Physiologie.

Unter Physiologie verstehen wir den gesamten Lebensprocess des Pflanzenkörpers sowohl in vegetativer wie in reproductiver Beziehung.

Da jedoch bereits teils in der Morphologie und Anatomie, teils in der folgenden Systematik, die hauptsächlichsten physiologischen Funktionen der einzelnen Organe eingehend besprochen sind, so bleiben uns nur noch einige wenige Abschnitte übrig, die wir im folgenden zu betrachten haben.

Wir haben gesehen, dass zu dem Gedeihen eines Pflanzenkörpers gewisse Grenzen von Wärme, Licht, Bodenfeuchtigkeit und sauerstoffhaltiger Atmosphäre unbedingt notwendig sind; nun wollen wir einmal die Nährsalze betrachten, aus welchen die Pflanze im Verein mit dem Kohlenstoff der atmosphärischen Kohlensäure durch den Assimilationsprocess die komplicirtesten organischen Verbindungen aufzubauen imstande ist. Wir gelangen hierzu, wenn wir uns vorher über die Bestandteile der Pflanzen orientiren.

Die **Bestandteile der Pflanze** sind Wasser, organische und anorganische Substanzen. Indem wir Pflanzen bei einer Temperatur vor 110^0 trocknen, entweicht alles Wasser, und wir erhalten eine **Trockensubstanz**, welche aus den organischen und anorganischen Substanzen zusammen besteht. Aus dem Gewichtsverlust können wir sehr leicht den Procentgehalt an Wasser berechnen und finden dass derselbe bei den verschiedenen Pflanzen in weiten Grenzen schwankt. So sind z. B. die Pilze und Meeresalgen äusserst wasserreich und steigt bei ihnen der Wassergehalt bis zu

96% auch 98%, während er bei anderen Pflanzen bis zu 60% sinken kann. Die Samen sind am wasserärmsten.

Verbrennen wir diese Trockensubstanz, so erhalten wir die **Pflanzenasche,** welche dann nur noch aus anorganischen Substanzen besteht. Führen wir mit dieser Pflanzenasche eine qualitative Analyse aus, so ergibt dieselbe, dass wir immer ganz bestimmte Elemente vorfinden, welche zum Aufbau des Pflanzenkörpers unbedingt notwendig sind; und zwar sind es folgende Elemente:

a) **organischer** Natur: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Phosphor und Schwefel.

b) **anorganischer** Natur: Kalium, Calcium, Magnesium und Eisen.

Ausser diesen unbedingt notwendig vorkommenden Elementen finden sich oft noch folgende Elemente, ohne deren Gegenwart aber die Pflanze vollständig gedeihen kann:

Natrium, das bei den sog. Salzpflanzen das Kalium vertritt, Silicium, Aluminium, Jod, Brom, Chlor, Fluor, Zink und Mangan.

Die Herkunft dieser im Pflanzenkörper aufgefundenen Elemente ist eine sehr verschiedene; so z. B.

Kohlenstoff stammt aus der Kohlensäure der Atmosphäre; aus dem Wasser werden durch die Wurzel, wenn überhaupt, nur ganz minimale Spuren von Kohlensäure aufgenommen.

Wasserstoff } sind stets in Form von Wasser
Sauerstoff } vorhanden.

Stickstoff wird von den meisten Pflanzen nur in Form von Ammoniumsalzen, salpetersauren und salpetrigsauren Salzen aufgenommen und zwar aus dem Boden in gelöster Form durch die Thätigkeit der Wurzelhaare. Entziehen wir Pflanzen stickstoffhaltige Verbindungen, z. B. durch Fortlassen des Salpeters in einer Nährlösung, so gehen sie zu Grunde. Nur einige wenige Pflanzen, wie die Leguminosen, sind befähigt, den Stickstoff der Atmosphäre zu assimiliren, was durch die Gegenwart gewisser Bacterien bewirkt wird. (Nitrificirende B.)
Bacill. radicicola

zu
vir
a-
n-
ass
m
nd
f,
el.
g-
e-
en
r-
r,
en
er
el,
n-
er
n
e-
n
er
e
n
e
t,
h
ciernde B)
ta.

Phosphor wird ebenfalls aus den Phosphaten des Bodens, besonders phosphorsaurem Kalk, aufgenommen. Wir finden den Phosphor als wesentlichen Bestandteil in dem Nuclein des Zellkerns; ferner sind die Globoide in den Aleuronkörnern Verbindungen von Phosphorsäure mit Calcium und Magnesium.

Schwefel, ebenfalls aus den Sulfaten des Bodens, besonders Calciumsulfat, herstammend, bildet einen nie fehlenden Bestandteil aller Eiweissverbindungen von 1—2%.

Der aus den Sulfaten und Phosphaten aufgenommene Kalk wird hierbei als Calciumoxalat abgelagert.

Der durch die Analyse der Pflanzenasche gefundene Gehalt an anorganischer Substanz aus Kalium, Calcium, Magnesium und Eisen bestehend ist in den einzelnen Pflanzenteilen in sehr verschiedenen Schwankungen enthalten; so z. B. enthalten die Samen sehr wenig anorganische Substanz, während wir in den Blättern je nach der Intensität der Transpiration grössere Mengen davon antreffen. Wir finden z. B. bei den grossen Blättern der Tabakspflanze, Nicotiana tabacum, bis zu 17% anorganische Substanz, während das Kiefernholz infolge der äusserst geringen Transpiration der Coniferen, nur 0,3% anorganische Substanz besitzt.

Über die Herkunft der Elemente anorganischer Natur, welche bei der Analyse der Pflanzenasche gefunden werden, wissen wir folgendes zu sagen:

Kalium, welches bei den Salzpflanzen durch Natrium und bei manchen anderen Pflanzen durch Lithium ersetzt ist, muss immer gleichzeitig in Form verschiedener Salze im Humusboden resp. der Nährlösung vorhanden sein, da bei dem Fehlen desselben zwar Stärke gebildet wird, letztere aber in dem Pflanzenkörper nicht weiter transportirt werden kann. In manchen Fällen tritt bei Mangel an Kalium überhaupt keine Assimilation ein.

