

Kräftewirkungen in der Pflanze.

Wie die chemische Analyse ergibt, bauen sich die Pflanzen aus einer Anzahl Verbindungen chemischer Elemente auf, die ihrem Körper die Eigenschaften der Masse verleihen. Aber was wir als Leben bezeichnen, ist nichts stoffliches, sondern es sind Kräftewirkungen, Arbeitsleistungen, wie man auch sagen kann, die wie alle Kräftewirkungen an der Materie haften, ohne daß wir diesen Zusammenhang recht begreifen können. Aber Stoffwechsel und Kraftwechsel gehen Hand in Hand und wenn man auch das Leben als einen Energiewechsel bezeichnen kann, so ist dieser gebunden an das uns bekannte Substrat des Protoplasmas. Es ist wesentlich dieses Substrat, welches die Wirkungen der uns aus anderen Naturerscheinungen bekannten Energieformen in anderer Art erscheinen läßt, als in der unbelebten Natur. Von den inneren Verhältnissen dieses Protoplasmas können wir uns nicht einmal ein Bild machen. Symbolisiert der Chemiker jede Verbindung durch eine chemische Formel, so haben wir für das Protoplasma keinerlei Formel aufzustellen. Es ist auch anzunehmen, daß die innere Struktur des Protoplasmas von der chemischen Struktur toter Substanzen verschieden ist, worüber schon eine Reihe von Theorien aufgestellt wurden, die aber die Hauptfrage nicht lösen konnten. Solange man aber die innere Struktur des Protoplasmas nicht kennt, kann man ebensowenig seine lebendigen Wirkungen verstehen, als ohne Kenntnis der Struktur einer Maschine die von ihr geleistete Kunstfertigkeit. Wir verstehen daher die Lebensvorgänge der Pflanzen immer nur soweit, als bis wir an der Protoplasmatätigkeit Halt machen müssen. Man kann wohl die Krümmungen einer Wurzel unter Einfluß der Schwerkraft oder des Lichtes betrachten, kann die Krümmung messen, die Zeit, die sie erfordert, bestimmen, aber, wie jene Energieformen auf das Protoplasma wirken, und

wie dieses das Gewebe zum Wachstum veranlaßt, läßt sich mit unserer Methode nicht erfahren. Aber ebenso wie die Pflanze ihre einfachen Nährstoffe Kohlendioxyd, Wasser und Bodensalze nicht selbst produziert, sondern von außen aufnimmt und in mannigfaltiger Weise innerhalb ihrer protoplasmahaltigen Gewebe umwandelt, um sie endlich wieder an die Außenwelt abzugeben, ebensowenig produziert die Pflanze irgend eine Energieform selbst, etwa eine Lebenskraft. Sie nimmt vielmehr von dem in der Außenwelt vorhandenen Energievorrat auf und verbraucht ihn wieder durch Arbeitsleistungen.

Es wäre nun ein sehr unvollkommenes Verfahren, wenn die Pflanze von diesem Energievorrat sich nur immer gerade so viel aneignen wollte, als sie in einem Moment nötig hat. Dann würde ihre Arbeit eine sehr ungleichmäßige und unsichere sein. Die Sonnenstrahlung ist die Energiequelle für alles Leben. Aber bekanntlich wird diese Sonnenstrahlung durch die Bewegung der Erde unterbrochen. Würden die Pflanzen diese Strahlenenergie nur unmittelbar verwenden können, so müßten ihre Lebensäußerungen periodisch aufhören und wie in einer nicht geheizten Dampfmaschine hörte die Arbeit der Pflanze zuzeiten ganz auf. Da aber von einer Arbeit andere Arbeiten abhängen, so würde das ganze System bald ins Stocken geraten und stetige Entwicklungsvorgänge würde man nicht verlaufen sehen.

