

# „Wille“ und „Intelligenz“

in den

## Lebensäusserungen der Pflanzen

Von

Professor Dr. Mæule.

Wissenschaftliche Beilage zum Programm des Kgl. Gymnasiums  
in Stuttgart-Cannstatt. 1911.



Druck der Buchdruckerei Paul Gmähle, Cannstatt.

1911.

1911. Programm Nr. 825.



9st  
50 (1911)

825





Der mechanischen Betrachtung des Lebens, welche in den Lebensäusserungen der Organismen nichts anderes zu erblicken vermag als physikalische oder chemische Vorgänge komplizierter Natur, sind im Verlauf der letzten Jahrzehnte Gegner in immer grösserer Zahl erstanden. Trotz des Vorwurfs der Unwissenschaftlichkeit, der gegen die Annahme einer besonderen, nur in dem lebenden Organismus wirkenden sogenannten Lebenskraft erhoben wurde, nachdem der „seichte Vitalismus“ Jahrzehnte lang jeden Fortschritt der Biologie aufgehalten hatte, fanden sich immer wieder Physiologen, welche als letzten Schluss ihrer Forschungsergebnisse es aussprachen, dass der Mechanismus allein den Schlüssel zur Lösung der Lebensprobleme nicht besitze. Schon Wigand (1. Seite 250\*) weist darauf hin, dass wir nur den Mechanismus in der Natur, nicht aber das Leben begreifen können, und Nägeli hat zur Zeit der Blüte des Mechanismus sich dahin geäussert (2. Seite 580), dass die Bildung von Zellen, das Wachstum der Organismen, die Fortpflanzung, die Vererbung der Merkmale nie mit aller Strenge sich als das notwendige Ergebnis von bekannten Kräften und Bewegungen der Atome und Moleküle darstellen lassen. Nägeli ist in seiner Ausdrucksweise sehr vorsichtig; kühner wagt sich schon Kerner von Marilaun hervor, wenn er in seinem gemeinverständlichen Werk „Pflanzenleben“ (3. Seite 46) keinen Anstand nimmt, „die mit den andern nicht zu identifizierende Naturkraft, deren unmittelbares Angriffsobjekt das

Protoplasma ist, und deren eigentümliche Wirkungen wir das Leben nennen, wieder als Lebenskraft zu bezeichnen“. Selbst ein so bedeutender Mechanist wie Du Bois Reymond musste die Annahme einer besonderen vitalen Kraft wenigstens für die psychischen Äusserungen des Gehirns als zulässig erscheinen lassen, weil er keine Brücke fand oder sich denken konnte, welche von der Bewegung materieller Teilchen ins Reich des Bewusstseins führt. So wurde der Jahrzehnte hindurch fast unbestrittene Gedanke, die Physiologie erschöpfe sich in der Biochemie und Biophysik, erschüttert, und eine Reihe jüngerer Physiologen suchte die alte Lebenskraft in irgend einer Gestalt und unter verschiedenem Namen wieder in die Wissenschaft einzuführen. Ausschliesslich negative Kritik, der blosser Hinweis auf die mechanistische Erklärung unzugänglichen Lebensäusserungen genügte hiezu aber nicht, es musste auch positive Arbeit geleistet werden. Vor allem war es notwendig, den Fehler der früheren seicht vitalistischen Periode zu vermeiden; die Lebenskraft selber musste tiefer erfasst, von verschiedenen Seiten aus studiert und sozusagen in ihre einzelnen Funktionen zerlegt werden; und dann war noch die zweite, grössere Aufgabe zu lösen, die zahlreichen, bislang noch in Dunkelheit gehüllten physiologischen Fragen unter Zugrundelegung jener verschiedenen Funktionen der Lebenskraft aufzuhellen. Es erscheint begreiflich, dass alle Versuche zur Lösung dieser zweiten, grossen Aufgabe sich vorläufig auf die Grund-

\*) Anmerkung: Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluss.

züge beschränken mussten (vergl. 4. und 5.), während es an neuen Hypothesen über die Wirkungen der Lebenskraft nicht fehlte. In überaus klarer und vorsichtiger Weise haben Driesch (6. und 7.) und Reinke (8. und 9.) ihre Theorien noch an den Mechanismus angeschlossen, indem sie für die neuen Geschehensursachen, welche Driesch Entelechien, Reinke nach dem Vorbild der Physik Systembedingungen oder Dominanten nennt, mechanische Analogien, Parallelen und Bilder nachwies. Ähnlich wie Reinke ist auch Semon (10.) im Prinzip Mechanist und seine Hypothese über die ausschliesslich in den lebenden Organismen wirkende Geschehensursache, die er Mneme nennt, ist daher mechanischer Erklärung nicht ganz und gar unzugänglich. G. Wolff (11.) erkennt die spezifische Wirkung der Lebenskraft in der Zweckmässigkeit der Organismen, welche nicht mechanisch erklärbar sei. Den Versuch Darwins, diese Zweckmässigkeit mechanisch durch die Zuchtwahl oder Selektion zu erklären, hält er, wie alle Vitalisten, für durchaus misslungen. Die Frage von der Beteiligung auch psychischer Faktoren bei der Erreichung der Zweckmässigkeit tritt bei Wolff im allgemeinen in den Hintergrund; die Zweckmässigkeit ist nach ihm als eine Tatsache hinzunehmen, zu deren Erklärung unser Verständnis nicht ausreicht. Schneider bildet mit seiner Myinhypothese (12.) den Übergang zu jener Gruppe von Vitalisten, welche die spezielle Eigenart der organisierten Materie im Psychischen erblicken und welche demgemäss psychische Funktionen oder Qualitäten allen Organismen bis herunter zu den Einzellern, ja sogar auch noch den letzten und feinsten Bestandteilen des lebenden Protoplasmas, den Biomolekülen zuschreiben. Auch Schneider macht den Versuch, ein mechanisch anmutendes Bild von der Arbeit seiner Leistungskerne, seiner Assimilatoren und Ergatiden zu machen und so ein Verständnis der von ihm den Zellen zugeschriebenen vitalen Energien zu ermöglichen.

Er geht dabei von dem durch die Reizbarkeit geoffenbarten Erregungszustand aus, den er mit Empfindung verknüpft. Die Kenntnisnahme der Vorgänge geschieht durch das Bewusstsein, welches in seiner effektorischen Hälfte zur Willensregung wird; die Willenshandlungen führen zu Apperzeptionen und Assoziationen, welche zusammenwirkend Verstand, Urteilskraft, Vernunft bilden (12. Seite 244 u. f.). So geht Schneider, von Stufe zu Stufe aufwärts bauend, den umgekehrten Gang wie die eigentlichen Psychovitalisten, welche die psychischen Funktionen als beim Menschen bekannt und definiert voraussetzen und sich nun bestreben, entsprechende Funktionen auch bei Organismen mit wesentlich einfacherem Bau, insbesondere auch bei den Pflanzen nachzuweisen.

\* \* \*

Die psychovitalistischen Theorien knüpfen bezeichnenderweise an die Gedanken eines Naturphilosophen. Fechner in seiner *Nanna* hat wohl zuerst von einem Seelenleben der Pflanzen gesprochen. Seinen Spuren folgten unter den modernen Naturphilosophen namentlich Bruno Wille (13.) und Paulsen (14.) Insbesondere der letztere setzt einen „Willen zum Leben“ als Grundlage alles Lebens und aller Entwicklung voraus. Das Bestreben der Organismen, sich zu erhalten und fortzupflanzen sei die Ursache jeglicher Entwicklung. Die Willensbetätigung hinterlasse im Körper vererbare Wirkungen (Dispositionen), und so sei der Aufbau der Organismen gewissermassen erstarrte Willensbetätigung. Diesen Gedanken von dem Willen als Grundeigenschaft der lebendigen Substanz hat der Zoologe Pauly (15.) sowie die Botaniker Wagner (16.) und insbesondere Francé (17.) wissenschaftlich zu begründen und zu einem System aufzubauen versucht. Francé, der Münchener Botaniker, ist vor allen andern ein bekannter und typischer Vertreter des Psychovitalismus. Er hat in einer Reihe von Werken wissen-

schaftlicher und gemeinverständlicher Natur (siehe die Zusammenstellung 17. Seite 102/103) mit grosser Sprachgewandtheit und ehrlicher Begeisterung den Nachweis zu erbringen sich bemüht, dass gerade das Wesentliche und das Charakteristische an den Lebensvorgängen der Pflanzen auf mechanische Weise unerklärt bleibe. Eigene Untersuchungen, wie die vieler anderer Pflanzenphysiologen von Darwin und Nägeli an bis zu Wiesner, Haberlandt, Vöchting, Winkler haben Francé zu der Annahme gebracht, dass die regulierende Lebenskraft psychischer oder seelischer Art sei. Die Psyche der Pflanze ist für ihn dabei von derselben Qualität wie die des Menschen, wenn auch graduell verschieden. „Die Seele“, sagt er (18. II. Seite 333), „ist mir vorläufig nichts anderes, als ein Sammelname für jene Vorgänge, die sich nach Art der menschlichen Handlungen abspielen“. Es wäre müssig darüber zu streiten, ob dieser Name passend oder unpassend gewählt ist, da in der Anwendung die Pflanzenpsyche bei Francé weit mehr als ein blosser Name ist; in der Praxis seiner Erklärungen ist sie durchaus eine Causa, eine wirkende Ursache, über deren Wirkungsweise Francé an verschiedenen Stellen sich verschieden ausspricht. Bald ist seine Ausdrucksweise vorsichtig und zurückhaltend, und es handelt sich nur um einen „durchaus nach psychischen Analogien (Wahrnehmung, Strebung, Wahlfähigkeit, Handlungsfreiheit und Beschränkung auf gegebene Mittel) wirkenden Faktor“ (17. Seite 59); bald sind es psychische Energien, über welche die Pflanze verfügt (18. II. Seite 408); oder er geht etwas ins Spezielle und definiert das Psychische mit Wagner als Bedürfnisempfindung, die urteilsmässig befriedigt wird (17. Seite 54). Francé erkennt an, dass „der geringen Entwicklung entsprechend, der Vorstellungskreis, also der „Inhalt der Pflanzenseele“ nur höchst beschränkt sein kann“ (18. II. Seite 443), dass Zellenseele und Menschenseele sich so verhalten, wie das