Calcium wird besonders als Calciumsulfat, sog. Gips, oder als Calciumphosphat aus dem Erdboden aufgenommen. Es wird als Calciumoxalat in Krystallen, Drusen,

Raphiden oder Krystallsand in manchen Pflanzenteilen abgeschieden, doch ist die Bedeutung desselben in physiologischer Beziehung noch nicht erforscht.

Magnesium wird ebenfalls als Sulfat oder Phosphat aufgenommen.

Eisen wird aus dem Erdboden hauptsächlich wohl als Phosphat entnommen; in den Nährlösungen ersetzen wir es durch einige Tropfen einer Eisensulfat- oder auch Eisenchloridlösung. Auf der Gegenwart von Eisen beruht die Bildung des grünen Chlorophyllfarbstoffes. Bei dem Fehlen von Eisen tritt sog. **Chlorose** ein, welche sich durch das Erbleichen aller sonst grün gefärbten Pflanzenorgane zu erkennen gibt. Wir können dies sehr leicht durch ein äusserst einfaches Experiment nachweisen. Lassen wir nämlich in einer kein Eisen enthaltenden Nährlösung Samen keimen, so sehen wir, dass nur solange grüne Blätter gebildet werden können, als der Eisengehalt des Samens dazu ausreicht; sobald dieser aber aufgebraucht ist, werden die folgenden Blätter an Chlorose erkranken, d. h. sie werden weisslich gefärbt sein. Fügen wir nun nachträglich einige Tropfen einer Eisensalzlösung der Nährflüssigkeit zu, so ergrünen die Blätter durch Bildung von Chlorophyll.

Kieselsäure finden wir in beträchtlichen Mengen z. B. bei den Equisetinen und Diatomeen, Aluminium bei den Lycopodinen, doch können diese Pflanzen auch ohne das Vorhandensein von Kieselsäure resp. Aluminium gedeihen; mithin bilden sie keinen notwendigen Bestandteil zur Ernährung der Pflanzen, sondern sind nur mehr zufälligerweise im Pflanzenkörper abgeschieden. Kieselsäureeinlagerung schützt z. B. die Pflanzen vor dem Gefressenwerden von Tieren; infolge dieser Härte und Festigkeit benützt man auch Schachtelhalme zum Poliren und Scheuern von Zinngeschirr. Kieselguhr sind bekanntlich die stark verkieselten Schalen der Diatomeen.

Pilze haben kein Ca notwendig, wohl aber Fe (trotzdem sind sie nicht grün gefärbt).

[Wasserkulturen v. Duhamel: Pfl. können in H_2O zur Reinung, Blattbildung, Fructification, aus Samen aufgezogen werden].

Knop'sche Nährstofflösung: auf 1 l. H_2O kommen: 0,5 KNO_3
0,2 $Ca_3(PO_4)_2$
0,2 $MgSO_4$
0,1 $FeSO_4$

Die im vorhergehenden erwähnten Nährlösungen sind äusserst verdünnte Lösungen verschiedener Salze, welche den zur Ernährung der Pflanze notwendigen Elementen entsprechen. Die Nährlösungen können sehr verschieden zusammengesetzt sein, doch dürfen sie nicht zu concentrirt sein, da dies einen schädigenden Einfluss auf die Pflanze ausübt. Ausserdem besitzen die Pflanzen ein ganz besonderes Wahlvermögen, von den zur Verfügung stehenden Nährstoffen immer nur soviel aufzunehmen, als für das Wachstum nötig ist. Um die ungefähre procentische Zusammensetzung solcher Nährlösungen kennen zu lernen, soll die folgende, äusserst brauchbare Nährlösung als Beispiel dienen:

Kalisalpeter	0,75 gr
schwefelsaures Magnesium	0,5 „
phosphorsaures Kali	0,5 „
Eisenchloridlösung	Spuren
destillirtes Wasser	$1-1\frac{1}{2}$ Liter.

Die **Assimilation,** d. h. die Bildung von Kohlehydraten, wie Stärke und Zucker, aus dem Kohlenstoff der Atmosphäre und dem aufgenommenen Wasser, ist die wichtigste Aufgabe des Pflanzenkörpers, da hierauf der Aufbau und die Ernährung des Pflanzenorganismus beruht. Der Assimilationsprocess (vgl. pag. 22) findet infolge der Thätigkeit der grünen Chlorophyllkörper bei Gegenwart von Licht und Wärme statt. Nur die grünen Pflanzen besitzen die Fähigkeit zu assimiliren, während das Tier, die Pilze, Parasiten und Saprophyten den Kohlenstoff nicht in organische Verbindungen überzuführen vermögen und somit behufs Aufnahme von organischer Substanz auf die Pflanzenwelt angewiesen sind.

In den durch Chlorophyll grün gefärbten Blättern, den wichtigsten Ernährungsorganen der Pflanzen, wird durch die Spaltöffnungen die circa 0,03 % Kohlensäure enthaltende Luft aufgenommen, wobei der Kohlenstoff im Verein mit Wasser zur Darstellung gewisser Kohlehydrate, wie Stärke und Zucker, verwendet wird, während der Sauerstoff des Kohlensäuremoleküls wieder an die Atmosphäre abgegeben wird.

Als erstes sichtbares Assimilationsproduct tritt in den Chlorophyllkörpern die Stärke in Form mikroskopisch kleiner Körnchen von verschiedener Gestalt und Schichtung auf. Da die Assimilationsfähigkeit unbedingt an das Vorhandensein von Licht und gewissen Wärmegraden gebunden ist, so ist es natürlich, dass nur am Tage die Stärkebildung vor sich gehen kann.