Die Energie besitzt nun die Eigenschaft, sich in verschiedener Weise aufspeichern zu lassen, um zu passender Zeit zur Arbeit benutzt zu werden, auch dann, wenn die Energiezufuhr unterbrochen ist. Das lehrt uns jedes Uhrwerk. Durch das Aufziehen wird die Feder gespannt und die Energie aufgespeichert, um in langsamem Tempo verbraucht zu werden und das Uhrwerk eine längere Zeit in Gang zu halten. Es kann auch in chemischen Verbindungen Energie aufgespeichert und durch deren Abbau wieder gewonnen werden. Bei den Pflanzen ist nun, um ihr

ganzes Lebensgetriebe in Gang zu halten, die Gewinnung chemischer Energie die erste Aufgabe, ein Vorgang, den man gewöhnlich Ernährung nennt. Die höheren Pflanzen verwenden die Sonnenenergie dazu, aus Kohlendioxyd und Wasser Zucker oder Stärke zu produzieren, deren Aufspeicherung in verschiedenen Organen eine Haupteigenschaft der Pflanze ist.

Wie ausführlich in dem Bändchen „Pflanzenphysiologie“ dieser Sammlung geschildert wird, findet bei den grünen Pflanzen diese Synthese im Chlorophyllapparat statt, über dessen Mitwirkung im Einzelnen noch nichts bekannt ist, der aber einen Charakter aller höheren Pflanzen bildet. Die Chromatophoren (Chlorophyllkörper) bestehen aus einem farblosen protoplasmatischen Stroma und mehreren Farbstoffen. Die Synthese findet wahrscheinlich in dem Stroma statt, der grüne Chlorophyllfarbstoff scheint die Aufgabe zu haben, die Kohlensäure aus der Luft zu absorbieren, denn 10000 Teile Luft enthalten nur etwa 4 Teile CO_2 . Ist Zucker oder Stärke in Form von festen Körnern gebildet, so ist damit ein Energievorrat gewonnen, der durch chemischen Abbau der Kohlehydrate wieder disponibel gemacht wird. Die Pflanzen sind durch Aufspeicherung der Stärke in den Blättern in den Stand gesetzt, auch nach dem zeitweiligen Verschwinden der Sonne die chemische Energie für ihre Arbeitsleistungen zu verwenden.

Das wird sehr anschaulich durch die Auswanderung der Kohlehydrate aus den Blättern. Während bei Tage im Tageslicht Stärke produziert wird, findet gleichzeitig eine Wiederauflösung eines Teiles dieser Stärke durch Enzyme und eine Fortführung an die Orte des Verbrauches statt. Da jedoch die synthetische Arbeit die Stärkewanderung überwiegt, so läßt sich am Tage stets ein großer Überschuß von Stärke in den Blättern nachweisen.

Das kann durch eine sehr einfache Methode (die Sachs'sche Jodprobe) geschehen. Man schneidet am Tage Blätter, z. B. der Sonnenrose, Zuckerrübe usw. ab, kocht sie zehn Minuten in

Wasser, entfärbt sie durch Alkohol und legt sie in Wasser, dem etwas Jodtinktur zugesetzt wurde. Je nach dem Stärkegehalt färben sich die Blätter nun blau oder blauschwarz. Nachts hört die Sonnenwirkung und damit auch die Produktion von Stärke auf, während der Verbrauch für Wachstum und andere Lebensvorgänge andauert. Ein Überschuß von Stärke kann sich daher in den Blättern nicht anhäufen und wenn man sie kurz vor Sonnenaufgang mit der Jodprobe untersucht, findet man sie ganz von Stärke entleert. Die Blätter färben sich jetzt nicht in Spuren blau, sondern durch die Jodlösung gelb.

Es ist einleuchtend, daß die entleerten Blätter weniger wiegen müssen als die mit Stärke erfüllten und es läßt sich daher durch Wägung feststellen, wie groß die Produktion an Stärke durch die chlorophyllhaltigen Blattflächen ist. Die Methode ist die, daß man aus den stärkefreien und stärkehaltigen Blättern Stücke gleicher Größe herausschneidet und die Trockengewichte vergleicht. Am besten wendet man eine Holzschablone von 10 cm Quadratfläche oder auch eine kleinere an, nach der man aus großen Blättern derselben Pflanze Stücke herausschneidet, bis man im ganzen einen Quadratmeter Blattfläche besitzt. Die Blattstücke werden durch siedenden Wasserdampf getötet und getrocknet und können nun gewogen werden. Wenn man diese Trockengewichtsbestimmungen am Morgen vor Sonnenaufgang und am Nachmittage vornimmt, so ergibt sich aus der Gewichtszunahme die am Tage gewonnene Stärkemenge.