Infusorium zum Menschenleib (19. Seite 44), dass wir uns die Zellenseele gar nicht einfach genug vorstellen können (19. Seite 45); aber doch umfasst der Inhalt der Pflanzenseele Raum- und Zeitvorstellungen, subjektives Gefühl, einfache Assoziationen und dadurch bedingt auch Urteil und Gedächtnis (18. II. Seite 444). Sogar noch höhere Funktionen äussert die Pflanzenseele, wie sie uns Francés Pflanzenleben enthüllt. „So darf ich“, sagt er (18. II. Seite 125) „meine Überzeugung aussprechen, dass der Tag kommen wird, an dem man der Pflanze Urteilskraft zuschreiben wird, die allein die Ursache und Lenkerin all ihrer inneren und äusseren Anpassungen ist“; oder (18. II. Seite 249): „So verbindet sich sinnliche Erfahrung mit logischer Notwendigkeit, um uns die Behauptung mit ruhigem Gewissen wagen zu lassen, dass der Geotropismus eine Intelligenzáusserung der Pflanzen . . . . sei“; ferner (18. II. Seite 247): „Die Tropismen sind Instinktsäusserungen, die wahre Ursache dieser Reizbarkeiten sind „Eigenwilligkeiten“ der Pflanzen“; oder: „Nicht nur der Schwerkraft gegenüber verhält sich die Pflanze in so intelligenter Weise“ (18. II. Seite 243). In seinen wissenschaftlichen Werken will Francé die Pflanzenseele nur als Arbeitshypothese einführen, er deutet auch ab und zu durch Anführungszeichen an, dass er in Metaphern spricht und den eine psychische Funktion bezeichnenden Ausdruck nicht in seiner eigentlichen Bedeutung genommen wissen will; (vergl. z. B. „im embryonalen Gewebe um die Vegetationspunkte scheinen bei den höheren Pflanzen die „Intelligenzzentra“ zu liegen“ (17. Seite 54). In seinen gemeinverständlichen Werken aber fehlt jeder Hinweis auf den hypothetischen Charakter der psychischen Funktionen. Nach 19. Seite 65, ist die seelische Befähigung und Betätigung der Zelle keine Versuchshypothese, keine mögliche, diskutabile oder wahrscheinliche Annahme mehr, nein sie ist eine Gewissheit. Francé spricht von einer zwecktätigen Willenshandlung einer

Zelle (19. Seite 64), von Wahlfreiheiten der Zelle (19. Seite 31), von Erfindungskraft (19. Seite 81), und das Liebesleben der Pflanzen ist nach ihm beherrscht von gegenseitiger Hilfe und Intelligenz. Über eine der wichtigsten Funktionen der menschlichen Psyche, über das Bewusstsein, sagt Francé (18. I. Seite 335): „Damit (mit der Annahme, die Ranken wenden sich stets dorthin, wo sie eine Stütze finden) wäre doch dem Gewächs ein Wahrnehmungsvermögen, ja eine Art von Wille zugeschrieben, also seelische Eigenschaften, Fähigkeiten, die man sich nicht ohne die gleichzeitige Annahme von Bewusstsein denken kann. Andererseits ist (17. Seite 97) die Bewusstseinsfrage für das Wesen der ganzen Sache irrelevant. «Ich wiederhole, dass ich diese Frage (ob die Pflanzen bewusst oder unbewusst handeln) heute noch nicht für spruchreif halte»; ebenso (18. II. Seite 445): „Die psychische Teleologie steht fest, auch ohne dass man in der Bewusstseinsfrage endgültig Stellung zu nehmen braucht“.

Wenn man alle diese Zitate miteinander vergleicht, so wird wohl das eine sich ergeben, dass ein klares Bild von dem, was Francé unter der Pflanzenseele versteht, nicht zu gewinnen ist. Sie werden meist erst verständlich, wenn man sie in anthropomorphem Sinn deutet; dann aber drängt sich sofort auch die Wahrnehmung auf, dass Francé alle diese anthropomorphen Ausdrücke mit einem speziellen, vom gewöhnlichen abweichenden Inhalt erfüllt. Hie und da deutet er das wohl selber an, aber man wird ein Gefühl der Unsicherheit allen diesen, psychische Fähigkeiten bezeichnenden Ausdrücken gegenüber nicht los, und meist wäre es besser gewesen, den in Anführungszeichen stehenden Ausdruck durch einen solchen zu ersetzen, der nicht in Metaphern, sondern klar und deutlich dartut, welche psychische Funktionen im einzelnen Fall den Pflanzen zugeschrieben werden.

Will man genau sehen, wohin dieser, von Francé immerhin noch mit einiger Vorsicht be-

schrittene Weg der durch Analogieschlüsse vom Menschen auf die Pflanzen übertragenen seelischen Funktionen führt, so muss man das Buch M. Maeterlincks (20.) zur Hand nehmen, das zwar keine fachwissenschaftliche Bedeutung hat, aber immerhin neben seinen literarischen doch auch naturwissenschaftliche Tendenzen verfolgt. Maeterlinck will, wie er selber sagt, an naturwissenschaftliche Tatsachen erinnern. Der Titel schon „Die Intelligenz der Blumen“ besagt, von welchem Standpunkt aus in diesem Buch die Blütenbiologie behandelt wird. Dementsprechend finden wir auch fast auf jeder Seite Ausführungen, in welchen die Pflanzen als beseelte Wesen dargestellt werden, begabt mit allen psychischen Funktionen des Menschen. „Ich habe nicht die Absicht, alle Beweise von Intelligenz, die uns die Pflanzen geben, zu wiederholen“ (Seite 1.); „es ist keine (Pflanze) vorhanden, die ohne jede Klugheit und Erfindungsgabe wäre; alle haben den prächtigen Ehrgeiz, die Erdoberfläche zu erobern“ (Seite 1); „darum weiss die Pflanze auch besser wie wir (Menschen), wogegen sie sich zuerst aufzulehnen hat“ (Seite 3); „der dicke Kopf des Mohns besitzt eine Voraussicht, eine Klugheit, die das grösste Lob verdient“ (Seite 5); „man findet ebenso viel Intelligenz in den Niederungen, wo die Pflanze sich kaum vom Stein oder Schlamm unterscheidet“ (Seite 11); „das Spiel der Sporen beim Pilz und Farnkraut ist von einer Feinheit und Genialität ohne gleichen“ (Seite 12); „das italienische Leimkraut hat sein Denken in anderer Richtung betätigt“ (Seite 19) . . . u. s. w. Zweifellos gibt Maeterlinck wunderbar anmutende, duftige, zarte und poetische Beschreibungen der blütenbiologischen Vorgänge und viele seiner psychovitalistischen Ausdrücke sind nichts anderes als das poetische Gewand, welches der Beschreibung Farbe und Leben geben soll; aber auch bei Maeterlinck ist es unmöglich, die bestimmte Grenzlinie zu ziehen, wo die Intelligenz der Blumen als poetisches Bild aufhört und wo sie als wirkende

Ursache beginnt. Ich will nur eines erwähnen: Es ist mir nirgends klar geworden, was Maeterlinck eigentlich für intelligent hält; bald ist es die Blüte, bald die Pflanze, bald die Art, bald das Leben, bald die Natur. Wohl darf der Dichter seine Bilder nehmen wie und wo er will, aber auch bei ihm ist Klarheit und Verständlichkeit eine edle Tugend und doppelt notwendig, wenn er sich die Verbreitung wissenschaftlicher Tatsachen zum Ziele gesetzt hat.

Diese Möglichkeit eines beständigen Spiels mit der sinnbildlichen und eigentlichen Bedeutung macht alle der Psychologie des Menschen entstammenden Ausdrücke für die Erklärung pflanzlicher Lebenstätigkeiten ungeeignet, sobald es sich um etwas anderes als das blosses Beschreiben der Vorgänge handelt. Vorzuziehen ist auf alle Fälle eine besondere Terminologie, wie sie Semon durchgeführt hat, dessen Gedanken wir nun etwas näher zu treten haben.

\* \* \*

Im Jahre 1871 hat E. Hering (21.) allen lebenden Organismen dem menschlichen Gedächtnis analoge Fähigkeiten zugeschrieben. Bald darauf hat auch Haeckel (22.) den kleinsten Teilchen der lebenden Substanz ein unbewusstes Erinnerungsvermögen zuerkannt; wissenschaftlich bis in die Einzelheiten durchgeführt und zu einem System aufgebaut wurde dieser Gedanke aber erst durch R. Semon (23.), der bei seinen Ausführungen durchaus auf mechanistischem Standpunkt steht, während F. Darwin (24.) ähnliche Ideen auf psychischer Grundlage entwickelt und den Organismen ein „unbewusstes Gedächtnis“ als niederste psychische Fähigkeit zuerkennt. Die grosse Bedeutung des Semon'schen Werkes liegt nicht nur in der liebevollen Sorgfalt, mit welcher der Verfasser jeder Einzelheit nachgeht, sondern vor allem in der klaren Erkenntnis, dass die anthropomorphe Form der Darstellung biologischer Vorgänge, namentlich solcher teleologischer Natur, das wahre Erkennen

nicht fördert, sondern erschwert. Er hat daher zur Darstellung seiner Gedanken eine ganz neue, auf den ersten Anblick vielleicht befremdende, aber durchaus zweckmässige Terminologie geschaffen. Semon, um seine Grundgedanken kurz zu wiederholen, nimmt an, dass jede Änderung des dynamischen Gleichgewichtszustandes, den wir Leben nennen, auf den Organismus als Reiz einwirkt, dass jeder Reiz in der lebenden Substanz eine Spur zurücklässt, welche unter Umständen wieder allmählich verschwindet, welche aber auch, namentlich wenn der Reiz sich in derselben Weise öfters wiederholt, verstärkt und dadurch zum Engramm werden kann. Diese Engramme bilden einen wenn auch vorläufig noch latenten Besitz des Organismus; unter Umständen, durch äussere (oder innere) Ursachen veranlasst, können die Engramme wieder ausgelöst oder ekphoriert werden. Die Engramme sind vererbbar und können in den nachkommenden Lebewesen nach einem sekundären Indifferenzzustand oder einer weiteren Latenzphase aufs neue ekphoriert werden. Die Gesamtheit der vererbten Engramme bilden die Disposition oder Anlage, welche nun das einzelne Individuum durch neue Engramme vermehren bzw. verändern kann. Sind zum Zustandekommen einer Gesamthandlung eine Reihe solcher Engramme zu ekphorieren, so kann das nur in der ursprünglich eingeübten Reihenfolge geschehen, kein Glied der Kette kann übersprungen werden, ebenso wenig ist es möglich, die Engrammreihe rückwärts zum Ablauf zu veranlassen. Diese Eigenschaften, zusammengefasst unter dem Namen „Mneme“, bestimmen also in der Hauptsache den Verlauf physiologischer Vorgänge; die äusseren Faktoren wirken nur auslösend; ist die Auslösung erfolgt, so wird der Vorgang automatisch reproduziert, wie die Melodie einer Spieluhr. Über die Natur der mnemischen Engramme spricht sich Semon nicht aus; möglicherweise haben sie eine stoffliche Grundlage ähnlich den Gedächtniskörnern Schneiders (12.