Wir können die Einwirkung des Lichtes auf die „Stärkebildung" leicht durch ein äusserst einfaches Experiment nachweisen, indem wir auf eine grüne Blattfläche, welche dem Tageslicht ausgesetzt ist, Blechstücke irgend welcher Gestalt legen; nach einigen Stunden entfernen wir in einem dunklen Raum die Blechstücke und behandeln das Blatt, nachdem wir es kurze Zeit in kochendes Wasser gelegt haben, wodurch die Stärke verkleistert wird, mehrmals mit Alkohol, welcher den grünen Chlorophyllfarbstoff löst und entfernt. Übergiessen wir nun das Blatt mit Jodlösung, so werden diejenigen Stellen bläulichbraun gefärbt werden, welche von den Blechstücken nicht bedeckt waren, da hier das Licht ungehindert Zutritt hatte, und somit durch die assimilatorische Thätigkeit des Chlorophylls Stärke gebildet werden konnte, während die mit den Blechstücken bedeckten Stellen farblos erscheinen werden. Es ist somit erwiesen, dass Licht für die Assimilation unbedingt erforderlich ist.

Wir können jedoch auch nachweisen, dass die unser weisses Tageslicht zusammensetzenden Farben bei der Assimilation eine verschiedene Wirksamkeit besitzen, und zwar haben die Versuche ergeben, dass die am stärksten gebrochenen Lichtstrahlen des Spectrums — die violetten und blauen — eine weit geringere Assimilationsthätigkeit bewirken, als die schwächer gebrochenen, roten, orangen und gelben Strahlen.

Im engsten Zusammenhang mit der Assimilation steht die Atmung und die Transpiration, welche bereits auf Seite 23 eingehend besprochen sind.

Wir haben gesehen, dass bei der Atmung, welche einem Verbrennungsprocess gleicht, sowohl bei den Tieren, wie

Pflanzen aus der Atmosphäre Sauerstoff aufgenommen und Kohlensäure wieder abgegeben wird, letztere durch Oxydation organischer Verbindungen entstanden. Während am Tage die Kohlensäureaufnahme zum Zwecke der Assimilation die Kohlensäureabgabe überwiegt, findet bei Nacht nur der Atmungsprocess statt, da im Dunklen jede Assimilation aufhören muss.

So wie z. B. beim Menschen durch die Atmung eine normale Körperwärme von 37,5° erzeugt wird, so findet auch bei den Pflanzen eine Temperaturerhöhung statt, welche jedoch wegen der meist sehr intensiven Transpiration äusserst gering ist.

Hochinteressante Versuche der letzten Jahre haben ergeben, dass Pflanzen, welche man in sauerstofffreie Luft oder in Wasserstoffgas bringt, nicht sofort die Atmung einstellen, sondern noch eine Zeitlang Kohlensäure ausatmen und weiter leben, bevor sie durch Ersticken zu Grunde gehen müssen. Diese Fähigkeit, auch ohne den Sauerstoff der Atmosphäre, aus der organischen Substanz durch noch nicht erforschte Umsetzungen Kohlensäure zu bilden, bezeichnet man als **intramolekulare Atmung**, und wird jetzt allgemein angenommen, dass die Theorie der Atmung darauf beruht, dass die Notwendigkeit der Sauerstoffzufuhr aus der Atmosphäre durch die Veränderung der organischen Substanz bedingt wird.

Aus den vorher besprochenen Vorgängen wollen wir uns noch einmal kurz die äusserst wichtigen Eigenschaften der Assimilation und Atmung vergegenwärtigen:

> Assimilation und Atmung sind zwei für den Verlauf aller Lebensvorgänge im Pflanzenkörper unbedingt notwendige Lebensprocesse, welche vollständig unabhängig von einander und genau entgegengesetzt verlaufen, indem nur allein die grünen, chlorophyllhaltigen Pflanzenteile und zwar nur unter dem Einfluss des Lichtes zu assimiliren befähigt sind, d. h. Kohlen-

säure aufzunehmen und zu verarbeiten und Sauerstoff auszuscheiden, während sämtliche Pflanzenorgane bei Tag und bei Nacht unausgesetzt atmen, d. h. Sauerstoff verbrauchen und Kohlensäure ausatmen.

Ausser den durch Assimilation gebildeten Kohlehydraten (Stärke resp. Zucker) erzeugen die Pflanzen noch **Eiweissstoffe** und **Fette,** von denen besonders die ersteren von grösster Wichtigkeit sind, da der wichtigste Bestandteil des Pflanzenkörpers, das lebendige Protoplasma, aus eiweissartiger Substanz besteht. Während Fette durch einfache Umwandlung der durch die Assimilation gebildeten Kohlehydrate entstehen, wie z. B. in reifenden Samen Stärke allmählich in Fett übergeht, müssen bei der Bildung von Eiweissstoffen noch stickstoff- und schwefelhaltige Verbindungen zugegen sein, da Eiweisskörper neben Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff noch circa 15% Stickstoff und 1% Schwefel enthalten. Stickstoff und Schwefel stammen aus den durch die Wurzel aufgenommenen Nitraten resp. Sulfaten des Kaliums und Magnesiums, jedoch ist es noch nicht aufgeklärt, wie aus diesen Mineralsalzen Stickstoff und Schwefel frei gemacht wird, und auf welchem Wege die Bildung der Eiweisskörper vor sich geht; man nimmt an, dass das im Pflanzenreich äusserst verbreitete Asparagin (vgl. pag. 67) beim Übergang der Kohlehydrate zu den Eiweissstoffen als intermediäres Product bei der Synthese der Eiweisskörper beteiligt ist.

Die Eiweissbildung findet im Gegensatz zur Assimilation, welche nur in chlorophyllhaltigen Zellen vor sich geht, im gesamten Pflanzenkörper statt, da auch die chlorophyllfreien Pilze, welchen Kohlehydrate und anorganische Nährsalze zur Verfügung stehen, Eiweissstoffe zu bilden befähigt sind.

Ebenso wie die Synthese der Eiweisskörper noch unbekannt ist, weiss man auch nicht, welche Organe und an welchen Stellen des Gewebes die eigentliche Bildung der Eiweissstoffe vor sich geht; doch ist man durch den reichlichen Gehalt an Eiweissverbindungen in den Siebröhren zu

$$C_6H_{12}O_6 + 2KNO_3 = \underset{\text{Asparagin}}{C_4H_8N_2O_3} + \underset{\text{Kalioxalat}}{K_2(CO)_2} + 2H_2O + 8V.$$

Es giebt Cellulose lösende Verbindungen; Glycosidspaltende Verbind.: Emulsin, Myrosin.

