Luft und geht den Pflanzen verloren.

Die Ammoniakverbindungen können, wie erwähnt, der Pflanze ebenfalls als Stickstoffquelle dienen, nur wirken sie entschieden weniger günstig, als die salpetersauren Salze. Vielleicht sind auch die Nitrite oder salpetrigsauren Salze, jedenfalls aber nur in sehr viel ungünstigerer Weise imstande, den Stickstoffbedarf der Pflanzen zu decken. Es spielen sich nun im Boden Prozesse ab, die schließlich damit enden, daß der durch die Fäulnisbakterien in Ammoniakverbindungen übergeführte Stickstoff der abgestorbenen Pflanzen zu salpetrigsauren und zuletzt zu salpetersauren Salzen oxydiert wird, also in diejenige Form gebracht wird, die für die grünen Pflanzen die beste Stickstoffquelle darstellt. Dies geschieht durch die Tätigkeit von Bakterien, von denen die eine Gruppe, die Nitritbildner, den Ammoniak zu Nitriten, die andere Gruppe, die Nitratbildner, die Nitrite zu Nitraten oxydieren.

Allerdings wird durch diese Prozesse stets nur ein Teil des in den toten Tier- und Pflanzenkörpern niedergelegten Stickstoffes für die Pflanzen wieder verwendbar gemacht;

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0115-2 DFG

ein Teil entweicht bei den Fäulnisprozessen, wie schon erwähnt, als elementarer Stickstoff und ein anderer Teil wird durch entgegengesetzt wirkende Bakterien aus Ammoniak- oder Salpetersäureverbindungen durch einen als Denitrifikation bezeichneten Prozeß ebenfalls noch als elementarer Stickstoff abgeschieden. Es würde also doch eine allmähliche Abnahme der für die grünen Pflanzen verwendbaren Stickstoffverbindungen eintreten müssen, wenn nicht einige Pflanzen die Fähigkeit besäßen, auch den elementaren Stickstoff aufzunehmen und in organische Verbindungen überzuführen. Auch hierbei spielen Bakterien eine Hauptrolle.

Es findet sich im Ackerboden eine als Clostridium Pasteurianum bezeichnete Bakterienart, welche imstande ist, zum Aufbau des Plasmas elementaren Stickstoff zu binden, wenn ihm genügend Kohlehydrate, speziell Zucker zur Verfügung steht. Das gleiche ist mit den sogenannten Knöllchenbakterien der Leguminosen, die als Bacillus radicicola zusammengefaßt werden, der Fall. Letztere sind nun noch dadurch besonders interessant, daß sie mit den Leguminosen in einer Weise zusammenleben, daß beide Pflanzen Nutzen davon haben. Die im Boden weit verbreiteten Knöllchenbakterien dringen in die jungen Wurzeln der Leguminosen ein und rufen hier die charakteristischen Anschwellungen hervor, in denen sie sich lebhaft, anfangs offenbar auf Kosten der Pflanze, die ihnen Kohlehydrate und wohl auch Eiweiß liefert, vermehren. Bald aber beginnen sie elementaren Stickstoff zu assimilieren, werden zum größeren Teil, wohl infolge einer Einwirkung des Plasmas der Leguminosenzelle, in eigentümlich gestaltete Bakteroiden umgewandelt, die absterben und ihr Eiweiß an die Nährpflanze abtreten. Die Leguminosen beziehen daher durch diese „Symbiose“ von den Knöllchenbakterien recht beträchtliche Eiweiß- und damit Stickstoffmengen, so daß sie nicht nur imstande sind, auf stickstoffreiem Boden sich zu entwickeln, sondern, namentlich grün

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0116-8 DFG

untergepflügt, den Stickstoffgehalt des Bodens sehr wesentlich zu steigern, ein Vorgang, der in der sogenannten „Gründüngung" in der Landwirtschaft seine praktische Anwendung findet.

4. Kapitel.

Stoffwanderung.

Die Stoffe werden meist nur zum geringsten Teil in den Zellen verbraucht, in denen sie gebildet werden; im allgemeinen werden sie nach den Orten fortgeführt, wo ein großer Stoffverbrauch stattfindet, also nach den Vegetationspunkten, oder nach Stellen, welche als Reservestoffbehälter fungieren, wie beispielsweise nach Knollen oder Wurzeln.

Zum Transport müssen die Stoffe in einer geeigneten Form sich befinden. Stärke z. B. kann als solche nicht transportiert werden, sondern sie muß in eine lösliche Form gebracht werden. Diese Aufgabe erfüllt ein Ferment oder Enzym, die Diastase, welche, ohne bei diesem Prozesse selbst verändert zu werden, die Stärke in die lösliche Glukose umwandelt. In dieser Form werden die Kohlehydrate oft weit transportiert, von den grünen Blättern, wo sie entstanden, zunächst in die langgestreckten, die Gefäßbündel umgebenden Zellen (Leitscheiden) nach dem Stengel, und in diesem hauptsächlich in den Siebteilen aufwärts nach dem Wipfel, oder abwärts nach den Wurzeln, wo sie entweder zur Bildung neuer Leibessubstanz verbraucht oder als Reservestoffe abgeschieden werden. Ist das letztere der Fall, so werden die Kohlehydrate durch die Leukoplasten wieder in Stärke umgewandelt und in Form von festen Stärkekörnern (Reservestärke z. B. in den Kartoffelknollen) abgeschieden, seltener, wie in Samen und Früchten, in Form von Fetten oder Ölen. Oft, namentlich bei Überfüllung der Leitungsbahnen mit Kohlehydraten, findet schon

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0117-4

unterwegs eine zeitweilige Ablagerung der Kohlehydrate als sogenannte transitorische Stärke in Form von sehr kleinen Körnchen statt, die aber später wieder aufgelöst und fortgeführt wird.

Die Eiweißkörper werden, wie es scheint, meist als Amide, unter denen Asparagin, Tyrosin, Leucin die häufigsten sind, fortgeleitet; dagegen kommt es in den Siebröhren jedenfalls auch zur Fortleitung eiweißartiger Körper selbst. Auch die Enzyme spielen dabei eine Rolle. Es gibt nämlich auch Enzyme (peptonisierende), welche, ebenfalls ohne selbst irgendwie verändert zu werden, Eiweißkörper lösen, so daß diese in gelöster Form fortgeleitet werden können, ein Vorgang, der in keimendem eiweißreichen Samen stattfindet. Auch die Enzyme selbst sind eiweißartige Körper und die Wirkung der verschiedenen Enzyme ist außerordentlich mannigfaltig.

5. Kapitel.

Die Atmung.