Seite 260). Vorläufig, so lange bei den unorganischen Stoffen nichts Entsprechendes bekannt ist, gehört die Mneme zu den vitalistischen Hypothesen. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass sie später noch den mechanistischen Methoden der Erklärung vitaler Vorgänge sich anreihet. Unter Zugrundelegung der Mneme nun, dieser genau definierten psychischen Funktion, erscheint es auch möglich, den alten Begriff des Instinktes neu und klar zu fassen und auf die Pflanzen zu übertragen. Bei den Vitalisten ist dieser Begriff immer verbunden mit dem andern eines zweckmässigen Handelns. So haben die Naturphilosophen zum Teil den Instinkt schlechthin als zweckmässiges Tun definiert; bei Kerner von Marilaun ist der Instinkt eine unbewusst zweckmässige Arbeitsleistung des lebenden Organismus (3. I. Seite 47); Francé definiert ihn fast mit denselben Worten (18. II.) als die unbewusste Fähigkeit, zweckmässig zu handeln, während er die bewusste Nachahmung zweckmässiger Handlungen als Verstand bezeichnet. An einer anderen Stelle (17. Seite 91), offenbar unter dem Einfluss Semons, nennt Francé die Instinkte mnemisch reproduzierte, einsterlernte zweckhafte Handlungen. K. Schneider setzt auch die Zweckmässigkeit voraus, unterscheidet aber (12. Seite 262) zwischen Reflexhandlungen (durch äussere Reize ausgelöste, primär unbewusste Handlungen) und zwischen den eigentlichen Instinkten, welche nach ihm nur durch innere Reize ausgelöst werden, während Wundt die individuellen Triebhandlungen bei allen Instinkten auf teils äussere, teils innere Empfindungsreize zurückführt. Definieren wir nun im Anschluss an Semon und in Übereinstimmung mit vielen neueren Physiologen den Instinkt als die Summe oder die Gesamtheit der vererbten Engramme, so entfällt einmal die Voraussetzung der Zweckmässigkeit und damit auch der Begriff der „irregeleiteten“ Instinkte. Man versteht darunter Instinkthandlungen, welche unter normalen Verhältnissen zweckmässig sind, aber

unter solchen experimentellen Bedingungen ausgeführt werden, dass das sich ergebende Resultat nun unzweckmässig ist. Eine eingetopfte windende Pflanze beispielsweise, welche schon einige Schlingen um ihre Stütze gebildet hat, löst diese Schlingen wieder und windet sich von der Stütze ab, wenn sie umgekehrt, mit der Spitze und der Stütze nach abwärts, aufgestellt wird. Da alle derartige Instinkthandlungen unbewusst, gewissermassen automatisch verlaufen, ist die Bezeichnung „irregeleiteter“ Instinkt unzweckmässig . . . einen Automaten kann man nicht „irreleiten“ . . . und wird in der neueren Literatur durch die bessere Bezeichnung „unzweckmässig wirkende“ Instinkte oder „unzweckmässige Instinkte“ ersetzt. Solche, unter bestimmten experimentellen Voraussetzungen zweckwidrige Handlungen der Organismen sind schon in grosser Zahl beobachtet worden. J. Loeb (25) hat sie zusammengestellt und auch gezeigt, wie in vielen Fällen umgekehrt willenlose Zweckhandlungen auf einfache und begreifliche Ursachen zurückzuführen sind. Auf die psychovitalistische Annahme von einem Willen und einer Intelligenz der Pflanzen werfen derartige unzweckmässige Instinkte ein eigentümliches Licht; die Pflanzenpsychologen gehen meist darüber ziemlich kurz weg oder sie sprechen von der in solchen Fällen siegenden Macht der Gewohnheit; Francé hält sogar „die mannigfachen Dummheiten, die sich im Leben der Pflanzen finden“, für ein hauptsächlichliches Kennzeichen der Pflanzen- und Zellenseele (18. II. Seite 442).

Die Definition des Instinkts auf Grundlage der Mneme hat noch einen weiteren Vorzug; sie ermöglicht ein sicheres Urteil über die wichtige Frage, ob Instinkte unveränderliche, konstante Eigenschaften der Art, oder ob sie veränderlich sind. Francé hält die Instinkthandlungen für nicht individuell variierbar (18. Seite 91); Vöchting dagegen sagt (32. Seite 142 Anmerkung): „Es scheint eine nicht selten ge-

hegte Ansicht zu sein, dass zu dem Begriff des erblich Erworbenen auch der des Festen und Unveränderlichen gehört. Einer solchen Auffassung würde jedoch jede Stütze fehlen. Auch die anerkannt von den Eltern überkommenen wichtigsten Formeigenschaften offenbaren sich nur unter normalen, günstigen Lebensbedingungen“. Diese relative Unveränderlichkeit unter normalen Umständen und die mehr oder weniger grosse Veränderlichkeit unter unnormalen Umständen erscheinen vom mnemischen Standpunkt aus leicht verständlich. Wir können uns nicht denken, dass die Instinkte etwas absolut Unveränderliches seien; auch kann nach den Ergebnissen der Tierzucht in den letzten Jahren nicht mehr geleugnet werden, dass erworbene Eigenschaften in gewissen Fällen vererbbar sind. Dagegen erscheint es begreiflich, dass jedes Individuum seinen Vorrat an Engrammen vermehrt und vertieft, kurz verändert. Wenn auch die neu erworbenen Engramme eine Zeit lang noch latent bleiben mögen, so kann doch die engrammatische Wirkung allmählich gesteigert werden, bis sie durch Vererbung übertragbar und zum Instinkt geworden sind. Engramme oder Instinkte aber, welche durch viele Generationen hindurch immer wieder aufs neue ekphorisiert wurden, sind allmählich so vertieft, dass sie nur schwer in andere Bahnen zu lenken sind. Instinkthandlungen, welche durch die alltäglichen, lebenswichtigen Einflüsse auf die Pflanze (Schwerkraft, Licht, Feuchtigkeit u. s. w.) ekphorisiert werden, können daher kaum, jedenfalls nicht in einer einzigen Generation verändert werden; sie sind individuell nicht veränderlich. Die normalen, günstigen Lebensbedingungen, von denen Vöchting spricht, sind eben die äusseren Reize, welche zum Ekphorieren und zum normalen Abklingen der Engramme notwendig sind; unterbleiben sie, so kann die Entwicklung andere Bahnen einschlagen, wie die im Dunkeln auswachsenden grundständigen Blattrosetten an *Sempervivum*arten und

anderen Trockenpflanzen zeigen; oder das Engramm läuft nicht vollständig ab; die Entwicklung bleibt auf einer Jugendform stehen, wie Göbel an einer Sumpfpflanze, *Limnophila heterophylla* gezeigt hat. Bei guten vegetativen Bedingungen, als Landpflanze, bildet sie die „Folgeform“ mit ganzen Blättern, während sie unter ungünstigen Bedingungen (als Wasserpflanze) nur die Jugendform mit geteilten, zerschlitzten Blättern ausbildet. (Siehe 17. Seite 51.)

So wirft also Semons Hypothese von der Mneme und ihrer Wirkung auch auf die Instinkte der Pflanze und ihre Regulierung überraschende Lichter: Wenn wir in der Folge von Instinkten sprechen, verstehen wir darunter immer solche mnemisch fixierte, vererbare Eigenschaften des Organismus.