Oxydasen nehmen O. auf u. übertragen ihn auf andere Verbindungen.

Zymase ruft Gährung hervor.

Colloidale Eiweißkörper sind Enzyme (oder Fermente).

der Ansicht gekommen, dass diese die Bildungsstätte für Eiweisskörper sind.

Den ebenfalls durch die Thätigkeit der Wurzel aufgenommenen Phosphaten des Kaliums und Magnesiums wird der Phosphorsäurerest entrissen, welcher zum Aufbau der Globoide in den Aleuronkörnern (vgl. pag. 67) und zur Bildung der Nucleïne im Zellkern (vgl. pag. 60) Verwendung findet.

Wir können daher behaupten, dass sämtliche im Pflanzenkörper vorhandenen organischen Verbindungen sich von dem ersten Assimilationsproduct, der Stärke, ableiten und somit auf die Thätigkeit des Chlorophylls zurückzuführen sind.

Da die meisten organischen Nährstoffe in unlöslicher Form abgeschieden werden, müssen dieselben, um zu den im Wachstum begriffenen Pflanzenteilen oder zu den als Reservestoffbehälter dienenden Organen zu gelangen, in lösliche Form übergeführt werden, was durch sog. Fermente oder Enzyme geschieht. Es wird so z. B. die in den Blättern gebildete Assimilationsstärke hauptsächlich während der Nacht durch ein Diastase genanntes Ferment in eine wasserlösliche Zuckerart, Maltose, übergeführt und kann so durch die Cellulosemembran der Zellwandungen von Zelle zu Zelle bis zu ihrem Bestimmungsort gelangen, wo wiederum eine Rückbildung von Stärke aus dem gelösten Zucker eintritt.

Da man in allen Zellen, welche bei dem Transport der Stärke berührt werden, Stärkekörnchen vorfindet, so nimmt man an, dass die Zuckerarten auf ihrer Wanderung von Zelle zu Zelle in jeder einzelnen Zelle wieder in Stärke umgebildet werden und ebenso in jeder einzelnen Zelle erst wieder zum Durchtritt der Zellwand in Lösung gebracht werden müssen. Diese Stärke, welche sich meist nur in sehr kleinen Körnchen abscheidet, nennt man **transitorische Stärke.**

Über die Stoffwanderung der colloidalen Eiweisskörper weiss man nur, dass dieselben hauptsächlich in den Siebröhren der Gefässbündel stattfindet; jedoch z. B. bei

der Überführung der Eiweissstoffe des Samens in die Cotyledonen muss aber unbedingt eine Umwandlung in lösliche Form erfolgen, was wahrscheinlich auf der Bildung löslicher Amide, besonders Asparagin neben Leucin und Tyrosin (vgl. pag. 67) beruht, welche dann an den Bestimmungsorten mit Hilfe von Kohlehydraten und Nährsalzen wieder zu Eiweissstoffen regenerirt werden.

Ausser den zur Assimilation befähigten chlorophyllhaltigen Pflanzen gibt es noch eine ganze Anzahl von Pflanzen, welche durch das Fehlen des Chlorophylls nicht imstande sind, zu assimiliren, und somit bereits fertig gebildete organische Nährstoffe auf verschiedene Weise aufnehmen müssen.

Wir können bei diesen als **Schmarotzer** bezeichneten Pflanzen, welchen die Fähigkeit durch Assimilation sich selbst zu ernähren fehlt, zwei Reihen unterscheiden, nämlich Saprophyten und Parasiten.

Die **Saprophyten** entnehmen die zu ihrem Lebensunterhalte notwendigen organischen Stoffe verschiedenen in Zerfall begriffenen Tier- oder Pflanzenleichen.

Die **Parasiten** befallen zum Zwecke ihrer Ernährung lebende Tier- oder Pflanzenkörper und entnehmen der Wirtspflanze durch hierzu bestimmte Saugorgane, sog. Haustorien, organische Nährstoffe. (Viscum, Loranthus)

Hauptsächlich sind die Parasiten und Saprophyten durch die Bacterien und Pilze vertreten, jedoch finden sich auch Schmarotzer unter den Blütenpflanzen, so z. B. die zu den Loranthaceen gehörige Mistel, Viscum album, verschiedene zu den Convolvulaceen gehörige Cuscutaarten (parasitisch) und einige einheimische Orchideen, wie Neottia (saprophytisch).

Die Schmarotzer müssen ausser den organischen Stoffen, welche sie dem jeweiligen Nährsubstrat entnehmen, auch noch anorganische Nährsalze aufnehmen, nur benötigen die chlorophylllosen Pflanzen keine Eisenverbindungen.

Wenngleich die Parasiten gewöhnlich die betreffende Wirtspflanze durch den Verbrauch organischer Stoffe schä-

Jahresperiode wird von den meisten Pflanzen eingehalten (Eiche). Andere Pfl. z. B. Apfel- oder Birnbaum geben die Jahresperiodizität auf. Bringen wir sie in die Tropen, so tragen sie auch im Winter. (Strasburger S. 212).

Lebensdauer der Pfl. Bei niederen Algen u. Pilzen oft nur wenige Stunden. Bei höheren Pfl. unterscheidet man monocarpische Pfl. u. polycarpische Pfl.

Monocarp. Pfl. blühen u. tragen nur einmal im Leben Früchte (j. u. 2-jährige Pfl. z. B. Verbascum)

Polycarp. Pfl. blühen öfters (mehrmals der perennierende Pfl., Sträucher, Bäume). Ein Baum ist theoretisch unsterblich, er entwickelt immer neue Vegetationspunkte. Wenn dies zu Grunde gehen, so geschieht es durch den Angriff der parasitären Pilze.

Flechte = Alge + Pilz.

Alge: liefert der organ. Nährstoffe

Pilz: liefert die Wasserzufuhr u. anorg. Nährstoffe.

digen, so gibt es auch Fälle, in welchen sich die Einwirkung des Parasiten auf die Nährpflanze geradezu als förderlich erweist, so z. B. bei den Flechten.