Die Atmung ist ein ebenso den Pflanzen wie den Tieren zukommender Prozeß; er besteht in einer zwar langsamen, aber doch mit Wärmeentwicklung verbundenen Verbrennung zumeist organischer Substanzen, d. h. in einer Verbindung derselben mit Sauerstoff. Dabei werden hauptsächlich Kohlehydrate und Fette verbraucht und die hierdurch frei werdende Energie ist die Kraftquelle, welche zur Unterhaltung der Lebenstätigkeit der Organismen dient. Die Atmung ist ein der Assimilation gerade entgegengesetzter Prozeß; durch die letztere wird Kohlensäure aufgenommen, zerlegt, organische Substanz gebildet und überschüssiger Sauerstoff abgeschieden; durch die erstere wird Sauerstoff aufgenommen, organische Substanz zerlegt und Kohlensäure abgeschieden. Dabei überwiegt aber die Produktion organischer Substanz durch Assimilation er-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0118-0 DFG

heblich die Zersetzung derselben durch die Atmung, trotzdem nur die grünen Pflanzenteile assimilieren, aber alle lebenden Pflanzenteile atmen. Die Produkte der Veratmung organischer Substanz sind fast immer Kohlensäure und Wasser.

Da auch die inneren, nicht grünen Zellen stärkerer Pflanzenteile atmen müssen, so muß ihnen der Sauerstoff dazu möglichst zugänglich gemacht werden, ebenso wie die angehäufte Kohlensäure fortgeleitet werden muß. Diesem Zwecke des Gasaustausches dienen die Interzellularräume, welche in größerem oder geringerem Umfange die Pflanzengewebe durchsetzen und für eine genügende Durchlüftung sorgen. Sie stehen mit der äußeren Atmosphäre durch die Lenticellen und Spaltöffnungen in Verbindung, welche wie selbsttätige Ventile den Gasaustausch regeln.

Bei Sauerstoffmangel kommt es zunächst zu einem Stillstehen aller Lebenstätigkeit; hält der Sauerstoffmangel längere Zeit an, so stirbt die Pflanze ab, indem sich gewisse Stoffwechselprodukte bilden, die eine Vergiftung zur Folge haben. Manche Pflanzen vermögen längere Zeit durch intramolekulare Atmung den Sauerstoffmangel auszuhalten, indem der zur Verbrennung der organischen Substanz notwendige Sauerstoff durch Zersetzung organischer Substanz selbst gewonnen wird. Gewisse Bakterienarten können auch ohne Sauerstoff leben (fakultative Anaerobionten), andere gedeihen sogar nur bei vollständigem Sauerstoffabschluß (obligate Anaerobionten).

Nicht immer bildet die Verbrennung der organischen Substanz die Kraftquelle; bei den Schwefelbakterien ist es die Oxydation des Schwefelwasserstoffes, bei den Nitrobakterien die Oxydation der einfacheren Stickstoffverbindungen, welche die lebendige Energie liefert.

Ein Prozeß, der der Atmung nahesteht, ist die durch viele Pilze und Bakterien hervorgerufene Gärung; sie ist für diese Organismen ebenfalls die Energiequelle, welche die verschie-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0119-8

denen Lebensfunktionen ermöglicht, unterscheidet sich aber insofern von der Atmung, als nicht immer Kohlensäure und Wasser die Endprodukte des Prozesses sind, sondern irgendwelche andere, nicht einmal immer durch Oxydation hervorgehende Spaltungsprodukte chemischer Verbindungen. Immer aber wird bei diesen Spaltungen Energie frei.

Die Gärungsprozesse sind außerordentlich mannigfaltig; am bekanntesten ist die Alkoholgärung durch die Sproßpilze, speziell die Bierhefe Saccharomyces cerevisiae, bei welchem Prozeß gewisse Zuckerarten in Alkohol und Kohlensäure zerlegt werden. Nicht alle Zuckerarten sind direkt vergärbar, z. B. Rohrzucker; dieser muß erst durch besondere von den Hefen ausgeschiedene Enzyme in gärfähige Zuckerarten (Dextrose und Lävulose) übergeführt werden. Auch die Stärke wird durch Enzyme in gärfähige Zuckerarten übergeführt.

6. Kapitel.

Aufnahme, Leitung und Abgabe des Wassers.

Das Wasser wird von der Pflanze nicht nur direkt zur Bildung organischer Substanz gebraucht, sondern es hat auch noch andere wichtige Aufgaben zu erfüllen; es dient den Zellen zur Aufrechterhaltung des Turgors, und es führt vor allem die anorganischen Bestandteile des Pflanzenkörpers, die Salze, in gelöster Form von den Wurzeln bis in die äußersten Spitzen der höchsten Bäume.

Eine der beiden Aufgaben der Wurzeln ist es, das Wasser mit den in ihm gelösten Salzen aus dem Erdboden aufzunehmen; dies geschieht gewöhnlich durch die feinen Wurzelhaare, welche an den jüngsten Würzelchen entwickelt werden und mit den festen Bodenpartikelchen vollkommen verwachsen. Sie scheiden dabei oft eine Säure aus, welche die Lösung fester Bestandteile befördert und oft so stark wirkt, daß auf Stein-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0120-9 DFG

platten feine Ätzungen entstehen können. Das aufgenommene Wasser wird von der Epidermis aus in den Zentralzylinder geleitet, und zwar oft unter starkem Druck hineingepreßt, eine Erscheinung, die man mit dem Namen Wurzeldruck belegt hat, deren Ursachen jedoch noch ziemlich unbekannt sind. Aus der Schnittfläche kräftig wachsender krautartiger Pflanzen, z. B. Sonnenrosen, tritt bald Wasser hervor, um so rascher und stärker, je näher die Schnittfläche der Wurzel liegt und je feuchter und wärmer der Erdboden ist. Das Wasser tritt ausschließlich aus dem Holzteil aus, und die im Lauf von mehreren Tagen austretende Wassermenge kann sehr bedeutend sein und das Volumen der Wurzel selbst erheblich übersteigen. Dabei lassen sich zu den verschiedenen Tageszeiten regelmäßig Perioden stärkeren und geringeren Wurzeldruckes beobachten. Der Wurzeldruck kann so kräftig sein, daß das Quecksilber in einer mit der Wurzel eng verbundenen U-förmigen Glasröhre um viele Centimeter gehoben wird. Das Bluten des Rebstockes oder das Austreten von wässeriger Flüssigkeit aus den frischen Schnittflächen von Baumstümpfen sind hauptsächlich Erscheinungen des Wurzeldruckes.