\* \* \*

Der Versuch, Wille und Intelligenz in hypothetischer Weise als psychische Eigenschaften der Pflanzen einzuführen, stösst auf verschiedene eigentümliche Schwierigkeiten. Zunächst müssen wir ganz davon absehen, den Willen etwa wie die Philosophen Schopenhauer und E. von Hartmann als selbständige Ursache, als ein an sich unbewusstes Wirken einzuführen, oder wie Paulsen (14) den Willen zum Leben als eigentümliches, in den Organismen wirkendes Prinzip, der Erklärung physiologischer Vorgänge zu Grunde zu legen. Wird ein solcher, ausserhalb der Organismen liegender, gewissermassen personifizierter Wille postuliert, der sich nur in den Organismen und durch die Organismen manifestiert, so verliert die Frage nach einem Eigenwillen der Pflanzen jeden Sinn. Für uns kann der Wille nichts Selbständiges, nichts vom Individuum Losgelöstes sein; er muss von einem Individuum als Träger desselben ausgehen. Aber hier treffen wir schon auf die erste der erwähnten Schwierigkeiten. Alle diejenigen Vorgänge, welche als Willenshandlungen der Pflanzen angesehen wurden, sind durchweg nicht etwa spe-

zielle Handlungen eines einzelnen Individuums, es sind Reaktionen, welche der ganzen Art gemeinsam sind; nicht die einzelne Pflanze also, sondern die Art, offenbart das, was man Willen nennen kann. Nun gibt es sicherlich auch einen Willen einer Gemeinschaft von Individuen, den Willen eines Volkes z. B., aber dieser Wille ist nur Resultante aus den Einzelwillen und das Charakteristische für Willenshandlungen ist es eben, dass der Einzelwille gerade die entgegengesetzte Richtung einschlagen kann, als der Gesamtwille. Bei den Pflanzen finden wir nichts dergleichen. Wohl gibt es individuelle Verschiedenheiten in der morphologischen und anatomischen Gestaltung, aber in physiologischer Hinsicht verhalten sich die Individuen derselben Art unter gleichen Untersuchungsbedingungen stets gleichartig oder ähnlich. Und bei den verschiedenen Arten wiederum offenbart dieser Wille stets dasselbe Bestreben, er hat stets dasselbe Ziel; die Erhaltung des Lebens; die Erhaltung des einzelnen Individuums zuerst, dann auch noch die Erhaltung der Art. Letzteres erscheint als das wichtigere. Wo der Kreislauf des Lebens, die Erhaltung der Art, gesichert ist, löscht vielfach der Wille zum Leben beim Einzelindividuum mählich aus, wie die einjährigen Pflanzen deutlich bekunden. So scheint also auch der Wille zum Leben bei der einzelnen Pflanze wiederum nichts anderes zu sein, als der Wille der Art, sich zu erhalten. Noch einleuchtender finden wir eine solche Beschränkung bei der Intelligenz der Pflanzen. Selbst Maeterlinck sagt (20. Seite 16), dass die Intelligenz der Blumen das Streben der Art sei, und dass aller Genius in der Art liege; das einzelne Individuum aber sei nahezu stumpfsinnig. Nun ist der Artbegriff eine Abstraktion, welche nur in Einzelindividuen Realität besitzt, und es ist schwer, sich vorzustellen, wie lauter willenlose, nahezu stumpfsinnige Individuen eine willensstarke Gesamtheit von höchster Intelligenz zusammensetzen können. Es liegt ferner in der fun-

damentalen Bedeutung des Begriffs Wille, dass er sich auch und zwar in erster Linie nach aussen erstreckt. Ostwald sagt vom Willen sogar (26. Seite 413), dass er nur für solche Vorgänge in Betracht komme, bei denen seitens des Lebewesens Energie nach aussen abgegeben werde. Die Willenstätigkeiten der Pflanze aber richten sich mit wenigen Ausnahmen (die Nahrungsaufnahme in manchen Fällen) nur auf sich selber. Das gilt insbesondere auch für die tropistischen Krümmungen. Es wird daher immer möglich sein, zu sagen: Die Pflanze macht diejenige Krümmung, welche sie machen will; da wir aber diese Behauptung in keiner andern Weise auf ihre Richtigkeit hin prüfen können als dadurch, dass wir die Pflanze die Krümmung machen lassen, so ist die Behauptung in dieser Form weder beweisbar noch widerlegbar, das heisst sie ist wissenschaftlich wertlos. Auch die Intelligenz der Pflanzen dokumentiert sich lediglich in solchen Handlungen, welche ausschliesslich für die Pflanze selber zweckmässig sind. Ich glaube wenigstens nicht, dass ein Physiologe in dem eigentümlichen Verhalten der Pflanzen bei der Bildung der Cecidien oder Gallen, welches oft von höchster Zweckmässigkeit für die in den Gallen hausenden Larven ist, eine Wirkung der Intelligenz der Pflanzen erblicken würde.

Eine letzte Schwierigkeit bei der Einführung von Wille und Intelligenz als psychische Eigenschaften der Pflanzen liegt endlich darin, dass bis jetzt fast einhellig diese Begriffe für unlöslich verknüpft mit dem Begriff des Bewusstseins betrachtet wurden. So sagt Ostwald (20. Seite 415): „Es wird für uns der Begriff des unbewussten Willens ausgeschlossen sein; es ist eine sprachliche Willkür, solche Erscheinungen (Zweckmässigkeiten) auch mit dem aus dem Bewusstseinsleben hergenommenen Namen Wille zu bezeichnen“, und Schneider (12. Seite 248): „Unbewusste Willenshandlungen gibt es so wenig, wie unbewusste Empfindungen“; und

Wundt (vergl. 12. Seite 248): „Somit ist der Wille eine Bewusstseinstatsache und uns nur als solche bekannt“. Bei den Psychovitalisten ist aber, wie wir gesehen haben, vielfach auch da von Wille und Intelligenz die Rede, wo die Frage nach dem Bewusstsein verneint oder doch wenigstens offen gelassen wird (17. Seite 97). Die Begriffe Wille und Intelligenz, angewandt auf Probleme der Pflanzenphysiologie, decken sich also keineswegs mit dem, was die Psychologie sonst darunter versteht; sie sind vielmehr nur in wesentlich abgeänderter und daher neu zu definierender Bedeutung auf die Pflanzen übertragen. Das hat auch Francé gefühlt, wenn er (18. II. Seite 413) unterscheidet zwischen der Körperseele, «dem beschränkten, hinfalligen Ding, das sich nie zu komplizierter Tätigkeit emporschwingen kann, sondern mehr in dem tätig ist, was die psychologische Redeweise als Reflexe, Tropismen, Instinkte bezeichnet», und der Gehirnseele, welche erst mit dem Ichbewusstsein und dem Assoziativgedächtnis beginnt; oder wenn er (a. a. O.) das Denken der Körperzellen (auch der unsern Körper zusammensetzenden Zellen nicht nervöser Natur) dem Denken der Gehirnzellen, des spezialisierten Denkorgans, als beschränkt in ihrem Urteil gegenüberstellt. Die Anschauungen und Ausführungen Francés sind aber auch hier nur ein rückwärts Übertragen der Begriffe des menschlichen Seelenlebens auf die Pflanze, deren seelische Eigenschaften „im Prinzip“ denen des Menschen gleichen. Die Begriffe Wille und Intelligenz von der einzelnen Zelle aus deduktiv zu entwickeln, versucht Schneider (12. Kapitel 11), dessen Anschauung wir kurz auseinandersetzen müssen.

Schneider geht davon aus, dass durch den äusseren Reiz das Protoplasma bis herab zu seinen kleinsten Bestandteilen, den Biomolekülen, in einen Erregungszustand versetzt wird. Dieser Zustand ist weder ein chemischer noch ein physikalischer Vorgang, weil sonst (nach der Ansicht Schneiders) eine Zersetzung oder schä-

digende Veränderung am Molekül eintreten müsste. Dieser Erregungszustand wird von den im Sinnesorgan wie in den Nerven und dem Zentralorgan vorhandenen Neurofibrillen zur Empfindung gebracht, so dass also jeder beliebigen nervösen Substanz Empfindungsvermögen innewohnt; wenn aber die Sinneszellen einen Reiz zu empfinden vermögen, so gilt das gleiche für alle lebenden Zellen, auch wenn sie nicht besondere Sinneszellen sind; das heisst, die gesamte lebende Substanz besitzt Empfindungsvermögen, weil die chemischen und physiologischen Eigenschaften des lebenden Protoplasmas im wesentlichen gleicher Art sind. Die Empfindung aber definiert nun Schneider als die Kenntnisaufnahme eines Vorgangs durch das Bewusstsein und daher, folgert er nun weiter, fehlt auch den Biomolekülen das Bewusstsein nicht, wenigstens nicht die einfachsten Bewusstseins-elemente. Der Inhalt des Bewusstseins aber zerfällt in zwei Teile, in die rezeptorische Hälfte (Empfindung, Vorstellung u. s. w.), und in die effektorische Hälfte, die sich als Willensregung dartut. Zwischen Empfindung und Willensregung besteht derselbe kausale Zusammenhang wie zwischen Reiz und Empfindung: Die Empfindung ist das Motiv der Willensregung. Es gibt aber auch Betätigungsreize, welche in der Leistung ontogenetisch angelegter Ergatiden beruhen, so dass also schon die Fähigkeit, eine Funktion ausüben zu können, diese Funktion auslöst und somit Veranlassung zu einer Willensbetätigung ist. Diese Betätigungen der Biomoleküle sind nach ihren Äusserungen zu unterscheiden in solche, welche auf beliebige äussere Substrate wirken und in solche, welche den eigenen Mechanismus des Organismus beeinflussen; erstere sind eigentliche Willenshandlungen, letztere die Apperzeptionen und Assoziationen, welche zu den höheren psychischen Funktionen überführen. Wie man sieht, kommt Schneider auch mehr auf Grund philosophischer Deduktionen als auf Grund naturwissenschaft-

licher Notwendigkeiten dazu, auch den Organismen einfachster Art, sogar den Zellen einen Willen zuzuschreiben, welcher also bei ihm, im Gegensatz zu Francé, an eine einfache Art von Bewusstsein geknüpft ist. Schneider unterscheidet auch im Anschluss an E. von Hartmann zwischen dem Eigen- oder Personenbewusstsein und dem untergeordneten Organbewusstsein, welchem keine oder nur undeutliche Gefühlstöne zugeordnet sind. Ebenso ist nach ihm zu unterscheiden zwischen einem Personenwillen, dem eigentlichen Willen des Sprachgebrauchs und dem Organwillen oder auch Zellwillen. Hier trifft er mit Francé zusammen, der mit seiner Körperseele dasselbe nur durch einen anderen Ausdruck bezeichnet. Bei den Pflanzen, welche besonderer nervöser Organe entbehren, kann natürlich höchstens von einem Organwillen oder Körperwillen die Rede sein. In den Ausdrücken Wille oder Intelligenz der Art haben wir nur anthropomorphistische Redensarten zu erblicken, welche etwas ganz anderes, nämlich die Zweckmässigkeit der mnemischen Instinkthandlungen bezeichnen. Wenn wir also untersuchen wollen, ob die Hypothese eines Willens und einer Intelligenz auf die Pflanzen anwendbar ist, so müssen wir uns dabei auf solche einfachste Willens- oder Intelligenzhandlungen beschränken, welche lediglich auf die Erhaltung des Lebens, die Zweckmässigkeit der ablaufenden Reaktionen hinwirken können.