Erst den Forschungen der letzten Decennien ist es gelungen, nachzuweisen, dass die Flechten, Lichenes, nicht einheitliche Organismen sind, sondern dass ihr Vegetationskörper aus Algen und Pilzen zusammengesetzt ist, wobei die chlorophyllhaltigen Algen den Pilzen organische Substanzen liefern, während wieder die Pilze für genügende Wasserzufuhr nebst anorganischen Nährsalzen sorgen. Man bezeichnet derartige Fälle von Lebensgemeinschaft als **Symbiose,** und finden wir dieselbe sehr verbreitet.

Schliesslich seien noch die sog. **Insektivoren,** insektenfangende Pflanzen, erwähnt, welche trotz Chlorophyllgehalt noch die Fähigkeit besitzen, sich durch die verschiedenartigsten Fangapparate, meist umgewandelte Blätter, Insekten einzufangen und diese mit Hilfe eines durch Drüsenhaare ausgeschiedenen Saftes zu verdauen, wodurch eine grössere Zufuhr von stickstoffhaltigen Verbindungen ermöglicht wird. Dieser Verdauungssaft enthält ein peptonisirendes Enzym und reagirt sauer. Solche fleischfressende Insektivoren, z. B. Droseraarten, Utriculariaarten, Pinguicula, Nepenthes etc. stehen meistens an feuchten Standorten, z. B. Torfmooren und Ufern kleinerer Bäche, wo durch die herabgesetzte Transpiration nicht genügend stickstoff- und phosphorhaltige Mineralsalze aufgenommen werden können. —

Der **Turgor** ist der durch Diosmose entstandene Druck des Zellinhaltes auf die Zellwand, wodurch eine Spannung erzeugt wird, die Zellen sich daher ausdehnen und elastisch werden; es beruht auf der Turgescenz der Zellen die straffe Aufrechthaltung der krautigen Pflanzenteile. Da wir es hier mit einer Streckung der Organe zu thun haben, so müssen auch in die ausgedehnte Zellmembran neue Einlagerungen stattfinden können, wodurch das Wachstum der Pflanzen begünstigt wird. Daher wird bei einem genügenden Feuchtigkeitsgehalt der Luft, welcher die Transpiration herabsetzt

und die Turgescenz der Zellen erhöht, ein äusserst günstiges Wachstum der Pflanzen stattfinden, während bei Trockenheit die Pflanzen zusammenschrumpfen, d. h. welk werden müssen, weil sie durch die Transpiration mehr Wasser verlieren, als zugeführt werden kann, und dadurch der Turgor vermindert wird; durch rechtzeitige reichliche Wasserzufuhr wird die Turgescenz der Zellen wieder hervorgerufen werden und die schlaff und welk gewordenen Pflanzen werden wieder frisch und straff erscheinen.

Es kann aber auch ausser durch Verdunstung noch durch wasserentziehende Mittel, wie Glycerin oder concentrirte Salzlösungen, die Turgescenz der Zellen vermindert, ja sogar gänzlich aufgehoben werden; in letzterem Fall tritt das Protoplasma von der Zellwand zurück und zieht sich schliesslich kugelig zusammen. Diesen Zustand vollständiger Erschlaffung bezeichnet man als **Plasmolyse.**

Bei dem Wachstum der Zellen (vgl. pag. 54) unterscheiden wir zwei Phasen:

a) **Intussusception,** indem in die durch den Turgor ausgedehnte Cellulosemembran neue Membranteilchen eingelagert werden.

b) **Apposition,** indem eine Auflagerung neuer Celluloseschichten vom Zellinneren her auf die gedehnte Zellwand stattfindet.

Die innere Ausbildung der Organe erreicht erst dann einen Abschluss, wenn dieselben durch Streckung das Maximum ihrer Grösse erlangt haben; durch verschiedene Vorgänge, wie Zellverschmelzung oder Zellverdickung erhalten die betreffenden Organe ganz bestimmte Funktionen, welche sie im Pflanzenkörper zu erfüllen haben. Die Ausbildung und Bestimmung der einzelnen Organe ist bereits eingehend in der Anatomie besprochen worden.

Bei dem Wachstum findet auch zwischen den einzelnen Organen des Pflanzenkörpers eine innere Wechselwirkung statt, welche man als **Correlation** bezeichnet, indem die Funktionen verschiedener Organe sich gegenseitig unterstützen; so z. B. beruht das richtige Verhältnis zwischen

In den Zellen ist ein Idioblasma, das bewirkt, daß [illegible] der [illegible] Organe entsteht.

Bei den Neubildungen im entdifferenzierten Pflanzenkörper zeigt es sich, daß gerade diejenigen Organe vorzugsweise neu entstehen, die der Pflanze genommen worden sind (Adventivbildungen, Wundstücke).

Künstliche Vermehrung durch „Stecklinge" d.h. durch das Einsetzen abgeschnittener Zweige in H_2O, Erde, Erde. Wenn Pfl. sind beschädigt oder auf einzelnen Blättern oder Blattstücken junge Pflänzchen entstehen zu lassen (Begonien z.B.).

Bei der Veredelung werden abgetrennte Vegetationsorgane (Zweige) Teile einer Kulturpfl. nicht zu selbständigen neuen Pfl. gemacht, sondern auf einen anderen Pflanzenkörper übertragen (die Unterlage) u. mit demselben zum Verwachsen gebracht. Beide Teile haben oder bei der klaffen innigen Berührung in Kontaktlage, wenn dieselbe Zweigstück, welches in Erde gepflanzt, sich von unten Erde bemächtigt hätte, bildet auf das abgeschnittene Stück der Unterlage aufgesetzt, keine Wurzeln, sondern verwächst mit derselben zu einer physiologischen Einheit. Es ernährt die Wurzeln der Unterlage, wie diese die Krone des Edelreises ernährt, ohne zur Bildung eigener Neuanlagen zu schreiten.

Unterlage u. Edelreis führen trotz der eingegangenen Lebensgemeinschaft u. funktionellen Ergänzung ein in morphologisch-anatomischer Hinsicht selbständiges, unabhängiges Dasein, können sich aber in der gegenseitigen Entwicklung dadurch beeinflussen, daß z.B. einjährige Pfl., wenn sie auf 2-jährige oder ausdauernde gepfropft werden, ebenfalls eine längere Lebensdauer gewinnen.