Auch der stärkste Wurzeldruck reicht aber nicht hin, das Aufsteigen des Wassers bis in die äußersten Spitzen hoher Bäume zu erklären. Tatsächlich findet aber ein solches Aufsteigen statt, und zwar wieder ausschließlich im Holzteil, bei Bäumen und Sträuchern in den jüngsten Jahresringen, wo sich Kernholz vom Splint gesondert hat, nur im Splint und am meisten in den jüngsten Schichten desselben. Das Wasser wird im Innern der Tracheen und Tracheiden geleitet. Welche Kräfte dabei tätig sind, ist auch hier noch nicht mit Sicherheit bekannt. Jedenfalls spielt dabei die Abgabe des Wassers durch Verdunstung eine große Rolle.

Die Pflanzen geben nämlich hauptsächlich durch die Spaltöffnungen fortwährend große Mengen Wasser in Dampfform

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0121-5 DFG

ab, namentlich bei trockener, warmer Luft. Diese Abgabe erfolgt naturgemäß zunächst aus den Zellschichten, welche mit der Luft in direkte Berührung kommen. Dadurch wird aber die Turgeszenz der Zellen herabgemindert, und vermöge ihrer osmotischen Kräfte entziehen sie den weiter nach innen liegenden Zellen Wasser. In dieser Weise setzt sich die Wasserbewegung von außen nach innen bis zu den Leitungsbahnen in saugender Weise fort, und diese Saugkraft, welche ein stetes Zuströmen des Wassers nach der Peripherie der Pflanze bewirkt, kann oft sehr groß sein. Vermag die Pflanze bei trockener Witterung nicht so viel Wasser durch die Wurzeln aufzunehmen, als sie verdunstet, so wird die Turgeszenz der Zellen herabgemindert, die Pflanze wird schlaff, welk.

In manchen Fällen wird das Wasser auch in tropfbar flüssigem Zustande ausgeschieden, durch sogenannte Wasserspalten. Bei niedrigeren Gewächsen ist dies oft eine Folge des Wurzeldruckes, wenn die Abgabe des Wassers durch Verdunstung geringer ist als die Aufnahme durch die Wurzeln. In anderen Fällen aber wird das Wasser unabhängig vom Wurzeldruck abgeschieden. Ein Beispiel für die Ausscheidung von tropfbar flüssigem Wasser ist die Kapuzinerkresse, an deren Blättern an den Endpunkten der Blattrippen unter entsprechenden Verhältnissen kleine Tröpfchen sich bilden.

Die Transpiration hat für die Pflanze den Vorteil, die überschüssigen Wassermengen, welche als Transportmittel für die gelösten Salze dienten, fortzuschaffen und für neue Platz zu machen.

7. Kapitel.

Aufnahme organischer Nährstoffe.

Es gibt eine Anzahl von Pflanzen, welche, wie die Tiere, imstande sind, ganz oder teilweise ihren Nährstoffverbrauch aus

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0122-1 DFG

bereits vorgebildeter organischer Substanz zu decken. Beziehen sie dabei diese Stoffe aus lebenden Wesen, so nennt man sie Parasiten, beziehen sie dieselben aus toter organischer Materie, so heißen sie Saprophyten. Die meisten dieser Pflanzen sind chlorophyllfrei, wie die Pilze, die Orobancheen, Cuscuta-Arten und die riesigen tropischen Rafflesiaceen; andere aber, wie die Mistel, der Wachtelweizen und die Thesiumarten, enthalten Chlorophyll, und manche, wie die letztgenannten, können auch ohne Aufnahme organischer Substanz sehr wohl leben, gedeihen aber besser, wenn sie anderen Pflanzen bereits fertig gebildete Stoffe entziehen können.

Auch die insektenfressenden Pflanzen nehmen wahrscheinlich sämtlich die verdaute organische Substanz der von ihnen gefangenen Insekten auf und verarbeiten sie zu ihrem eigenen Nutzen.

Unter den niederen Algen, namentlich unter den blaugrünen, und vielleicht auch unter den Protokokkoideen gibt es wahrscheinlich eine ganze Anzahl, die ebenfalls organische Substanzen aufnehmen und verarbeiten, da sie sich gerade meist in Wässern finden, die reich an organischen Substanzen sind.

III. Abschnitt.

Das Wachstum.

Die Pflanzen wachsen, d. h. sie vergrößern ihr Volumen, indem sie gleichzeitig neue Baustoffe ihrem Körper organisch einfügen. Diese Baustoffe können längst als Reservestoffe in den Zellen gespeichert sein, oder sie können entsprechend dem jeweiligen Verbrauch fortwährend neu gebildet werden. Aber erst wenn sie in den organischen Verband des Pflanzenlebens übergehen und dadurch eine Volumenzunahme desselben be-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0123-6 DFG

wirken, kann man von Wachstum sprechen. Die bloße Speicherung solcher Reservestoffe und die damit etwa zusammenhängende Volumenzunahme durch Dehnung allein sind kein Wachstum.

Im Gegensatz zu den höheren Tieren, deren Wachstum in einem gewissen Lebensalter abschließt und sich im wesentlichen auf den Ausbau und die Vergrößerung bestimmter, von Anfang an vorhandener Organe beschränkt, wachsen die höheren Pflanzen fortwährend und bilden fortlaufend während ihres ganzen Lebens neue Organe. Wie bei den Tieren, nimmt auch jede Pflanze ihren Ausgang von einer einzigen Zelle von mikroskopischer Kleinheit. Bei den niedersten Pflanzen bildet diese eine Zelle auch während des ganzen Lebens den Pflanzenkörper, aber sie wächst zu einer bestimmten Größe heran, teilt sich, und die beiden Tochterzellen wachsen wieder bis zur Größe der Mutterzelle, um sich abermals zu teilen. Bei den höheren Pflanzen findet eine solche Teilung und ein solches Wachstum der Zellen zwar auch statt, diese bleiben aber in organischem Zusammenhange und bilden erst in ihrer Gesamtheit die Pflanze, während bei vielen niederen Pflanzen jede Zelle für sich, mag sie isoliert oder noch mit anderen lockerer oder fester verbunden sein, ein Pflänzchen vorstellt, in dem sich alle Lebensfunktionen abspielen.