Machen wir den Versuch, nach den vorstehenden Ausführungen die Aktionen der Organismen hinsichtlich ihrer psychischen Qualitäten in einer Stufenleiter anzuordnen, so kämen zunächst die rein mechanischen Handlungen, welche, wie beispielsweise die hygroskopischen Krümmungsbewegungen, eine Mitwirkung des Lebens überhaupt nicht erfordern; alsdann kämen die mnemisch durchgeführten Handlungen, Reflexe und Instinkte, welche zweifellos nur beim lebenden Organismus anzutreffen sind, aber noch durchaus ohne Bewusstsein verlaufen; an dritter

Stelle kämen die Funktionen der Körperseele, Ausdrücke des Körperwillens, bei denen das Bewusstsein mindestens sehr zweifelhaft ist; am höchsten endlich stehen die Willens- und Intelligenzäusserungen der „Gehirnseele“, welche auf der Grundlage eines besonderen nervösen Zentralorgans mit einem Ichbewusstsein verbunden sind. Wir können dabei, wenn wir uns auf pflanzliche Organismen beschränken, ganz davon absehen, ob die Reflexe ursprünglich unbewusste Handlungen sind oder ursprünglich bewusste Handlungen, welche erst allmählich unbewusst geworden sind (sogenannte unterbewusste Handlungen). So wie sie jetzt verlaufen, sind sie unbewusst und daher den Instinkten anzureihen; ihre eventuelle Entwicklung zu verfolgen und experimentell zu prüfen ist durchaus unmöglich; alle Erörterungen hierüber sind nur auf Vermutungen gegründet, also wissenschaftlich zwecklos. Wir können also Reflexe und Instinkte zusammenfassen und haben sie nun abzugrenzen nach oben und nach unten, gegen die rein mechanischen Vorgänge und gegen die höher stehenden Äusserungen der Körperseele. Die Abgrenzung nach unten ist nicht schwierig; auch die Psychovitalisten gehen nicht so weit, in solchen Vorgängen, welche auch am toten Material sich abspielen können, Äusserungen der Pflanzenpsyche zu erblicken, wenn selbst Francé etwas derartiges andeutet, indem er sagt, dass die tiefer gehende Betrachtung auch in rein physikalisch zustande gekommenen Tätigkeiten, sobald sie nur zweckmässig sind, das Walten der Pflanzenseele, die autonome Zwecktätigkeit der Pflanzen erkenne (17. Seite 35). Dagegen ist es sehr schwer, um nicht zu sagen unmöglich, mnemische Instinkthandlungen und eventuelle Willensäusserungen der Körperseele der Pflanzen sicher gegen einander abzugrenzen. Wie wir schon gesehen haben, bleibt die Möglichkeit immer offen, auch alle Instinkthandlungen als Willensäusserungen der Pflanzen anzusehen. Wir kommen aber nicht weiter, wenn in dem Streit

zwischen Mechanisten und Vitalisten erstere beständig den Nachdruck auf die unzweckmässig wirkenden Instinkte legen, während die letzteren die allgemeine und oft wunderbare Zweckmässigkeit der Instinkthandlungen betonen, diese Zweckmässigkeit als Äusserung des Willens und der Intelligenz der Pflanzen hinstellen und über die unzweckmässig wirkenden Instinkthandlungen kurz weggehen, indem sie vielleicht an dieser Stelle zugeben, dass die intelligenten Pflanzen eben doch im Grunde ein sehr beschränktes Urteil hätten, oder dass das Einzelindividuum direkt dumm, der Intellekt auf das äusserste eingeengt sei (17. Seite 66). Zur Erklärung dieser Unzweckmässigkeiten sagt Francé (18. II. Seite 442) von den Pflanzen, dass ihre Reizverwertung zwar immer zweckstrebend sei, aber lange nicht immer zweckerreichend. Es darf hier doch wohl die Frage aufgeworfen werden, woran oder wie man im Einzelfalle diese Zweckstrebigkeit erkennt, wenn die tatsächlich ausgeführte Handlung gerade das Gegenteil offenbart? Zweifellos ist in allen derartigen Fällen unzweckmässiger Handlungen oder „irregeleiteter Instinkte“ eine Erklärung auf Grund mnemischer Eigenschaften weit ungezwungener und einleuchtender, als solche aller kritischen Untersuchung sich entziehende Behauptungen. Will man daher die Hypothese eines Willens oder einer Intelligenz der Pflanze experimentell prüfen, so muss man von vornherein absehen von allen jenen zahllosen zweckmässigen oder unzweckmässigen Vorgängen, in welchen mnemische Wirkungen eine Rolle spielen können. Man muss nach Reizen suchen, welchen die Pflanzen noch nicht Generationen hindurch ausgesetzt waren, und auf welche die lebende Pflanze dennoch in irgend einer Weise reagiert. Solche Beeinflussungen sind nicht häufig zu finden, und schon diese Tatsache weist entschieden darauf hin, dass jedenfalls in dem Leben der Pflanzen die reinen Instinkte und Instinkthandlungen weit überwiegen. Aber auch in den

wenigen Fällen, in welchen die Pflanzen auf derartige unbekannt Reize überhaupt reagieren, müssen wir noch untersuchen, ob die Reaktion nicht vielleicht indirekt auf mnemische Eigenschaften zurückzuführen ist, ob es sich nicht um verwechselte Instinkte handelt. Untersuchen wir also einige derartige Reize, indem wir uns noch einmal daran erinnern, dass der etwaige Willen der Pflanzen sich stets dahin richtet, das Leben zu behaupten, das heisst den Einwirkungen schädlicher Art sich zu entziehen, kurz, zweckmässig zu handeln.

\* \* \*

Schon zu Beginn des vorigen Jahrhunderts hat Knight auf die Pflanzen experimentell als Reiz eine mechanische Kraft einwirken lassen, welcher sie unter natürlichen Verhältnissen nicht ausgesetzt sind, die Zentrifugalkraft. Er machte bekanntlich die Erfahrung, dass die Pflanzen nun der Richtung dieser Kraft folgten, wie sonst der Schwerkraft. Waren die Keimpflanzen auf einer um eine vertikale Achse rasch rotierenden Scheibe befestigt, also in normaler Lage zum Horizont, so wuchsen sie schief, das Sprossende einwärts, das Wurzelende auswärts. Die Ergebnisse dieser Versuche, welche im Lauf der Zeit oft und mit Pflanzen verschiedener Art wiederholt wurden, zeigen, dass die Pflanzen sich in diesem Fall durchaus unzweckmässig verhalten. Für den Mechanisten, der die prinzipielle physikalische Gleichartigkeit von Gravitation und Zentrifugalkraft voraussetzen darf, ist es vielleicht das beste Beispiel eines unzweckmässig wirkenden Instinkts, für den Psychisten aber, der nach Willenshandlungen der Pflanzen sucht, ist das Verhalten schwierig zu erklären. Wenn sich die Pflanzen nur am Geotropismus orientieren würden, welches die ihnen zusagende Richtung (18. II. Seite 242) ist, so könnten sie vielleicht durch das Überwiegen der Fliehkraft desorientiert werden und nun sozusagen taumelnd nach allen möglichen Richtungen wachsen; das Experiment

zeigt aber, dass sie sich nach einer anderen Kraft orientieren, nach der Flugkraft und wenn diese nicht gross genug ist, nach der Komponente beider Kräfte; was veranlasst denn nun die Pflanze, sich plötzlich nach einer ganz anderen Kraft zu richten, einen „Zentrifugaltropismus“ zu entwickeln, der sie zu unzweckmässigen Wachstumskrümmungen veranlasst? Die Schwierigkeit, welche Knights Experimente einer Erklärung durch Willensakte der Pflanze entgegensetzen, wird nur darum gern übersehen, weil die ganze Erscheinung mechanisch so leicht verständlich ist. Die Pflanze folgt instinktiv der Richtung der grössten beschleunigenden Kraft, ohne Rücksicht darauf, ob dadurch zweckmässige oder unzweckmässige Krümmungen sich ergeben.

Bekanntlich sind die Pflanzen empfindlich gegen Reizungen durch gewisse Ätherwellen, welche man unter dem Namen Licht zusammenfasst. Es ist nun in den letzten Jahren gelungen, experimentell Strahlungen ähnlicher Art zu erzeugen, welchen die Pflanzen in der freien Natur nicht oder kaum ausgesetzt gewesen sind, die Röntgenstrahlen und die Radiumstrahlen. Das Verhalten der Pflanzen gegen Röntgenstrahlen wurde untersucht von Max Koernicke (27). Unter Berücksichtigung der Ergebnisse einiger Vorgänger (Atkinson, Lopriore u. s. w.) kommt Koernicke zu dem Resultat, dass, abgesehen von Schimmelpilzen und Bakterien, bei welchen eine Reaktion nicht beobachtet werden konnte, die Folge der Bestrahlung stets eine deutliche Hemmung des Wachstums war. Diese Hemmung trat nicht sofort ein; das Protoplasma zeigte sogar als unmittelbare Nachwirkung einer Belichtung eine beschleunigte Strömung, und demzufolge die Pflanze ein etwas beschleunigtes Wachstum (ähnlich wie nach Verletzungen und sonstigen Schädigungen der Pflanzen), aber stets war die schliessliche Wirkung der Bestrahlung eine von der Stärke der Strahlung, von dem pflanzlichen Objekt und seinem physiologischen Zustand im Moment der Bestrahlung abhängige