Nach Sachs' Untersuchungen wog ein Quadratmeter Blattfläche der Sonnenrose

5 Uhr morgens	43,62 g
3 Uhr nachmittags	52,76 g
Zunahme der Stärke in 10 Stunden	9,14 g

In einer Stunde wird also pro Quadratmeter Blattfläche 0,914 g Stärke gebildet.

Nun ist aber zu berücksichtigen, daß nicht nur des Nachts eine Auswanderung von Stärke vor sich geht, sondern daß auch während des Tages neben der Neubildung eine stete Fortführung der Stärke aus den Blättern stattfindet. Die gewogene Stärke ist also nur der Rest, der bei der täglichen Auswanderung übrig bleibt. Wie groß die am Tage aus den Blättern in die anderen Organe abfließende Stärkemenge ist, läßt sich nicht feststellen. Es ist aber sicher, daß sie mindestens ebenso groß ist als die Nachts auswandernde Menge. Durch Wägung wurde festgestellt, daß Nachts pro Stunde aus einem Quadratmeter Blattfläche der Sonnenrosen 0,964 g auswandert. Da man also dieselbe Stärkemenge auch für die Tageszeit annehmen kann, so ist die Gesamtmenge der in einem Quadratmeter Blattfläche der Sonnenrose in zehn Stunden gebildete Stärke folgende:

Im Blatte wägbare Stärke	9,14 g
Gleichzeitig fortgeführte Stärke . . .	9,64 g
Gesamtproduktion in 10 Stunden . .	18,78 g

In 15 Stunden des Sommertages bei uns würde sich für den Quadratmeter Blattfläche eine Stärkemenge von 28,17 g ergeben, wozu noch 1 g zu addieren ist, da die Pflanze durch die Atmung etwa 1 g in der gleichen Zeit aus einem Quadratmeter Blattfläche verliert. Nicht bei allen Pflanzen ist die in einem Tage entstehende Stärkemenge gleich, was sich schon aus dem verschiedenen Blattbau und dem damit verbundenen verschiedenen Chlorophyllgehalt ergibt. Man hat daher als mittlere Stärkemenge pro Quadratmeter Blattfläche 1,6 g pro Stunde oder täglich 25 g angenommen.

Durch die der Stärkebildung folgenden Prozesse der Umwandlung und Wiederzerlegung der Stoffe, die man als Stoffwechsel bezeichnet, wird also in der mannigfachsten Weise Energie gewonnen und damit Arbeitsleistungen ermöglicht.

Wie aber die chemische Energie in mechanische Arbeit umgesetzt wird, wissen wir nicht, da es sich wieder um Vorgänge im Protoplasma handelt. Einer der wichtigsten Vorgänge, durch welche Betriebsenergie gewonnen wird, ist zweifellos die Atmung (vgl. Pflanzenphysiologie, S. 125). Sie ist aber nicht die alleinige Energiequelle für die Lebensvorgänge in der Pflanze. Abgesehen von der von ihr unabhängigen Photosynthese sind auch andere Lebensvorgänge, wie Transpiration, osmotische Erscheinungen und andere von der Atmung nicht unmittelbar abhängig.