Bei den höheren Pflanzen, z. B. bei unseren großen, aus vielen Millionen von Zellen bestehenden Bäumen, findet aber nicht überall mehr Wachstum und Zellteilung statt; dieselben sind vielmehr auf ganz bestimmte Regionen beschränkt. Im Innern des Stammes, im Holz, sind die Zellen abgestorben und weder wachstums- noch teilungsfähig, sie dienen nur noch der Festigung des Pflanzenkörpers. Nur an der Peripherie der Pflanze findet Wachstum und Zellvermehrung statt. Dabei fällt das größte Wachstum mit der reichlichsten Zellvermehrung durchaus nicht zusammen.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0124-2 DFG

Die lebhafteste Zellteilung findet immer in den embryonalen Geweben statt; hier werden auch die jungen Organe angelegt. Sie entstehen in akropetaler Reihenfolge und sind, je näher der Spitze des ganzen Sprosses, um so kleiner. In all diesen jungen Organanlagen, sowie an der Spitze des Sprosses besteht das Gewebe aus kleinen, beinahe isodiametrischen plasmareichen Zellen, welche sich rasch teilen, aber wenig strecken. In den etwas älteren Teilen findet man Zellen, welche sich zwar auch noch teilen, aber gegenüber den Zellen der embryonalen Gewebe sich dadurch auszeichnen, daß sie sich erheblich in die Länge strecken, und so zum Wachstum des Organes erheblich mehr beitragen als die rasche Zellteilung am Vegetationspunkt. Deshalb liegt die Zone des stärksten Wachstums nicht direkt am Vegetationspunkt, sondern eine Strecke von demselben entfernt.

Erst wenn die Zellen und damit das Organ die endgültige Größe erreicht haben, treten Veränderungen anderer Art im Innern der Zellen auf, die den Zweck haben, die Zellen für die ihnen obliegenden Aufgaben geeignet zu machen, indem sie sich in verschiedener Weise verdicken oder miteinander verschmelzen oder auch hin und wieder ganz aufgelöst werden.

Man kann also drei verschiedene Perioden des Wachstums unterscheiden: die der größten Zellvermehrung und Anlage der Organe, die des größten Wachstums und der äußeren Ausbildung der Organe und die der inneren Ausbildung der Organe. Freilich sind diese Perioden nicht etwa durch scharfe Grenzen voneinander geschieden, sondern sie gehen unmerklich und fortlaufend ineinander über.

Die Entstehung der Organe am Vegetationspunkt ist hauptsächlich von inneren Ursachen abhängig, dagegen wirken bei der Entstehung von Organen fern vom Vegetationspunkt (Adventivbildungen) in der Regel äußere Ursachen mit. Die Saugwurzeln von Cuscuta entstehen infolge des Kontaktreizes nur an den Stellen, wo der Stengel der Seide den Wirt berührt.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0125-8 DFG

Adventivbildungen entstehen auch namentlich an Pflanzen, die absichtlich oder durch Zufall gewisser Organe beraubt sind. Darauf beruht auch die Vermehrung durch Stecklinge oder Ableger; die fehlenden Wurzeln werden an abgeschnittenen und in die Erde gesteckten Zweigen durch Anlage neuer ergänzt. Umgekehrt vermögen stammlose Wurzeln neue Sprosse zu treiben. Dabei ist aber das Vermögen der einzelnen Pflanzenarten, solche Adventivbildungen zu produzieren, sehr verschieden. Stecklinge von Fuchsien z. B. gehen sehr leicht an und können unter Umständen nach acht Tagen schon frische Wurzeln gebildet haben; Stecklinge von Obstbäumen oder von Fichten wird man auf diese Weise überhaupt kaum zur Bildung von Wurzeln veranlassen können. Ebenso ist die Reproduktionsfähigkeit der Wurzeln eine sehr verschiedene. Die Wurzeln des Löwenzahns treiben mit größter Zähigkeit immer wieder Sprosse; Wurzeln von Nadelhölzern vermögen dies niemals zu tun.

Bei all diesen Neubildungen zeigt sich, daß die Wurzeln immer an dem Ende des Sprosses auftreten, welches auch früher nach der Wurzel zu lag, und Sprosse sich immer an dem entgegengesetzten Ende entwickeln, so daß man von einem Wurzel- und einem Sproßpol der Pflanze redet und die ganze Erscheinung als Polarität der Pflanze bezeichnet. Die Polarität ist eine der inneren Ursachen, welche bestimmend auf die Bildung und das Wachstum der Organe einwirken. Andere Ursachen dieser Art bedingen die Korrelationen, d. h. die Beziehungen, welche zwischen Größe, Gestalt, anatomischem Bau, Wachstumsrichtung und physiologischer Aufgabe der einzelnen Organe einer Pflanze bestehen. Eine solche Wachstumskorrelation tritt uns beispielsweise nicht selten an Nadelhölzern entgegen, deren Gipfel durch irgend einen Zufall vernichtet wurde; da stellt sich einer von den vorher wagrecht wachsenden Quirlzweigen plötzlich aufrecht und übernimmt die Funktion des fehlenden Gipfeltriebes.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0126-4 DFG

Die Wachstumsrichtung wird vielfach durch Schwerkraft, Licht, Feuchtigkeit oder Ernährungsverhältnisse beeinflußt, und manche Organe reagieren namentlich gegenüber den beiden ersteren Kräften in ganz bestimmtem Sinne. Auf die Intensität des Wachstums übt das Licht dagegen eine hemmende Wirkung aus, während Wärme bis zu einer gewissen Grenze beschleunigend wirkt.

IV. Abschnitt.

Die Bewegungserscheinungen bei Pflanzen.

In früherer Zeit galt Beweglichkeit ganz allgemein als eine ausschließlich dem Tierreiche zukommende Eigenschaft, und alle beweglichen Organismen wurden ohne weiteres zu den Tieren gestellt. Indessen zeigte sich, je weiter man in der Erforschung der niedersten Lebewesen kam, daß auch unzweifelhaft echte Pflanzen entweder während ihres ganzen Lebens oder wenigstens während einer gewissen Entwicklungsdauer mit Eigenbewegung begabt waren. Namentlich konnte dies bei einer großen Zahl von Algen an gewissen Fortpflanzungszellen beobachtet werden; auch die männlichen Geschlechtszellen der Moose und Farne, die Spermatozoiden, zeigen lebhafte Eigenbewegung. Diesen mit Ortsveränderung verbundenen Bewegungserscheinungen niederer Pflanzen stehen bei den höheren Pflanzen andere gegenüber, welche meist nur einzelne Teile der Organe betreffen und naturgemäß bei den festgewurzelten Pflanzen keine Ortsveränderung mit sich bringen, jedoch gegenüber den Bewegungen jener mikroskopischen Organismen zum Teil riesenhaft erscheinen.

Solche nicht mit Ortsveränderung verbundene Bewegungen können einmal unabhängig von äußeren Kräften aus in der Pflanze selbst liegenden Ursachen erfolgen, und dann nennt man sie autonom, oder sie werden durch von außen wirkende

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0127-0 DFG

Reize herbeigeführt, wie Licht, Schwerkraft, Wärme, Feuchtigkeit usw., und heißen dann paratonisch.