Hemmung des Wachstums. Die schädigende Wirkung der Bestrahlung zeigte sich auch darin, dass die Wurzeln bestrahlter Bohnenkeimlinge eine bräunliche Farbe annahmen (wohl durch Bildung verkorkter Membranen) und bei einigermaßen stärkerer Bestrahlung 24 bis 31 Tage nach dem Sistieren des Wachstums durch beginnende Fäulnis zu Grunde gingen. Eine Wachstumskrümmung, durch welche die Pflanze der schädigenden Wirkung der Bestrahlung sich hätte entziehen können oder wollen, wurde nicht beobachtet. Derselbe Forscher hat auch die Wirkung der Radiumstrahlen auf die Keimung und das Wachstum untersucht (28). Die Radiumstrahlen hatten auf Entfernungen bis zu 4 Zentimeter stets eine zuerst latent bleibende Wirkung, welche sich nach einiger Zeit in einer Sistierung des Längenwachstums bei gleichzeitigem grösserem Dickenwachstum, und nach und nach in einem Eingehen des bestrahlten Wurzel- oder Sprossendes äusserte. Zuvor aber bildeten sich Adventivwurzeln und Adventivsprosse, wie dies gewöhnlich der Fall ist, wenn das Hauptorgan stark beschädigt wird. Wurden diese Adventivbildungen entfernt, so konnte trotzdem das Hauptorgan, selbst wenn es noch lebenskräftig und turgeszent war, nicht zum Weiterwachsen veranlasst werden. In keinem Fall wurde beobachtet, dass das wachsende Wurzel- oder Sprossende während oder nach der Bestrahlung sich durch eine Krümmung von der das Radiumbromid enthaltenden Röhre entfernt hätte, selbst wenn schon eine geringe Krümmung das Organ aus der Wirkungssphäre des Radiums gebracht hätte. Die Pflanzen liessen den bestrahlten Teil abtöten um dann in der ihnen mnemisch gewordenen Weise für Ersatz zu sorgen. H. Molisch (29) hat bei den sehr empfindlichen Wicken- und Linsenkeimlingen ganz dasselbe Ergebnis erzielt solange er mit einem reinen Radiumpräparat arbeitete; benützte er aber ein Präparat, das mit Zinksulfid gemischt war, so zeigten die Wicken- und Linsenkeimlinge wie auch die

Fruchtträger eines Pilzes (*Phycomyces nitens*) eine Krümmung und zwar trotz der schädigenden Wirkung des Radiums eine positive Krümmung, dem Präparat entgegen. Zweifellos haben wir in dieser unzweckmässigen Reaktion einen Fall von indirekt hervorgerufenem Heliotropismus zu erblicken, der eine gewisse Analogie bildet zu dem Versuch, in welchem Bakterien kraft ihres Chemotropismus in tödlich wirkende Gifflösung hineingelockt werden konnten. Für die Entscheidung unserer Frage sind daher diese Krümmungen bedeutungslos, nicht aber das Ausbleiben jeglicher Krümmung während und nach der Bestrahlung mit dem reinen Präparat.\*)

Die unter dem Namen *Regeneration* zusammengefassten Vorgänge an dem lebenden Organismus bieten für die rein mechanistische Erklärung wohl die meisten Schwierigkeiten. Diese Erscheinungen und die mit denselben im Zusammenhang stehenden Regulationsvorgänge waren es auch, welche den bedeutendsten Vitalisten der Gegenwart, H. Driesch, zur Annahme einer Autonomie des Lebens veranlasst haben. Bei der grossen Zahl von Verletzungen, welchen die Organismen und besonders die Pflanzen jederzeit ausgesetzt sind, ist es auch erklärlich, dass Regenerationserscheinungen eine gewisse Rolle spielen müssen, wenn der Organismus sich im Leben behaupten will; sei es, dass ein kleiner, intakt gebliebener Teil der Pflanze den ganzen Organismus wieder aufzubauen hat, oder dass Eingriffe mehr oder weniger leichter Art in dem Bestand des Organismus (sogenannte Verwundungen) wieder auszugleichen sind. Die Regenerationsfähigkeit in ersterem Sinne ist nicht bei allen Pflanzen gleich; sie richtet sich nach der Art. Hie und da (wie bei *Helodea canadensis* oder vielen Weidenarten) genügen schon kleine Stücke des Stamms; manchmal sogar,

wie Winkler bei *Passiflora coerulea* L. gezeigt hat (30), eine Ranke oder ein Blatt, um die ganze Pflanze zu erneuern. In anderen Fällen, wie bei den Koniferen, ist diese Erneuerung viel schwieriger. Schon vor längerer Zeit hat nun Vöchting hauptsächlich an Stammstücken verschiedener leicht regenerierender Weidensorten gezeigt (31 und 32), dass die Adventivknospen am oberen (apikalen) Ende des Zweigstücks angelegt werden, während am entgegengesetzten (basalen) Ende die Wurzeln sich bilden. Dieses Verhältnis kann zwar durch äussere Einflüsse (Wasserzufuhr am apikalen Ende), wie Klebs gezeigt hat (35), etwas modifiziert, aber nicht umgedreht werden. Steckt man den abgeschnittenen Weidenzweig verkehrt, d. h. mit dem apikalen Ende in die Erde, also in einer Stellung, welche kaum je anders als experimentell zu stande kommen wird, so bilden sich trotzdem die Wurzeln am basalen Ende, das heisst jetzt oben, an einer für unser Verständnis durchaus unzweckmässigen Stelle.

Auch die *Regeneration* im kleinen, das Vernarben von Wunden, spielt in der freien Natur eine grosse Rolle. Durch mechanische Eingriffe aller Art, durch den Wind, durch Schneedruck, durch Tierfrass, Insektenstiche und dergl. wird die Pflanze verletzt und zwar so oft, dass in der freien Natur kaum eine Pflanze gefunden werden dürfte, welche nicht Veranlassung gehabt hätte, derartigen Eingriffen gegenüber ihre Regenerationsfähigkeit in Tätigkeit treten zu lassen. Aber eine Art von Verwundungen wird sich kaum je vorfinden, solche Wunden nämlich, welche vollständig rings um den Spross verlaufen und bei welchen ein schmäleres oder breiteres Rindenstück rings um den Stamm entfernt wurde (Ringelwunden). Wie verhält sich nun die Pflanze derartigen, künstlich angebrachten Verwundungen gegenüber? Ich habe

\*) Anmerkung: Neuerdings ist es H. Molisch auch gelungen, bei Verwendung eines stärkeren Radiumpräparats auch ohne Beifügung der Zinkblende sogar auf Entfernungen bis zu 13 cm bei den empfindlichen Wickenkeimlingen eine positive Krümmung hervorzurufen. (Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1911. Band 120. Seite 305). Dadurch wird die Beweiskraft der Experimente Molischs in unserem Sinn noch verstärkt.

den Vernarbungsvorgang solcher Wunden bei verschiedenen verholzten Pflanzen eingehend untersucht (33). Dabei ergab sich bei allen Objekten übereinstimmend, dass zwar Längswunden, selbst nach Entfernung grösserer Gewebekomplexe, verhältnismässig rasch und ohne besondere Schwierigkeiten zur Heilung gelangten, dass selbst in denjenigen Fällen, in welchen die Wunde nahezu vollständig rings um die Achse verlief, Komplikationen nicht eintraten, dass aber alle Ringelwunden zu gewaltigen Störungen Veranlassung gaben. In diesen Fällen, wo es doch das „Bestreben“ der Pflanze sein sollte, die gestörte Kommunikation zwischen oben und unten rasch wiederherzustellen, zeigt die Pflanze ein durchaus unzweckmässiges Verhalten. Zum ersten bildet sich ein Wundkallus nur am oberen Wundrand aus; am unteren Wundrand finden nur einige Teilungen statt; oft vertrocknet sogar der untere Wundrand und bildet dann für die spätere Vereinigung der Wundränder ein schwer oder gar nicht zu besiegendes Hindernis. Zum zweiten bildet sich im oberen Wundkallus zuerst parenchymatisches Wundholz aus, allmählich, im weiteren Verlauf der Vernarbung, treten auch wieder langgestreckte Elemente, Fasern auf, aber diese zeigen einen so merkwürdigen, gebogenen, ja sogar knäueligen Verlauf, dass auch dadurch die Vereinigung der Wundränder verzögert und erschwert wird. Selbst nach vollzogener Vereinigung bilden diese Störungen im Faserverlauf noch lange ein Hindernis für die normale Entwicklung an jener Stelle. Zum dritten umschliesst sich der Kallus mit einem mächtig entwickelten, normale Ausbildung weitaus übersteigenden Korkmantel, der vor der definitiven Vereinigung der Kallusränder erst langsam aufgelöst und resorbiert werden muss. Bedenkt man noch, dass diese so erschwerte Vereinigung der Wundränder im Verlauf derselben Vegetationsperiode wie die Verwundung erfolgen muss, wenn nicht das oberhalb der Wunde gelegene Zweigstück im

nächsten Frühjahr aus Mangel an Assimilaten zu Grunde gehen soll, so ist es begreiflich, dass diese langwierigen Vorgänge bei der Wundheilung sich als durchaus unzweckmässig erwiesen haben. Eine Ringelwunde von einiger Breite (ca. 1 cm), bei empfindlicheren Objekten (Koniferen) sogar ein einfacher Ringelschnitt, bildeten eine höchst gefährliche Verwundung, welche, wenn sie erst in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode, oder an einem wenig beblätterten Zweig angebracht wurde, meist das Eingehen des oberen Zweigstücks zur Folge hatte. Ein ganz ähnliches Verhalten bezüglich des Faserverlaufs in der Wundregion hatte schon vorher Vöchting bei seinen Transplantationsversuchen feststellen können (34); er fand, dass Transplantationen von Gewebestücken in natürlicher Stellung leicht und sicher zur Verheilung kommen, während Transplantationen in unnatürlicher Stellung, (wenn das transplantierte Stück um eine Radialachse um 180 Grad gedreht wurde, so dass oben und unten vertauscht war) tief gehende Störungen im Gebiet der Wundränder zur Folge hatten, welche meist das Eingehen des transplantierten Gewebestückes bedingten. Alle diese Erscheinungen, welche Vöchting in seinem bekannten Gesetz von der Polarität der Sprosse und der Zellen der höheren Pflanzen zusammengefasst hat, sind ihrer Ursache nach noch lange nicht klargestellt. Sie sind, wie Vöchting sagt (32. Seite 146), im Bau des Idioplasmas begründet, das heisst, das Verhalten der Pflanzen, das, wie wir gesehen haben, in allen nicht natürlichen Fällen uns unzweckmässig erscheint, ist auch in diesen Fällen auf mnemische Ursachen zurückzuführen.