Die Bedeutung des Stoffwechsels als Energiequelle geht aus dem Vergleich mit nicht lebenden Körpern hervor. Nehmen wir einen Alaukrystall, den wir in eine Alaulösung legen. Er nimmt neuen Stoff auf, der sich ihm anlagert, er vergrößert sich. Man könnte das mit Ernährung und Wachstum vergleichen. Allein der Kristall bleibt immer derselbe. Es findet keine stoffliche Veränderung statt, aber er zeigt auch keine Lebenserscheinungen, er bildet weder aus sich andere äußere Formen (Organe), noch kann er sich fortpflanzen und selbsttätig neue Kristalle erzeugen, deshalb haben auch die neueren Beobachtungen von Mineralogen über sogenannte lebende Kristalle für das Verständnis physiologischer Vorgänge keine irgendwie maßgebende Bedeutung. Die angebliche äußere Ähnlichkeit mit gewissen Wachstumsformen von Pflanzengebilden sind ebensosehr bloß äußerlicher Art, wie bei den Nachbildungen, welche ein Künstler erzeugt. Wir erkennen in dem Stoffwechsel, dem Wiederabbau der selbstgebildeten oder aufgenommenen plastischen Nährstoffe eine wichtige Quelle der treibenden Kräfte, welche das Leben ausmachen. Mittelbar oder unmittelbar hängen doch alle Lebenserscheinungen von der Aufnahme der Nahrung und vom Stoffwechsel ab. Insofern weichen auch die chlorophyllfreien Pflanzen nicht von den chlorophyllbegabten ab, denn auch bei jenen wird mit der

Nahrung die gleiche Energiequelle eingeführt, die die Chlorophyllpflanzen sich durch ihre selbsttätige Synthese verschaffen.

Wenn wir uns nach einer Energiequelle umsehen, die außer dem Stoffwechsel und der Atmung von Bedeutung ist, so wäre zunächst die Wärme ins Auge zu fassen.

Der Pflanze strömt von der Sonne außer den Lichtstrahlen in den günstigen Jahreszeiten und Klimazonen Wärme in Menge zu, allein wir wissen eigentlich so gut wie nichts darüber, ob diese Wärme zu Arbeitsleistungen benutzt wird. Bekanntlich fühlen sich die Pflanzen auch im Sonnenschein kühl an, weil sie sich durch ihre Verdunstung abkühlen, aber auch wenn sich Pflanzen merklich erwärmen, wie etwa in Wüstengebieten, so fragt es sich, ob die Wärme in irgendwelche Arbeit umgesetzt wird. Es wird auch bei inneren Vorgängen in der Pflanze Wärme frei, in meßbarer Weise bei der Atmung. Es spricht diese Abgabe von Wärme nach außen nicht für ihre Verwendung als Betriebsmittel. Daß die meisten Lebensvorgänge eine gewisse Temperaturhöhe verlangen, um günstig zu verlaufen, ist bekannt, aber das ist eine andere Frage.

Energetische Wirkungen treten bei der Pflanze in ausgesprochenem Maße als Wachstum hervor. Es ist noch lange nicht völlig aufgeklärt, wie das Wachstum der Zellen und durch dieses das Wachstum der Organe zustande kommt, doch ist es wahrscheinlich, daß osmotische Kräfte, deren Effekt in der Zelle man als Turgor bezeichnet, entweder mitwirken oder maßgebend für das Wachstum sind. Zweifellos ist das Wachstum eine Lebenserscheinung und wird vom Protoplasma beherrscht, denn in sauerstofffreiem Raum, wo das Leben gehemmt wird, hört das Wachstum auf, obwohl der Turgordruck bestehen bleibt. Dieser allein kann also nicht mechanische Ursache des Wachstums sein. Aus diesem Grunde ist es schwierig, schon eine befriedigende Theorie des Wachstums aufzustellen. Wesentlich beim Wachstum einer Zelle, gleichviel von welcher Form sie ist, ist

das Wachstum der Membran, welche ihren Raum begrenzt. Man kann sich das Wachstum der Zellhaut, durch welches der Zellraum vergrößert wird, vielleicht so vorstellen, daß das Protoplasma die Membran zunächst in ihrer Kohäsion verändert, sie in einen dehnbaren Zustand versetzt, daß dann der Turgor diese erweichte Membran ausdehnt und die Dehnung nun durch Einlagerung von Zellulosemolekülen oder Micellen, wieder durch Vermittlung des Protoplasmas fixiert wird. So vergrößert sich die Zelle und wenn dieser Vorgang Zellkomplexe, also Gewebe oder Organe betrifft, so müssen auch diese sich durch das Wachstum der Zellen im ganzen verändern. Bei diesen Vorgängen wäre also keine chemische Energie beteiligt. Wenigstens hat es den Anschein.