Das Zustandekommen der Bewegung selbst kann nun wieder auf dreierlei Weise erfolgen. Sie kann einmal darauf beruhen, daß die Zellwände auf den verschiedenen Seiten eines Organs in ungleicher Weise Wasser aufnehmen und daher auch in ungleicher Weise sich vergrößern (hygroskopische oder Imbibitionskrümmungen), oder darauf, daß der Turgor der Zellen sich ändert und infolgedessen eine zeitweilige Verkürzung oder Verlängerung gewisser Gewebspartien eintritt (Variationsbewegungen), oder endlich darauf, daß auf den verschiedenen Seiten eines Organs ungleiches Wachstum vorhanden ist (Wachstumskrümmungen oder Nutation).

a. Hygroskopische Krümmungen.

Die hygroskopischen Krümmungen sind im allgemeinen bei lebenden Pflanzen nicht häufig, da für gewöhnlich die Zellmembranen bei solchen vollkommen mit Wasser gesättigt sind, und die Pflanzen vertrocknen und absterben, wenn die Zellmembranen ihr Wasser verlieren. Bei Pflanzen, die jedoch das Austrocknen ohne Einbuße ihrer Lebensfähigkeit vertragen, können auch hygroskopische Krümmungen eintreten, so bei der interessanten Selaginella lepidophylla, welche sich bei der Austrocknung vollkommen zusammenballt, bei genügender Feuchtigkeit flach ausbreitet. Eine große Rolle spielen die hygroskopischen Krümmungen bei dem Aufspringen der Früchte, indem die Gewebe der Samenbehälter in ungleicher Weise austrocknen und infolgedessen in verschiedener Weise aufplatzen oder aufreißen. Es kommt dabei nicht selten zu so starken Spannungen der Gewebe, daß bei dem endlichen Eintreten des Aufplatzens die Samen mit großer Gewalt fortgeschleudert werden (z. B. bei den Tricoccae). Bei anderen treten zu hygroskopischen

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0128-5

Krümmungserscheinungen noch hygroskopische Torsionen hinzu, wie bei den Früchtchen von Stipa pennata und anderen Gräsern. Ungleiches Austrocknen der Gewebe ist auch die Ursache des Aufplatzens der Staubbeutel und der Sporangien. Ebenso beruhen die Schleuderbewegungen der Elateren in den Kapseln der Lebermoose und des Capilitiums in den Sporenbehältern der Myxomyceten auf hygroskopischen Krümmungen. Einer ganz eigentümlichen Erscheinung begegnen wir bei den Sporen der Schachtelhalme. Hier hat sich nämlich die äußere Schicht der Sporenmembran in zwei kreuzweise gestellte, an den Enden etwas kolbig verdickte Fäden gegliedert, welche nur an dem Kreuzungspunkte noch mit der Spore zusammenhängen und von dieser in trockenem Zustande wie vier Arme oder Füße ausgehen. Ein feuchter Hauch genügt, um diese Arme zu blitzartiger Einrollung um den Sporenkörper zu bringen; nach wenigen Augenblicken rollen sie sich wieder auf. Dabei führen die Sporen passive Ortsbewegungen aus, wodurch sie schließlich in kleine Erdrisse, Spalten und Gruben hineingelangen und so einen passenden Ort für die Keimung erreichen; außerdem bleiben infolge von Verschlingungen der Arme meist mehrere Sporen zusammen, was insofern für die Erhaltung der Art von Wichtigkeit ist, als die aus den Sporen hervorgehenden Prothallien eingeschlechtig sind und deshalb nur eine Befruchtung stattfinden kann, wenn männliche und weibliche Prothallien dicht nebeneinander wachsen.

b. Variationsbewegungen.

Die Variationsbewegungen kommen, wie bereits erwähnt, dadurch zustande, daß der Turgor der Zellen sich ändert und dadurch die Zellen eines Gewebes sich abwechselnd verlängern oder verkürzen. Turgordruck und Elastizität der Zellmembran halten sich gewissermaßen das Gleichgewicht; überwiegt der

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0129-4

erstere, so wird die elastische Zellmembran gedehnt und die Zelle selbst nimmt an Volumen zu. Geht der Turgordruck zurück, so zieht sich die Zellmembran und damit die Zelle wieder zusammen. Im Gegensatz zu den Wachstumskrümmungen kommen die Variationsbewegungen ausschließlich an ausgewachsenen Organen oder doch ohne Rücksicht auf das etwa noch stattfindende Wachstum vor, und ebenso beschränkt es sich auf Blattgebilde, während Nutationsbewegungen vorzugsweise Stengel und Blütenstiele betreffen.

Der Sitz der Variationsbewegungen bei den Blättern ist ein besonderes Organ, ein Gelenkpolster, welches sich auch anatomisch von anderen benachbarten Organen unterscheidet, indem es aus einem sehr elastischen parenchymatösen Gewebe besteht, welches von einem zentralen Gefäßbündelstrang durchzogen wird. Mechanische, der Festigung dienende Gewebe fehlen vollständig; weder Sklerenchym, noch Kollenchym, noch stark verdickte oder verholzte Zellen kommen darin vor. Gewöhnlich nimmt ein solches Gelenkpolster die Basis eines Blattstieles ein. Sind die Zellen sehr turgeszent und straff gespannt, so ist der Stiel aufgerichtet; wird der Turgordruck geringer, so werden die Zellen schlaffer und der Stiel biegt sich im Polster.

Die Schwankungen im Turgordruck und die damit zusammenhängenden Variationsbewegungen können autonom oder paratonisch sein. Die ersteren sind seltener und kommen nicht so leicht zur Beobachtung als die letzteren. Von unseren heimischen Pflanzen führen die Blättchen des Klees im Dunklen autonome Variationsbewegungen aus, namentlich das mittlere Blättchen kann in Perioden von 2—4 Stunden seine Stellung sehr wesentlich verändern. Im Licht hören diese Bewegungen auf. Das gleiche gilt von den Blättchen des Sauerklees. Als ein besonders interessantes Beispiel für autonome Variationsbewegungen haben die kleinen ersten Fiederblättchen von Desmodium gyrans, einem tropischen Schmetterlingsblütler, zu

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0130-5 DFG

gelten. Dieselben beschreiben mit ihrer Spitze in ungefähr zwei Minuten einen Kreis von nicht unbeträchtlichem Durchmesser im Vergleich zu ihrer eigenen Größe. Licht oder Dunkelheit ist dabei gleichgültig, doch muß die Lufttemperatur genügend hoch (25° C) und auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ein entsprechend hoher sein.