Die Veredelung einer Pfl. geschieht:

1) durch Kopulieren, d. ist die Verbindung eines Edelreises mit der jugendlichen etwa gleich starken unentwickelten Unterlage. Mit scharfen glatten Schnitt werden beide gestutzt, aufeinander gesetzt u. die Verbindungsstelle verbunden u. gleichzeitig mit Baumwachs nach außen abgeschlossen.

2) Das Propfen ist die Einfügung schmälerer Edelreiser in die stärkere Unterlage. Vielfach sind die Kambiumzonen der zu verbindenden Teile aufeinanderstehen, daß alsdann Rinde auf Rinde trifft. Im übrigen geschieht man in den Spalt, in die Rinde oder in die Seite.

3) Das Okulieren (eine besondere Art des Pfropfens). Dabei wird kein ausgebildetes Zweigstück, sondern eine Knospe (ein „Auge") unter die Rinde der Unterlage eingeschoben. Aus dem treibenden Auge entwickelt man im Frühjahr, aus dem schlafenden (erst im nächsten Jahre austreibenden) im Sommer.

Abbild. 7. Skizzen. S. 203.

Wasserversorgung und Wasserverdunstung, oder zwischen Wurzel zu Stamm etc. auf Correlation.

Als ganz specifisch ausgeprägte Correlationserscheinungen müssen wir die sog. **Polarität** ansehen, welche auf erblichen Eigenschaften beruht und veranlasst, dass z. B. ein abgeschnittenes Sprossstück, in welcher Lage es sich auch befinden mag, stets nach der Spitze zu neue Sprosse, an dem entgegengesetzten Ende aber neue Wurzeln erzeugt.

Wir haben bereits im Kapitel der Zellenlehre (vgl. pag. 58) gesehen, dass das für den Lebensprocess der Pflanzen äusserst wichtige Protoplasma eine in stetiger Umwandlung begriffene organisirte Substanz ist und sich ständig in Bewegung befindet, was wir als Plasmaströmung bezeichnen. Wir konnten hierbei folgende Bewegungen des Plasmas unterscheiden:

Rotationsbewegung; Circulationsbewegung; Springbrunnenbewegung;	vgl. pag. 59.
Glitschbewegung; Amoebenbewegung; Cilienbewegung.	vgl. pag. 60.

Somit findet nicht nur bei den nackten Plasmakörpern, den im Wasser lebenden Amoeben und den meist auf feuchten Substraten existirenden Plasmodien, sondern auch in behäuteten Zellen eine Bewegung statt, und können wir den Pflanzen das Vermögen der freien Ortsbewegung nicht absprechen, wenngleich die meisten niederen und höheren Pflanzen, deren Organismus aus unendlich vielen Zellen besteht, durch Ausbildung von Wurzeln oder ähnlichen Haftorganen die Möglichkeit, ihren Standort zu wechseln, einbüssen. Pflanzen, welche nach einer Richtung weit hinkriechende Rhizome besitzen, verändern allmählich ihren Standort dadurch, dass die älteren Teile von hinten nach vorn absterben.

Wir haben aber auch ferner gesehen, dass das Protoplasma durch Erschütterungen oder äussere Reize in Bewegung gesetzt werden kann und gelangen wir damit zu den verschiedenen Reizerscheinungen.

Die **Reizerscheinungen** beruhen auf der Reizbarkeit des Protoplasmas und werden durch verschiedene Einflüsse von aussen her, wie Licht, Wärme, Schwerkraft, Druck etc. hervorgerufen. Bei mehrzelligen Organismen ist mit dem Auftreten von Reizerscheinungen eine Veränderung des Turgors verbunden, wodurch verschiedene Wachstumskrümmungen entstehen.

Bei den Krümmungsbewegungen der Pflanzen, welche grösstenteils auf ungleichseitigem Wachstum lebendiger Pflanzenteile beruhen, können wir zwischen spontanen oder autonomen Bewegungen, sog. **Nutationen,** und paratonischen Bewegungen, sog. **Reizbewegungen** unterscheiden, erstere werden durch unbekannte, innere Veränderungen, letztere durch einen leicht nachweisbaren Reiz von aussen her veranlasst.

Spontane Bewegungen können wir leicht bei gewissen jungen und in starkem Wachstum begriffenen Pflanzenteilen nachweisen und finden, dass alle wachsenden Pflanzenorgane Nutationen ausführen, indem ihre Spitze herumschwingt und eine unregelmässige Kreislinie oder Ellipse beschreibt, was allerdings mit blossem Auge nicht zu beobachten ist. Man nennt diese Nutationsbewegungen Circumnutationen und entstehen dieselben dadurch, dass auf den verschiedenen Seiten der betreffenden Organe nacheinander ein ungleiches Längenwachstum stattfindet. Äusserst auffallend sind solche Nutationen z. B. bei den später zu betrachtenden Ranken der Kletterpflanzen ausgeprägt, wodurch ein besseres Auffinden und Ergreifen von Stützen ermöglicht wird. Auch die Entfaltung der anfangs eingerollten Farnblätter und das Öffnen und Schliessen mancher Blüten beruht auf Nutationsbewegungen.

Paratonische oder **Reizbewegungen** werden durch äussere Reize hervorgerufen und sind deshalb für die Pflanze von grösster Wichtigkeit, weil durch sie erst die Pflanze ihren Organen eine für die betreffende Lebensaufgabe günstige Stellung zu geben, befähigt ist. Ein und dieselbe Reizquelle von aussen her kann eine ganz verschieden-

artige Stellung verschiedener Pflanzenteile bewirken, so z. B. wächst unter dem Einfluss der Schwerkraft der Hauptspross gerade in die Höhe, die Seitenäste aber schräg, ebenso bei der abwärts in den Boden wachsenden Hauptwurzel und den Seitenwurzeln; unter dem Einfluss des Lichtes strebt der Sprossgipfel der Lichtquelle entgegen, während unter demselben Einfluss die Blätter sich quer zu den auffallenden Lichtstrahlen stellen. Man bezeichnet diese Eigenschaft als Anisotropie.