Eine große Lücke in unserer Erkenntnis ist der gänzliche Verzicht auf eine Einsicht in die Energiewirkungen, welche bei der Hebung des Wassers in den Bäumen auftreten müssen. Die früher dafür in Anspruch genommenen Wirkungen des sogenannten Wurzeldruckes, des äußeren Luftdruckes, der Kapillarität und der Imbibition der Zellwandungen können, wegen unzureichender Leistungsfähigkeit ebensowenig in Betracht kommen, wie die vorausgesetzte Mitwirkung lebender Zellelemente im Holz, über die ebenfalls die Tatsachen noch unsicher erforscht sind.

Auch der Transport der Nährstoffe, der natürlich Energie verlangt, ist noch wenig aufgeklärt, obwohl eine Stoffwanderung in den Geweben der Pflanzen immerfort stattfindet. Denn das ergibt sich aus der Tatsache, daß die Stoffe an anderen Orten entstehen, als wo sie später gefunden werden. Wenn auch der Austausch von Stoffen, in Zellen durch die Membran- und Plasmahaut hindurch feststeht, was namentlich durch Pfeffer's Untersuchungen über Aufnahme von Anilinfarbstoffen in Zellen demonstriert wurde, und wenn hier überall osmotische Wirkungen vorliegen, so ist doch im ein-

zeln des Transport der Kohlehydrate, Eiweißstoffe und anderer Pflanzenstoffe nach der energetischen Seite noch wenig aufgeklärt.

Daß erhebliche Energiwirkungen durch Pflanzen sich auch in der Außenwelt zeigen können, geht aus verschiedenen leicht auffallenden Tatsachen hervor.

Wenn eine Wurzel in den festen Boden eindringt, so hat sie ganz beträchtliche Widerstände zu überwinden. Sie muß die festen Bodenteilchen beiseite schieben und wenn es sich um einen lockeren Sandboden handelt, so geht das noch leichter vor sich, als in einem Lehmboden von stärkerer Kohäsion. Die Wurzel leistet nicht nur in ihrem Wachstum, sondern daneben auch durch Beseitigung äußerer Widerstände eine Arbeit. Daß diese Arbeit nicht unbedeutend ist, geht schon daraus hervor, daß die Keimwurzel einer Bohne in Quecksilber hineinwachsen kann, welches $15\frac{1}{2}$ mal schwerer ist als Wasser, und welches die wachsende Wurzel verdrängen muß. Man kann auch durch eine solche Wurzelspitze ein kleines Gewicht heben lassen, indem man sie in eine an einem Faden hängende Kapsel hineinwachsen läßt, während das andere über eine Rolle laufende Fadenende das Gewicht trägt. Es sind Versuche angestellt worden, Wurzeln in Würfel von plastischem angetrocknetem Ton hineinwachsen zu lassen. Die Wurzeln drangen mit ihrer wachsenden Spitze in den Ton ein. Zum Vergleich der dabei geleisteten Arbeit diente die Beobachtung, daß ein eiserner, der Wurzel ähnlich geformter Stab einer Belastung mit 100—115 g zuweilen 120—140 g bedurfte, um den Widerstand des Tons zu überwinden. Danach konnte also die zarte Keimwurzel einen ähnlichen relativ großen Widerstand überwinden.

Natürlich hat diese Wirkungsfähigkeit ihre Grenze. Wird ein Widerstand zu groß, so kann die Wurzel ihn nicht mehr überwinden und hört dann zu wachsen auf. Doch vermag eine Wurzel solchen Widerständen gegenüber bis zu einem ge-

wissen Grade ihren Druck nach und nach zu steigern. Die Energie wird wesentlich durch die Turgorkraft geliefert, welche das Volumen der Gewebe vermehrt und damit die Druckwirkungen steigert. Eine Wurzel kann aber auch einen Widerstand im Boden durch verändertes Wachstum umgehen, indem sie ausbiegt, aber wenn dies unmöglich ist, so kommen immer Druckwirkungen zustande, um das Hindernis beiseite zu schieben. Durch das Dickenwachstum von Wurzeln wird auch ein Seitendruck ausgeübt, der dazu führen kann, daß feste Widerstände gesprengt werden. Das läßt sich bei Keimwurzeln beobachten, die man mit Gips umgießt. Die Abbildung zeigt die Hebung von Steinblöcken durch eine wachsende Lärchenwurzel. Der Steinblock wurde durch die Wurzeln um 30 cm gehoben, der gehobene Felsblock hatte ein Gewicht von zirka 1400 kg.