Die paratonischen Variationsbewegungen, welche durch äußere Reize ausgelöst werden, kommen meist durch die Einwirkung des Lichtes, der Schwerkraft oder durch mechanische Reize zustande. Für die letzteren ist die Sinnpflanze, Mimosa pudica, ein sehr bekanntes Beispiel. Die Blätter dieser zierlichen Pflanze sind zusammengesetzt; der Hauptblattstiel trägt mehrere sekundäre, fingerförmig angeordnete Blattstiele, an denen zahlreiche Fiederblättchen stehen. Alle diese einzelnen Teile, Fiederblättchen, sekundäre Blattstiele und Hauptstiel, können Reizbewegungen ausführen, und der Reiz kann sogar fortgeleitet und auf andere Blätter übertragen werden. Jedoch ist zum Zustandekommen einer ergiebigen und energischen Reizbewegung eine Temperatur von 25—30° C notwendig. Berührt man eines der äußersten Fiederblättchen, so klappt das gereizte Blättchenpaar aufwärts zusammen; dann setzt sich die Bewegung je nach der Temperatur und der Intensität des Reizes rascher oder langsamer auf die folgenden Blättchenpaare fort, und auch der sekundäre Blattstiel führt eine Bewegung aus, indem er sich mehr in die Ebene des Hauptstiels stellt. Von dem Ende des Sekundärstiels überträgt sich nun der Reiz auf die anderen Sekundärstiele, an denen die Bewegungen in umgekehrter Reihenfolge auftreten. Schließlich klappt der Hauptstiel plötzlich herab, und das ganze Blatt wird dadurch erheblich gesenkt. Ähnliche Bewegungen werden durch Erschütterung, Verletzung, allzu intensive Wärme usw. hervorgerufen. Sie kommen dadurch zustande, daß infolge des Reizes aus den reizbaren Zellen der Unterseite plötzlich Wasser in die Inter-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0131-1 DFG

zellularräume austritt und die Zellen dadurch plötzlich geringeren Turgor besitzen, als die nicht reizbaren Zellen der Oberseite des Gelenkpostens, und daß sich der Blattstiel nach der Seite hin krümmt, wo er dabei auf keinen Widerstand stößt.

Eine ganz ähnliche Stellung nehmen die Blätter der Sinnpflanze im Dunkeln ein; auch hier klappen die Fiederblättchen zusammen, die sekundären Blattstiele legen sich aneinander und der Hauptstiel senkt sich. Dies beruht jedoch nicht auf Wasseraustritt aus den reizbaren Zellen auf der Unterseite des Gelenkpolsters, sondern auf Zunahme des Turgors in den Zellen der Oberseite. Ähnliche Veränderungen in der Stellung der Blätter und Blättchen, welche durch den Wechsel der Beleuchtung hervorgerufen werden, sind bei vielen Pflanzen, insbesondere bei den Leguminosen, zu beobachten. Man unterscheidet dann Nacht- und Tagstellung und nennt die Bewegungen, durch welche die Blättchen von der einen in die andere Stellung übergehen, Schlafbewegungen (nyktitropische Bewegungen). In der Tagstellung richtet sich das Blatt so, daß es mehr oder weniger senkrecht von den Lichtstrahlen getroffen wird; in der Nachtstellung richten sie sich so, daß sie möglichst wenig Wärme verlieren; sie legen sich mehr dem Stengel an, oder klappen zusammen und senken oder heben sich dabei. Dieser Wechsel zwischen Tag- und Nachtstellung erfolgt in regelmäßigen Perioden beim Anbruch der Nacht resp. des Tages; er dauert auch noch eine Zeitlang regelmäßig fort, wenn die Blätter fortwährend belichtet oder verdunkelt werden. Man bezeichnet diese Erscheinung als Nachwirkung des Reizes. Erst bei länger andauernder Beleuchtung oder Verdunkelung tritt auch dauernde Tag- oder Nachtstellung ein, die Blätter verfallen dann in einen Starrezustand (Lichtstarre, Dunkelstarre). Ähnliche Starrezustände, bei welchen die Blätter nicht mehr auf die Reize durch entsprechende Bewegungen reagieren, treten ein, wenn die Temperatur zu niedrig oder zu

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0132-6 DFG

hoch ist (Kältestarre, Wärmestarre), oder bei Wassermangel (Trockenstarre).

c. Wachstumskrümmungen.

Die Wachstumskrümmungen endlich sind Bewegungserscheinungen, welche in mehr oder minder auffallendem Grade allen Pflanzen, resp. deren wachsenden Teilen zukommen, wenn sie auch mitunter so gering sind, daß sie der oberflächlichen Beobachtung entgehen. Man unterscheidet auch hier zwischen autonomen Wachstumskrümmungen und paratonischen.

Die autonomen Wachstumskrümmungen (Nutationen) sind allgemein an jungen wachsenden Pflanzenteilen vorhanden; sie erfolgen in der Weise, daß die Spitze des wachsenden Organs eine kreisförmige oder elliptische unregelmäßige Linie beschreibt, oder daß sie sich von der einen Seite nach der anderen zu krümmen. In allen Fällen ist ungleichmäßiges Wachstum die Ursache der Krümmung. Wächst z. B. ein Stengel auf der Oberseite stärker (Epinastie), so krümmt er sich nach der Bauchseite zu; wächst er auf der Bauchseite stärker (Hyponastie), so krümmt er sich nach der Rückseite. Läuft das stärkere Wachstum allmählich und gleichmäßig um den ganzen Stengel herum, so daß der Reihe nach Bauchseite, linke Seite, Rückenseite, rechte Seite und wieder Bauchseite, oder in umgekehrter Reihenfolge, stärker wachsen, so wird die Spitze des wachsenden Organes in einer Schraubenlinie aufwärts geführt, und man spricht von einer rotierenden Nutation. Auf Nutation beruht auch die Knospenentfaltung; die jungen, in der Knospenlage zusammengefalteten und einwärts gekrümmten Blätter breiten sich beim Öffnen der Knospen durch Hyponastie aus. Unter den paratonischen Wachstumskrümmungen nehmen die durch Licht und Schwerkraft bedingten das größte Interesse in Anspruch. Indessen verhalten

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0133-2 DFG

sich die einzelnen Teile einer Pflanze gegen die gleiche Einwirkung eines Reizes sehr verschieden, sie sind anisotrop; so wächst infolge der Einwirkung der Schwerkraft die Wurzel senkrecht nach unten, der Stamm senkrecht nach oben. Selbst ein und dasselbe Organ kann einfache oder sogar mehrfache Anisotropie zeigen, indem es an verschiedenen Punkten ungleich gegen denselben Reiz reagiert. Ebenso kommt es häufig vor, daß dasselbe Organ in verschiedenen Perioden ganz verschieden und oft in geradezu entgegengesetzter Weise auf den gleichen Reiz reagiert.