Unter **Anisotropie** verstehen wir also im allgemeinen die Eigenschaft der Pflanzenorgane, bei ein und derselben äusseren Einwirkung ganz verschiedene Wachstumsrichtungen anzunehmen, wodurch hauptsächlich die ganze Gestaltung und Erscheinung eines Pflanzenkörpers bedingt wird, und zwar bezeichnen wir die anisotropen Organe als:

orthotrop, wenn dieselben eine zur Erdoberfläche senkrechte Stellung einnehmen, z. B. der Stamm und die Hauptwurzel;

plagiotrop, wenn sie eine geneigte oder horizontale Lage besitzen, z. B. die Seitenäste und Seitenwurzeln.

Je nach dem die Wachstumskrümmungen bewirkenden Reiz unterscheidet man verschiedene Tropismen, von denen wir die wichtigsten im folgenden betrachten wollen. Bei allen Tropismen nennt man die Wachstumsrichtung:

positiv, wenn sich die Pflanzenteile der Reizquelle zuwenden;

negativ, wenn sie sich von der Reizquelle abwenden.

Als Diatropismus bezeichnet man die Wachstumsrichtung solcher Pflanzenteile, welche sich ungefähr quer oder schräg zur Richtung der einwirkenden Kräfte stellen, und ist hierbei die Transversalstellung am häufigsten der Fall, indem diese sich senkrecht zur Richtung der Reizquelle befindet.

Geotropismus. Bereits in der Morphologie (vgl. pag. 6) haben wir gesehen, dass die Wurzeln abwärts in den Erd-

boden eindringen, während der Spross aufwärts wächst. Diese Wachstumsrichtungen der Pflanzenteile werden durch die Schwerkraft veranlasst, und stellen sich daher Hauptspross und Hauptwurzel stets in die Richtung des Erdradius, welche Wachstumsrichtung sie auch sofort wieder einzunehmen bestrebt sind, wenn sie durch irgend welche Ursache aus dieser Richtung gebracht werden.

Die aufwärts wachsenden Stämme der Bäume und Stengel der Pflanzen bezeichnen wir als negativ geotropisch, da ihre Wachstumsrichtung vom Erdmittelpunkt abgewendet wird, während hingegen die Hauptwurzeln positiv geotropisch sind, da ihre Spitze sich senkrecht abwärts dem Erdmittelpunkt zuwendet.

Diageotropisch sind die meisten Seitenwurzeln und Seitenzweige erster Ordnung, transversalgeotropisch z. B. die Rhizome.

Heliotropismus. Hierunter verstehen wir die Fähigkeit der Pflanzenorgane, sich in eine bestimmte Richtung zur Lichtquelle zu stellen. Wir können auch hier verschiedene Stellungen unterscheiden und bezeichnen Pflanzenteile als:

positiv heliotropisch, wenn die Organe, z. B. der Spross und die Blattstiele, sich dem Licht zuwenden;

negativ heliotropisch, wenn die Organe, z. B. die Wurzel und Luftwurzeln, sich vom Licht abwenden und dem Dunklen zustreben;

diaheliotropisch resp. transversalheliotropisch, wenn die Organe, z. B. die meisten Blattflächen der Pflanzen, sich so stellen, dass sie senkrecht vom Licht getroffen werden.

Hydrotropismus ist die Fähigkeit mancher Organe auf Feuchtigkeit zu reagiren und zwar werden Wurzeln, deren umgebendes Erdreich auf der einen Seite feuchter ist, als auf der anderen, aus ihrer geotropischen Wachstumsrichtung abgelenkt und streben durch positiv hydrotropische Wachstumskrümmungen der feuchteren Seite zu. Nega-

tiven Hydrotropismus zeigen die Fruchtträger vieler Schimmelpilze, indem diese die feuchten Stellen meiden und trockenen Orten zuwachsen.

Chemotropismus zeigen manche Organismen, z. B. viele Spermatozoiden, indem durch ganz bestimmte chemische Verbindungen Reizbewegungen hervorgerufen und dadurch entweder positiv oder negativ chemotropische Krümmungen ausgeführt werden.

Rheotropismus und **Thermotropismus** sind weniger wichtig und hängen bei ihnen die Wachstumsrichtungen von der Strömung im Substrat resp. von ungleicher Erwärmung ab.

Es gibt eine grosse Anzahl von Pflanzen, deren Sprosse nicht die nötige Festigkeit und Dicke besitzen, um sich allein aufrecht zu erhalten; solche Pflanzen sind befähigt, durch Reizerscheinungen des Protoplasmas Bewegungen auszuführen, welche man als klettern bezeichnet. Wir unterscheiden hierbei Rankenpflanzen und Schlingpflanzen.

Die **Rankenpflanzen** besitzen besondere Seitenorgane, sog. Ranken, welche zur Befestigung dienen und im Anfangsstadium von langer, fadenförmiger Gestalt sind. Gelangt nun eine solche Ranke auf irgend eine Stütze, was durch die Nutationen (kreisende Bewegungen vgl. pag. 104) begünstigt wird, so veranlasst diese Stütze durch ihre Berührung und Reibung eine Einkrümmung infolge ungleichseitigen Wachstums, wobei durch den Druck der Stütze, sog. Contactreiz, eine Verminderung der Turgescenz und somit des Längenwachstums in den Zellen der berührten Seite eintritt, während das Wachstum der nicht berührten Seite gefördert wird. Durch die hierdurch entstehende Krümmung wird die Spitze der Ranke um die Stütze gewickelt, was um so schneller geschieht, je dünner eine Ranke und je intensiver ihr Längenwachstum ist.

Sobald die Spitze der Ranke infolge fortgesetzter Reizungen und Krümmungen sich fest um die Stütze geschlungen hat, tritt eine Fortpflanzung des Reizes auf dem zwischen Stütze

und Spross gelegenen freien Teil der Ranke ein, wodurch die bekannte korkzieherartige, spiralige Gestalt der Ranken entsteht. Da die beiden Endpunkte der Ranke befestigt sind, muss die Einrollung teils rechtsum, teils linksum mit dazwischengelegenen Wendepunkten erfolgen.