Schon das Mitgeteilte ergibt, daß alle Energie, welche in der Pflanze zur Wirkung kommt, von außen stammt und nur wieder in andere bekannte Energieformen umgewandelt werden kann. Daß aus der eingeführten Energie eine besondere, sonst unbekannte Form, die man Lebenskraft genannt hat, entstehen könne, ist ausgeschlossen. Eine solche Voraussetzung ist wohl wesentlich daraus entstanden, daß im pflanzlichen Organismus der zweckmäßige Ablauf aller Lebensvorgänge, wie man sagt, durch „Selbstregulierung“ geleitet wird. Für diese Selbstregulierung glaubte man eine besondere innere Kraft voraussetzen zu müssen. Wir kennen aber an unseren Maschinen auch Selbstregulierungen, die nur dadurch zustande kommen, daß gewisse mechanische Bewegungen bei einer gewissen Intensität andere antagonistische auslösen. Das geschieht aber nur durch die gleichen in der Maschine bei deren Arbeit wirkenden Kräfte. Die Tätigkeit der Spaltöffnungen auf den Blättern und anderen Organen, welche den Austausch der Gase besorgen, gibt ein vortreffliches Beispiel, wie solche sogenannte Selbstregulierung rein mechanisch zu erklären ist.

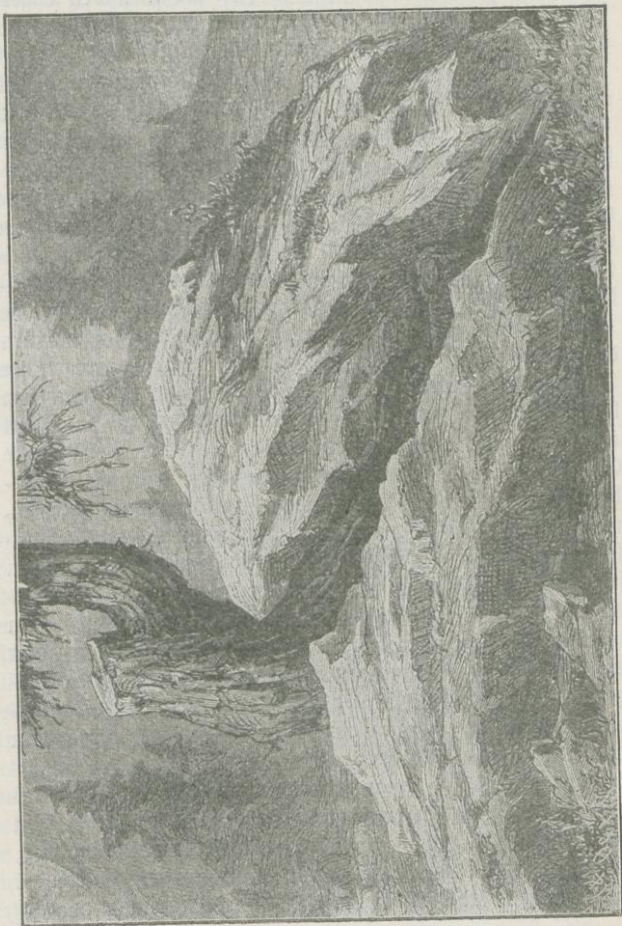


Fig. 33. Hebung eines Felsblodes durch den Druck einer wachsenden Lärchenwurzel. (Nach Reimer.)