Bei meinen Wundholzuntersuchungen hatte ich auch Gelegenheit eine Tatsache festzustellen, welche auf die Ursache der Wundkorkbildung, die so oft teleologisch erklärt wird, ein eigenartiges Licht wirft. Wurden nämlich an 1—2 jährigen Zweigen von *Evonymus europaea* Rindenstücke von einiger Breite entfernt, so

bildete sich an einer durch die Verwundung nicht direkt betroffenen Stelle, an der Grenze zwischen Xylem und Mark, ein Komplex von Wundgeweben, welcher den natürlichen Aufbau des Zweigs wiederholt. Nach aussen zu (an das normale Holz angrenzend) bildete sich eine Schicht typischer Korkzellen; dann folgte das „primäre“ Rindenparenchym, hierauf ein besonderer Phloemteil, der durch einen kambialen Streifen von einem Xylemteil getrennt war, welcher seinerseits nun wieder in das Mark übergang. Dieses eigentümliche Verhalten lässt sich kaum teleologisch erklären, zumal die ersten Teilungen in den noch lebenskräftigen Markzellen, welche die Bildung des ganzen Wundgewebekörpers einleiteten, erst 4—6 Wochen nach der Verwundung einsetzten. Die Markstrahlen begannen nämlich von der Wundstelle aus zu verkorken und erst als dieser Prozess bis zum Mark vorgedrungen war, erfolgten dort die ersten Teilungen, welche also nur eine sehr indirekte Folge der Verwundung waren und veranlasst wurden durch Stoffe, welche in den absterbenden, verkorkten Markstrahlzellen sich bildeten. Es lässt sich zwar denken, dass das Bedürfnis nach einem Korkabschluss trotz des darum liegenden beträchtlichen Holzmantels im Mark der Pflanze vorhanden war, aber dann war es nicht erst mehrere Wochen nach der Verwundung entstanden. Ebenso dürfte der fast ausschliesslich aus parenchymatischen Elementen gebildete Wundxylemteil und der Wundphloemteil, welchem nach oben und unten der Anschluss an das normale Phloem fehlte, von keinem funktionellen Nutzen für die Pflanze gewesen sein. Vielleicht ist mancher geneigt, in diesem eigentümlichen Falle einen Willensakt der Pflanze zu erkennen, welche gerade an dieser eigentümlichen Stelle Wundholz anlegt; dieser Annahme widersprechen aber die deutlich erkennbare Ursache der ersten Teilungen und die Nutzlosigkeit des ganzen Wundgewebes an dieser Stelle.

Es bleibt uns nun noch ein Gebiet zu besprechen übrig: das Verhalten der Pflanzen gegenüber chemischen Stoffen bestimmter Natur. Dabei können wir uns auf die für die Aufnahme chemischer Stoffe fast ausschliesslich in Betracht kommenden Wurzeln beschränken, deren Spitzen ja bekanntlich gegen äussere Einwirkungen eine ausserordentliche Empfindlichkeit an den Tag legen. Die wasserlöslichen Stoffe, welche eine Wurzel auf ihrem Weg durch den Boden antreffen kann, sind entweder der Pflanze nützlich, oder sie schädigen durch ihre spezifischen Eigenschaften den Chemismus der Pflanze; ganz indifferente Stoffe werden nur selten vorkommen. Dementsprechend zeigen die Wurzeln auch einen Chemotropismus, welcher nicht, wie etwa der bei den Samenfäden der Farne und Moose, an eine bestimmte chemische Zusammensetzung der Stoffe gebunden ist, sondern welcher für die Stoffe erster Art positiv, für die schädlichen Stoffe negativ ist. Über das chemotropische Verhalten der Hauptwurzeln von *Lupinus albus* verschiedenen Salzlösungen gegenüber hat M. Lilienfeld Versuche angestellt (36). Seine Experimente ergaben, dass die Wurzeln den uns hier hauptsächlich interessierenden schädlichen Stoffen gegenüber ein merkwürdiges Verhalten zeigten. Bei einer Reihe von Versuchen reagierten die Wurzeln sämtlicher von ihm untersuchten Pflanzen bei einseitiger Einwirkung typischer Gifte (Kupfer- und Quecksilbersalze, Zinksulfat, Bleinitrat) mit einer positiven Wachstumskrümmung. Lilienfeld hält diese Krümmung, welche also die Wurzeln der untersuchten Objekte zu den Quellen der Giftstoffe hinführt, im Anschluss an die Untersuchungen von Molisch über die Einwirkung verschiedener Gase auf die Wurzeln, für eine Folge einseitig schädigender Wirkung der Giftstoffe. Bei einer Reihe anderer Versuche suchte Lilienfeld „möglichst der Natur entsprechende Verhältnisse“ zu erzielen und zwar in der Weise, dass er Keimpflanzen mit der Wurzel in sehr weiche, 3 prozentige Gelatine

steckte und nun in verschiedener Entfernung von den Keimpflanzen in ein Loch der Gelatine die 1 prozentige Lösung der Giftstoffe brachte. Diese Lösung diffundierte langsam durch die Gelatine zur Wurzel und nun erwiesen sich die Wurzeln gegen typische Giftlösungen negativ chemotropisch; dasselbe Verhalten zeigten sie aber auch gegen Kochsalz sowie gegen gewisse Nährsalze wie Magnesiumsulfat und Eisennitrat, gegen andere Nährstoffe wie Kalisalpete erwiesen sie sich indifferent, Phosphaten gegenüber durchweg positiv chemotropisch. Es scheint daher wesentlich von der Konzentration der die Wurzeln einseitig treffenden Giftstoffe abzuhängen, ob sie sich positiv oder negativ krümmen. Bei einer Reihe von mir angestellter Versuche mit Keimpflanzen der Feuerbohne (*Phaseolus vulgaris*), welche in einem viereckigen Glaskasten in Wasserleitungswasser kultiviert und der Einwirkung einer seitlich aus einer osmotischen Zelle in das Wasser diffundierenden 1 prozentigen Lösung von Kupfersulfat ausgesetzt wurden, fand eine Krümmung überhaupt nicht statt. Bei diesen Versuchen war möglicherweise die schädigende Wirkung so stark, dass ein Weiterwachsen der Wurzeln überhaupt nicht mehr erfolgte. Nimmt man aber mit Lilienfeld (l. c. Seite 96) ein allgemeines Vermögen der Wurzel „durch Krümmungsbewegungen den Gefahren zu entinnen“ als vorhanden an, so muss sich dieses Vermögen auch dann zeigen, wenn wir die Pflanze in Bedingungen bringen, welche gerade nicht denen der freien Natur entsprechen; z. B. wenn die giftigen Lösungen nicht einseitig diffundieren, sondern allseitig in gleicher Konzentration die Wurzel treffen. Um das Verhalten der Wurzel in diesem Fall zu untersuchen, wurden die Bohnenkeimlinge zuerst in Wasser, dann in dunstgesättigtem Raum kultiviert. Sodann wurden schöne, gesunde Exemplare, die Kotyledonen mit feuchter Watte umwickelt, auf den nach oben sich etwas erweiternden Hals von Glasgefässen gebracht,

die mit einer  $\frac{1}{2}$ —2 prozentigen Lösung von Kupfersulfat beschickt waren; das Niveau dieser Flüssigkeit war in einer Entfernung von 1 bis  $1\frac{1}{2}$  cm unter der Wurzelspitze. Bei dem weiteren Wachsen der Wurzel gelangte die Spitze schliesslich in die Giftlösung und zwar wuchs sie der Konzentration entsprechend 1—5 mm in die Lösung hinein, bis die durch Adhäsion an der Wurzel über das Niveau emporsteigende Lösung ihre Wirkung geltend machte und das weitere Wachstum der Wurzel sistierte. Die Wurzel erzeugte im Bereich der Giftlösung einen Mantel verkorkter Zellen und entwickelte mehrere Nebenwurzeln oben ausserhalb der Zone der vergifteten Flüssigkeit. Eine Krümmung war auch dann nicht zu bemerken, als der Übergang zur Kupfervitriollösung nicht rasch und plötzlich, sondern allmählich vor sich ging. Die Pflanzen wurden nämlich zuerst in Wasserleitungswasser kultiviert; als die Hauptwurzel etwa bis zur Mitte des Glasgefässes hinabreichte, brachte ich vorsichtig mittelst eines Stechhebers eine dünne Schicht der 2 prozentigen Kupfervitriollösung auf den Boden des Gefässes. In der Mitte wurde das Wasser durch einen Heber langsam abgezogen, oben trüfelte weiteres Wasserleitungswasser nach, so dass das Niveau im Gefäss ziemlich konstant blieb. Die Hauptwurzeln der untersuchten Keimpflanzen wuchsen nun weiter, und erreichten in 1—2 Tagen die Zone, bis zu welcher die Kupferjone empordringen konnten; dann unterblieb das Weiterwachsen der Hauptwurzel, ohne dass eine Krümmung der Wurzelspitze erfolgte, trotzdem in diesem Fall die Spitze durch eine zeitige Krümmung der Einwirkung der giftigen Kupferjone sich hätte entziehen können.

\* \* \*

Überblicken wir noch einmal das Verhalten der Pflanzen gegenüber solchen schädigenden Einwirkungen, denen sie in der freien Natur nicht oder kaum ausgesetzt sind, so sehen wir,

dass dieses Verhalten fast immer unzweckmässig ist; wenn die äusseren Einwirkungen Teile der Pflanzen schädigen oder gar zu töten geeignet sind, so entzieht die Pflanze dieses Glied der schädlichen Einwirkung nicht, sie lässt es zu Grunde gehen und ersetzt den Verlust in der ihr mnemisch gewordenen Weise durch Neubildung. Auch in den anderen Fällen regelt die Pflanze, wenn auch auf indirekte Weise, ihr Verhalten nach vorhandenen Instinkten. Ein die Mneme beherrschender Wille hat sich in keinerlei Weise geoffenbart. Wo die Möglichkeit schützender Instinkthandlungen gar nicht vorhanden war, wie bei der Einwirkung der Röntgenstrahlen, machte die Pflanze nicht den geringsten Versuch, das Leben des gefährdeten Glieds zu erhalten.

