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-

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

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

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

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

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-

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;

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

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

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-

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 Sauerstoffabfluß (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-

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-

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

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

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 Plize, 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-