Die Spaltöffnungen sollen sich zur Zeit der intensiven Tagesbeleuchtung öffnen, wo die Aufnahme der Kohlensäure für die Stärkesynthese und die Abgabe des Wasserdampfes bei der Transpiration erfolgen müssen. Die Spaltöffnungen tun das auch, sie öffnen sich bei Licht und schließen sich bei Dunkelheit, wo die beiden genannten Prozesse aufhören und aufhören sollen. Das erscheint als eine zweckmäßige, zunächst nicht begreifliche Selbstregulierung. Sie wird auf folgende Weise mechanisch in Gang gesetzt. Die Spaltöffnungen enthalten wie die darunterliegenden für die Tätigkeit im Licht bestimmten chlorophyllhaltigen Gewebe ebenfalls einige Chlorophyllkörner. Wird ein Blatt beleuchtet, so beginnt zunächst die Photosynthese in den Schließzellen der Spaltöffnungen. Dadurch wird Zucker gebildet und das osmotische Vermögen der Schließzellen vergrößert. Ihr Turgor vermehrt sich durch den hydrostatischen Druck, ihre Form wird verändert und der Spalt öffnet sich und gewährt zur rechten Zeit der Kohlensäure Eintritt zu dem Assimilationsparenchym. Hört die Tagesbeleuchtung auf, so sollen sich die Spaltöffnungen schließen, nicht nur, weil die Assimilation aufhört, sondern weil die Transpiration, die mit der Assimilation in Beziehung steht, aufhören soll, um keine schädlichen Nebenwirkungen zu veranlassen. Wiederum folgen die Schließzellen dieser Forderung durch rein mechanische Innenvorgänge, indem beim Aufhören ihrer eigenen Zuckerproduktion der osmotische Druck in den Schließzellen sinkt, sie deshalb Wasser an die umgebenden Epidermiszellen abgeben, dadurch wiederum ihre Form verändern und den Spalt schließen. Wäre die Tätigkeit der Spaltöffnungen nicht so genau untersucht, so könnte ihr exaktes und zweckmäßiges Zusammenarbeiten mit einem Gewebe von ganz anderer Aufgabe, nämlich dem Assimilationsparenchym, als eine Folge von rätselhaften Lebenskräften erscheinen. Wenn nicht überall im Organismus die Selbstregulierung me-

chanisch zu verstehen ist, so liegt das an der unendlich viel größeren Kompliziertheit des organischen Apparates gegenüber einer Maschine. Alle Vorgänge, welche neben und durcheinander im Organismus verlaufen, können doch nur eine Art ursächlichen Zusammenhang haben und nicht auch noch von offkultur Lebenskraft beherrscht werden. Die Gesamtheit der im Protoplasma versteckten energetischen Verknüpfungen bezeichnet man wohl auch vorläufig als inneren Kräftekomplex, womit aber nur eine unbekannte, aber nicht heterogene Größe angedeutet wird. Es ist auch für das Verständnis mancher physiologischen Erscheinungen nicht unbedingt nötig, alle molekularen Verhältnisse zu kennen. Für manche Fälle reichen theoretische Vorstellungen vorläufig eben so aus, wie in der Chemie, wo man auf Sichtbarmachung der Molekularbewegungen ganz verzichtet und sie dennoch in der Gewalt hat, um chemische Verbindungen herzustellen.

Die Reizvorgänge.

Die Formen der Energie, welche in der Pflanze zur Wirkung kommen, sind, wie aus dem Vorhergehenden hervorgeht, nicht sehr mannigfaltig. Man sollte daher erwarten, daß auch die Arbeitsleistung der Pflanze einfach und übereinstimmend sein müßte. Das ist aber nicht der Fall und die Ursache dieser Mannigfaltigkeit liegt in den überaus wechselnden Formverhältnissen der Pflanze. Es kommt eben ganz darauf an, auf welche Strukturverhältnisse die Energien einwirken. Das ist ja auch bei Maschinen ähnlich. Durch dieselbe Spannkraft einer Feder kann man ein Uhrwerk treiben, ein Gewicht bestimmen oder ein Geschloß abschießen und so sind denn nach der allgemeinen Kenntnis der treibenden Kräfte doch immer wieder die Formverhältnisse der Pflanzen und ihrer Organe der wichtigste Bestandteil der Wissenschaft vom Leben. Aber Formverhältnisse und Energien können auch vorhanden sein, ohne