Die **Schlingpflanzen** unterscheiden sich hauptsächlich von den Rankenpflanzen dadurch, dass sie keine besonderen Organe zum Klettern besitzen, sondern dieses durch die Hauptachse selbst geschieht, und dass die Schlingpflanzen niemals um horizontale Stützen, sondern nur um verticale oder bis zu höchstens 45° geneigte Stützen sich winden können.

Wir haben es bei den Schlingpflanzen mit geotropischen Bewegungen des Sprosses zu thun, wobei die Stütze der Hauptachse als Hindernis in der negativ geotropischen Wachstumsrichtung entgegentritt, und dadurch der Spross genötigt wird, Windungen nach links oder nach rechts um die Stütze auszuführen. Bei einundderselben Pflanze finden die Windungen stets nur in einer Richtung statt; die meisten Schlingpflanzen winden nach links.

Nyktitropische Bewegungen, sog. **Schlafbewegungen**, werden nicht wie bei den vorher besprochenen Bewegungserscheinungen durch ungleichseitiges Wachstum, sondern durch Krümmungen besonders hierzu bestimmter Organe, sog. Gelenke, herbeigeführt. Die durch den Wechsel von Licht und Dunkelheit, also Tag und Nacht, bewirkten Krümmungen der Gelenke beruhen zwar ebenfalls auf den Turgorschwankungen, jedoch kehren hier die betreffenden Organe wieder allmählich in ihre ursprüngliche Lage zurück, während bei den Wachstumskrümmungen die Turgescenzänderungen bleibende Veränderungen hervorrufen.

Die Schlafbewegungen treten besonders deutlich auf, z. B. bei der Bohne (Phaseolus), den Kleearten (Trifolium), den Acacien und Robinien, und zwar ist am Tage die sog. Tag- oder Lichtstellung vorhanden, indem die Blätter Diaheliotropismus zeigen, mithin also die Blattspreite horizontal, d. h. senkrecht zu den auffallenden Lichtstrahlen aus-

gelenkt ist, während bei eintretender Dunkelheit die Blätter die sog. Nacht- oder Schlafstellung einnehmen, indem die Blätter resp. die einzelnen Fiederblättchen sich aufwärts oder abwärts zusammenlegen, indem die Blattflächen steil oder vertical stehen. Diese Schlafstellung schützt die betreffenden Blätter vor allzugroßer Wärmeausstrahlung während der kühleren Nacht.

Wir können auch bei den Gelenkbewegungen zwischen spontanen oder autonomen Bewegungen und Reizbewegungen unterscheiden, erstere werden, wie wir mit Sicherheit gesehen haben, durch unbekannte innere Veränderungen, letztere durch einen Reiz von außen hervorgerufen.

So wie bei den Wachstumsbewegungen die Nutation der Sprosse in den spontanen, die verschiedenen Tropismen und die Krümmungen zu den Reizbewegungen gehören, so können z. B. die doppelgefiederten Blätter der bekannten Mimosa pudica, einer Leguminose des Tropen, neben spontanen Bewegungen auch Bewegungen durch Lichtreiz oder mechanische Erschütterungen ausführen, indem schon durch die leiseste Berührung die Blätter durch gegenseitiges Zusammenlegen der Fiederblättchen mittels der Gelenkpolster in die Ruhestellung gebracht werden, wobei sich der Reiz nach abwärts fortpflanzt und der ganze Ast sich nach abwärts senkt. Nach einiger Zeit aber jedoch die Ruhestellung wieder aufgehoben, indem die Blätter ihre ursprüngliche Lage wieder einnehmen und so für neue Reize wieder empfänglich sind.

Im Anschluß hieran wären noch die Bewegungen einiger Insektivoren zu erwähnen, deren Bewegungen aber nicht mit dem Vorhandensein von Gelenken beruhen.

Ebenso sind bei manchen Pflanzen gewisse Bewegungen durch ausgeprägte Reizbarkeit ausgezeichnet, so z. B. ausführen auch die Staubfäden der Berberitzenblüte (Berberis vulgaris) bei der leisesten Berührung nach innen, wodurch die Narben bestäubt werden.

gebreitet ist, während bei eintretender Dunkelheit die Blätter die sog. Nacht- oder Schlafstellung einnehmen, indem die Blätter resp. die einzelnen Fiederblättchen sich aufwärts oder abwärts zusammenneigen, mithin die Blattflächen ungefähr vertical stehen. Diese Schlafstellung schützt die betreffenden Blätter vor allzugrosser Wärmeausstrahlung während der kühleren Nacht.

Wir können auch bei den Gelenkbewegungen zwischen spontanen oder autonomen Bewegungen und Reizbewegungen unterscheiden, erstere werden, wie wir auf Seite 104 gesehen haben, durch unbekannte innere Veränderungen, letztere durch einen Reiz von aussen her veranlasst.

So wie bei den Wachstumsbewegungen die Nutation der Sprosse zu den spontanen, die verschiedenen Tropismen und die Rankenbildung zu den Reizbewegungen gehören, so führen z. B. die doppeltgefiederten Blätter der bekannten Mimosa pudica, einer Leguminose der Tropen, neben spontanen Bewegungen auch Bewegungen durch Lichtreiz oder mechanische Erschütterungen aus, indem schon durch die leiseste Berührung die Blätter durch paarweises Zusammenlegen der Fiederblättchen mittelst der Gelenkpolster in die Reizstellung gelangen, wobei sich der Reiz nach rückwärts zu fortpflanzt und das ganze Blatt sich nach abwärts senkt. Nach einiger Zeit wird jedoch die Reizstellung wieder aufgehoben, indem die Blätter ihre ursprüngliche Lage wieder einnehmen und so für neue Reize wieder empfänglich sind.

Im Anschluss hieran wären noch die Blätter einiger Insektivoren zu erwähnen, deren Bewegungen aber nicht auf dem Vorhandensein von Gelenken beruhen.

Ebenso sind bei manchen Pflanzen gewisse Blütenteile durch ausgeprägte Reizbarkeit ausgezeichnet, so z. B. krümmen sich die Staubfäden der Berberitzenblüte (Berberis vulgaris) bei der leisesten Berührung nach innen, sodass die Antheren die Narben berühren.