Unter Heliotropismus versteht man die Eigenschaft der Pflanzen oder einzelner Organe, sich mittels Wachstumskrümmungen in eine bestimmte Lage zum Licht zu bringen. Krümmen sie sich dem Licht entgegen, so nennt man sie positiv heliotrop, wenden sie sich vom Licht ab, negativ heliotrop, stellen sie sich senkrecht zu den einfallenden Lichtstrahlen, transversal heliotrop. Positiv heliotrop sind fast alle jungen Stengelteile, Blütenstiele, negativ heliotrop viele Luftwurzeln, ferner viele Blütenstiele nach dem Verblühen, die vorher positiv heliotrop waren, z. B. von Linaria cymbalaria, transversal heliotrop die meisten Laubblätter. Die heliotropischen Krümmungen werden oft in sehr energischer Weise ausgeführt. Als ein Beispiel können die Blütenstiele der schon erwähnten Linaria cymbalaria angeführt werden. Die Knospen wie die Blüten sind dem Licht zugewendet. Legt man einen Sproß des zierlichen Pflänzchens so, daß die Blüten vom Licht abgewendet sind, so kann man schon nach einer halben Stunde deutlich beobachten, wie sich bei ihnen das Bestreben geltend macht, wieder in die frühere Lage zum Licht zurückzukehren. Gewöhnlich führt der Blütenstiel an seiner Basis eine sehr energische Krümmung aus, die schließlich dazu führt, daß oft schon nach zwei Stunden die Blüten wieder dieselbe Stellung zum Licht einnehmen, wie vor der Umkehrung des Sprosses. Das Umgekehrte

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0134-8 DFG

kann man an den stark verlängerten Stielen der bereits abgeblühten Blüten wahrnehmen. Diese wendeten sich vom Licht fort, nach Umkehrung des Sprosses dem Licht zu führen sie sehr bald aber wieder so kräftige negativ heliotropische Krümmungen aus, daß sie wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren.

Der Heliotropismus ist für die Pflanzen von außerordentlicher Wichtigkeit, indem er die einzelnen Organe so stellt, daß sie je nach ihren speziellen Eigentümlichkeiten die günstige Wirkung des Lichtes am vorteilhaftesten ausnutzen, die schädliche fliehen können. Bei mangelhafter Beleuchtung strebt der Stengel und die Blattstiele grüner Pflanzen der Lichtquelle zu, und die Blätter stellen sich senkrecht zu den einfallenden Lichtstrahlen, um möglichst viel von dem für die Assimilation so wichtigen Licht aufzufangen; bei allzu intensiver Beleuchtung, die zu einer Zerstörung der Chlorophyllkörner führen würde, können bei normaler Beleuchtung positiv heliotrope Organe negativ heliotrop werden und sich vom Lichte wegwenden. Bei nicht grünen Pflanzen oder Pflanzenteilen wirkt das Licht oft schädlich, und sie sind deshalb auch oft negativ heliotrop, wie Wurzeln, viele Bakterien. Jedoch auch hier kommt zuweilen positiver Heliotropismus vor, wie bei den Sporangienträgern von Pilobolus cristallinus, einem kleinen, auf Pferdemist wachsenden Pilze, die sich energisch dem Licht entgegenstrecken.

Die heliotropischen Krümmungen kommen dadurch zustande, daß die Schattenseite stärker wächst als die beleuchtete Seite. Dabei wirken rotes und gelbes Licht nur sehr unbedeutend, blaues und violettes dagegen stark.

Andere durch die Einwirkung des Lichtes hervorgerufene Bewegungserscheinungen, die aber nicht mit Heliotropismus zusammenhängen, bewirken bei manchen Pflanzen das Öffnen und Schließen der Blüten, so bei der bekannten Seerose (Nymphaea alba). Die Blüten schließen sich, wenn sie verdunkelt

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0135-4 DFG

werden, sie öffnen sich im Licht. Es beruht dies darauf, daß durch den Wechsel in der Beleuchtung bald die Oberseite, bald die Unterseite der Blätter zu stärkerem Wachstum angeregt wird und dadurch bald ein Einwärtskrümmen — Schließen der Blüte —, bald ein Ausbreiten — Öffnen der Blüte — bewirkt wird. Ähnlich wie das Licht wirkt bei anderen Pflanzen, z. B. bei Crocus und Tulpen, Abkühlung und Erwärmung hinsichtlich des Öffnens und Schließens der Blüten.

Geotropismus ist die Eigenschaft der Pflanzen und Pflanzenorgane, gegenüber der Einwirkung der Schwerkraft eine bestimmte Stellung anzunehmen. Positiv geotrop sind Organe, wenn sie senkrecht abwärts, dem Mittelpunkt der Erde zu wachsen, negativ geotrop, wenn sie senkrecht aufwärts, transversal geotrop, wenn sie in mehr oder weniger horizontaler Richtung wachsen. Die meisten Stämme und Stengel von Pflanzen, manche Blätter (z. B. von Iris), selbst gewisse Wurzeln (Atemwurzeln) sind negativ geotrop, die Wurzeln, wenigstens die Pfahlwurzeln und die meisten Luftwurzeln, sind positiv geotrop, die Zweige und Seitenwurzeln erster Ordnung sind transversal oder diageotrop. Transversal geotrop sind auch die meisten Laubblätter, kriechende Stengel, aber sie sind gleichzeitig dorsiventral, d. h. sie besitzen eine von der Oberseite physiologisch und anatomisch verschieden ausgebildete Unterseite, welche sich immer der Erde zukehrt, während es bei den radiären diageotropischen Organen gleichgültig ist, welche Seite der Erde sich zuwendet.

Auch die geotropischen Krümmungen werden von jungen, lebhaft wachsenden Organen oft sehr energisch ausgeführt. Namentlich kann man dies gut an jungen Keimpflänzchen beobachten, welche, aus ihrer normalen vertikalen in eine horizontale Lage gebracht, sofort durch Krümmungen sich bestreben, ihre normale Lage gegenüber der Schwerkraft einzunehmen. Die Wurzel krümmt sich energisch nach unten, der Sproß nach

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0136-9 DFG

oben. In beiden Fällen kommt die Krümmung dadurch zustande, daß die Außenseite des Krümmungsbogens, bei der Wurzel also die Oberseite, beim Sproß die Unterseite, sehr viel energischer wächst, als die Innenseite.

Eine besondere Form des Geotropismus, den man als Lateralgeotropismus bezeichnet, tritt bei den Schlingpflanzen auf. Bei diesen ist nämlich eine Seite geotropisch reizbar, wächst stärker und bewirkt ein Überneigen des Gipfels nach der andern Seite, wobei derselbe mit seiner Spitze eine kreisförmige Bewegung ausführt. Bei dieser Bewegung kommt aber keine Torsion zustande, sondern der Sproßgipfel dreht sich gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung um seine eigene Achse, und zwar um so viel, als nötig ist, um die sonst bei der Kreisbewegung entstehende Drehung zu kompensieren. Dadurch, daß der Sproßgipfel sich entsprechend der Kreisbewegung um seine eigene Achse dreht, kommen immer neue Seiten des Stengels in die Lage der lateral-geotropischen Reizbarkeit, und die Folge davon ist, daß der Gipfel der Schlingpflanzen kreisförmige oder besser schraubenförmige Linien von oft recht bedeutendem Durchmesser beschreibt. Die meisten Pflanzen, wie unsere Winde (Convolvulus), die Bohne (Phaseolus) usw., winden links herum, dem Lauf des Uhrzeigers entgegengesetzt, wenige rechts herum, wie der Hopfen, Geißblatt, noch wenigere zeigen hinsichtlich des Windens keine bestimmte, ein für allemal gültige Richtung.

Windende Pflanzen besitzen selbst einen zu schwachen Stamm, um sich aufrecht erhalten zu können, sie sind daher auf fremde Stützen angewiesen, um die sie sich herumschlingen, und dies wird ihnen durch die eigentümlichen, durch den Lateralgeotropismus bedingten, ausgiebigen Kreisbewegungen ihrer Sproßgipfel sehr erleichtert. Hat sich der Sproßgipfel einer Schlingpflanze um eine Stütze geschlungen, so windet er sich lose um diese Stütze weiter; die älteren Windungen werden

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0137-5 DFG

aber allmählich infolge von negativem Geotropismus steiler und legen sich der Stütze eng an.

In der Regel sind nur wachsende Pflanzenteile fähig, Krümmungsbewegungen, sei es infolge von Heliotropismus oder Geotropismus, auszuführen; indessen kommt es doch zuweilen vor, daß auch in älteren Organen mit bereits abgeschlossenem Wachstum infolge von äußeren Reizen Krümmungen eintreten können, welche auf neu eintretendem Wachstum beruhen. Dies ist z. B. bei den Knoten der Gräser der Fall. Getreide, welches sich infolge von Stürmen oder heftigen Regengüssen gelagert hat, richtet sich oft wieder auf, indem die Knoten der niederliegenden Stengel auf der Unterseite plötzlich zu wachsen anfangen, so daß sich der Stengel nach oben biegen muß.

Sehr schwierig ist es manchmal, zu entscheiden, auf welche Art von Reizen eine Pflanze reagiert, da sehr oft Heliotropismus und Geotropismus an dem Zustandekommen von Reizbewegungen zugleich beteiligt sind. Hier hilft in vielen Fällen ein Klinostat genannter Apparat eine Entscheidung herbeiführen. Es ist dies ein durch ein Uhrwerk in Bewegung gesetzter, langsam um seine eigene Achse sich drehender Metallstab, welcher entweder genau horizontal oder genau vertikal gestellt wird. Will man die Wirkung der Schwerkraft auf wachsende Organe ausschließen, so werden Pflanzen an der horizontalen Achse befestigt und der Apparat in Bewegung gesetzt. Dadurch wird die Pflanze gedreht, und alle ihre Seiten werden der Reihe nach in gleicher Weise der Erde zugekehrt, die Schwerkraft wirkt also der Reihe nach auf alle Seiten der Pflanze in gleichem Maße, so daß es nicht zu geotropischen Krümmungen kommen kann. Dies gilt jedoch nur für radiäre Organe, nicht für dorsiventrale, bei denen die Unterseite so viel reizbarer ist, daß die kurze Zeit, während welcher sie bei der Drehung des Klinostaten der normalen Einwirkung der Schwerkraft aus-

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0138-1 DFG

gesetzt ist, hinreicht, um bei weitem die Einwirkung auf die Oberseite zu überwiegen. In ähnlicher Weise kann man durch den Klinostaten die heliotropischen Krümmungen verhindern.

Außer Heliotropismus und Geotropismus besitzen die Pflanzen noch Eigenschaften, auf verschiedene äußere Reize mit Wachstumskrümmungen zu reagieren, insbesondere auf Wärme (Thermotropismus), Feuchtigkeit (Hydrotropismus), chemische Reize (Chemotropismus), welcher letztere namentlich bei den Schwärmzellen verschiedenster Herkunft zu eigentümlichen chemotaktischen Reizbewegungen, bei Pilzfäden und Pollenschläuchen zu ausgesprochenen Krümmungen führt.

Schließlich sind noch die Krümmungen durch Kontaktreize zu erwähnen. Dieser Fähigkeit, auf Reibung oder Berührung zu reagieren, verdanken die rankenden Pflanzen ihr Klettervermögen. Wird eine Ranke durch Reibung an einem Gegenstande einseitig gereizt, so krümmt sie sich energisch nach der Richtung des Reizes. Durch diese Krümmung werden immer neue Teile der Ranke dem gleichen Reize ausgesetzt, und die Krümmungsbewegung schreitet immer weiter und immer energischer fort, bis sich die Ranke ganz um den Körper, von dem der Reiz ausgeht, wenn es sein Durchmesser gestattet, gelegt hat. Die Krümmung beruht darauf, daß das durch die Berührung gereizte Gewebe Wasser ausstößt und sich verkürzt, während die gegenüberliegende Seite der Ranke weiter wächst.

Die Ausbildung und die Funktionstüchtigkeit der Ranken ist eine außerordentlich verschiedene, ebenso wie sich von morphologischen Gesichtspunkten aus sehr verschiedenartige Organe am Ranken beteiligen. Ein sehr einfacher Fall ist z. B. der rankende Blattstiel von Tropaeolum majus, der Kapuzinerkresse. Eine sehr vollkommene Ranke finden wir beim wilden Wein (Ampelopsis quinquefolia). Hat sich bei diesem die vorher sehr dünne und weiche Ranke um einen Gegenstand herumgeschlungen, so wird die Ranke härter, holziger, der Rankenstiel,

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0139-9 DFG

soweit er nicht den Gegenstand umwickelt, beginnt sich ebenfalls in schraubigen Windungen einzurollen, und zwar, um die hierbei unmögliche Torsion — da beide Endpunkte der Ranke festliegen — zu ersetzen, teils in rechtsläufigen, teils in von jenen durch sogenannte Wendepunkte getrennten linksläufigen Windungen. Hierdurch wird die kletternde Pflanze, da sich die Ranke erheblich verkürzt, in die Höhe gezogen und gleichzeitig in der neuen Lage festgehalten. Ranken, die nicht Gelegenheit haben, andere Gegenstände zu umwickeln, vertrocknen oft bald und fallen ab.

Universitäts- und Landesbibliothek Düsseldorf urn:nbn:de:hbz:061:2-19172-p0140-0 DFG