Es scheint mir wichtig, auch noch darauf aufmerksam zu machen, dass dieses Verhalten nicht nur an einzelnen, besonders ausgewählten Arten dargetan wurde, sondern dass die Versuchspflanzen, welche in den meisten Fällen nicht einem eng begrenzten Formenkreis entstammten, wohl das typische Verhalten der Pflanzen im allgemeinen offenbarten. Wenn nur mit einer bestimmten Art experimentiert wird, ist es immer möglich, dass der Zufall, das heisst eine Ursache, die sich unserer Kenntnis entzieht, das Verhalten der Pflanzen bestimmt. Es ist uns ganz verborgen, wie viele und was für Engramme zum Bestand einer bestimmten Art gehören; die Wege der Mneme sind höchst verwickelter Natur und man darf daher nie aus dem Verhalten einer einzigen Art einen Schluss auf die Pflanzen im allgemeinen ziehen. Dies gilt insbesondere auch von psychischen Eigenschaften. Eine und vielleicht auch einige Pflanzenarten können in ganz bestimmten Fällen so reagieren, als ob sie besondere Eigenschaften (Zielstrebigkeit, Anpassungsvermögen, Wahl der Bewegung, Gestaltempfindlichkeit u. s. w.) hätten, das ist aber noch kein Grund, diese Eigenschaften nun den Pflanzen überhaupt zuzuschreiben;

dazu wäre mindestens erforderlich, dass diese Eigenschaften an einer grösseren Zahl verschiedenartiger Formen in gleicher Weise nachweisbar wären und zwar auch in solchen Fällen, in denen selbst eine unzweckmässige Reaktion nicht gleich die Art aus den Reihen der existierenden streicht. Auch hiefür findet sich bei Francé ein Beispiel: die Beziehungen des Geotropismus zur Blütenbiologie. Wiesner hat nämlich die Beobachtung gemacht (37), dass dichtere, ährenartige Blütenstände, solange sie noch Blütenknospen tragen, rasch geotropisch aufgerichtet werden und zwar erfolgt die Krümmung, wenn ein Teil der Blüte noch unbefruchtet ist, stets so, dass sich nur jener Teil der Achse hebt, welcher die unbefruchteten Blüten trägt. Francé erschliesst aus diesem Verhalten eine freie Bewegungswahl der Pflanzen, weil sie nur dann die geotropische Krümmung der Hauptachse vollziehen, wenn es noch „im Interesse der Pflanzen“ liegt. Und in der Tat, wenn diese Beobachtung Wiesners ausnahmslose Gültigkeit hätte, so wäre hier ein starker Beweis für Willenshandlungen der Pflanzen beigebracht, da in diesem Fall die Auslese allein nicht alles Unzweckmässige hat entfernen können. Wiesner selber aber beschränkt seine Angaben auf dichte, nicht lockere Blütenstände und setzt so zwei Begriffe einander gegenüber, welche in der Natur durch alle möglichen Übergänge mit einander verbunden sind. Es scheint mir auch, dass das Aufrichten der Hauptachse die Schaubarkeit der Blüten selbst bei lockeren Blütenständen noch erhöhen würde, also auch in diesem Fall im „Interesse der Pflanzen“ gelegen wäre. Ich habe daher die Frage untersucht, ob wirklich in allen Fällen traubiger Blütenstände die geotropische Krümmung der blütentragenden Inflorescenzachse so erfolgt, dass keine unbefruchtete Blüte unterhalb der Biegungsstelle sich befindet. Dabei ging ich von dem Gedanken aus, dass Blüten und Internodien an derselben Stelle in der Nähe des Vegetationspunkts sich bilden, also

gleichzeitig im embryonalen Zustand auftreten und sich miteinander weiterentwickeln. Es fragt sich nun, ob diese Weiterentwicklung parallel geht, oder ob die Internodien oder die Blüten voraneilen. Alle drei Möglichkeiten sind theoretisch gegeben, alle drei Fälle kommen auch in der Natur vor. Der Begriff der dichten Inflorescenz bringt es schon mit sich, dass hier die Blüten in der Entwicklung voraneilen, dass also im allgemeinen die sich öffnenden Blüten sich noch an jugendlichen, ungestreckten, durch den Turgor befestigten Stengelteilen befinden, an einer Stelle, wo also kaum eine bleibende Wachstumskrümmung auftreten kann. Dieser Fall kommt allerdings sehr häufig vor. Ich habe ihn bei vielen Cruciferen beobachtet. *Sysimbrium officinale* (Scop.), *Alliaria officinalis* (Andr.), *Erysimum orientale* (R. Braun), *Thlaspi arvense* (L.), *Lepidium ruderales* (L.) und viele andere krümmen sich stets so, dass unterhalb wie oberhalb der Krümmung reife Früchte in ziemlicher Zahl sich befinden. Bei Pflanzen mit sehr dichter Ähre am Ende der Inflorescenzachse, *Eichhornia cordata*, *Phyteuma nigrum* (Schmidt) erfolgt die Krümmung unterhalb des Blütenstandes, selbst wenn dieser schon bis zur Hälfte abgeblüht ist. Im zweiten Fall geht die Entwicklung der Blüte und der Inflorescenzachse gleichmässig vor sich, so dass die Krümmungszone ziemlich genau mit der Grenze zwischen offenen Blüten und Blütenknospen zusammenfällt. Ich habe diesen Fall beim Odermennig (*Agrimonia eupatoria* L.) gefunden und insbesondere bei *Epipactis latifolia* (viridiflora Irm.) untersucht. Diese Art fand sich in zahlreichen Exemplaren in den Nadelwäldern bei Disentis (Schweiz). Wurden die Pflanzen vorsichtig umgebogen, so dass der obere Teil der Hauptachse, der die übrigens sehr lockere Inflorescenz trägt, horizontal verlief, so zeigte sich nach 1—2 Tagen eine scharf rechteckige Krümmung, welche stets an einer genau bestimmten Stelle erfolgte; die Blüte oberhalb der

Krümmung war eben aufgegangen, während die Blüten unterhalb der Krümmung bereits alle ein ganz trockenes Nektarium im rückwärts liegenden Teil des Labellums aufwiesen. Wurde die Befruchtung der sich eben zum Öffnen anschickenden Blüte durch Einführen von Watte in die Blüte oder durch Zerstören der Narbe gehindert, so erfolgte aber die geotropische Krümmung 1—2 Tage später nun doch oberhalb der noch unbefruchteten Blüte; der Rhythmus in der Aufwärtsbewegung der Stelle geotropischer Krümmung liess sich nicht aufhalten. Drittens ist noch der Fall denkbar, dass die Blüte sich etwas rascher entwickelt als der Stengel, so dass also normal unterhalb der geotropischen Biegung noch unbefruchtete Blüten sich finden. Dieses in blütenbiologischem Sinne unzweckmässige Verhalten beobachtete ich regelmässig an schön entwickelten 1—1½ m hohen Exemplaren von *Epilobium angustifolium* L., welche ich ebenfalls bei Disentis untersuchte. Die horizontal gelegte Achse mit gleichfalls ziemlich lockerer Inflorescenz krümmte sich so, dass unter der Krümmung noch 3—4 Blüten waren, welche an den noch geschlossenen und tief herabgebogenen Narben deutlich erkennen liessen, dass sie noch nicht befruchtet waren. Dasselbe Verhalten zeigte die im botanischen Garten zu Stuttgart kultivierte Liliacee *Galtonia candicans*. Die sehr lange Blütenachse krümmte sich stets so, dass unterhalb der Krümmungszone mehrere Blüten noch nicht einmal geöffnet waren. In ähnlicher Weise krümmten sich nach meiner Beobachtung kultivierte Ritterspornarten (*Delphinium elatum*), deren Hauptachsen dicht mit Blüten besetzt sind, so dass unterhalb der Krümmung 5—7 Blüten noch nicht geöffnet waren. Teilweise wurden aber diese Blüten noch durch eine Krümmung des Blütenstiels kurz vor dem Aufblühen in eine annähernd normale Lage zum Horizont gebracht. Interessant ist, dass bei im Garten kultivierten Exemplaren von *Digitalis purpurea* L. die Krümmung an

ähnlicher Stelle erfolgte, während Wiesner seine entgegengesetzten Beobachtungen gerade auch an *Digitalis*-Arten machte. Es ist wohl möglich, dass beide Beobachtungen richtig sind; es ist nicht ausgeschlossen, dass dieselbe Art zu verschiedenen Jahreszeiten oder an verschiedenen Standorten sich verschieden verhält; die Einflüsse des Vegetationsklimas können wohl die Entwicklung der Blüte gegenüber der des Stengels etwas fördern oder verlangsamen. In den lichtreichen aber kalten Tagen gegen Ende Oktober 1911 brauchten die Blütenstengel kultivierter Varietäten von *Antirrhinus maius* L., die zum zweiten Typus gehörten, zur Ausführung der Krümmung dreimal solange als im Sommer 1910.

Die geotropische Krümmung ist also in sehr vielen Fällen auch ein blütenbiologisch wirksamer Faktor; aber die Stelle der Krümmung wird, wie genaue Messungen ergaben, durch mechanisch-anatomische Verhältnisse, in erster Linie Streckungen des Stengels, nicht aber durch blütenbiologische Rücksichten bestimmt. Wie vorsichtig man bei der teleologischen Deutung dieser Krümmung sein muss, ersah ich an einer grossen Anzahl im Freien gewachsener Exemplare von *Digitalis ambigua* (Mrr). Diese Pflanze gehört zu denen der ersten Art; unterhalb der Krümmungszone fanden sich stets nur Fruchtknoten, keine Blüten mehr. Die biologische Bedeutung dieser, die Schaubarkeit erhöhenden Krümmung aber wird wesentlich beeinträchtigt durch die eine Tatsache, dass an zahlreichen Exemplaren, die ich untersuchte, etwa 95—96% aller Blüten von Hummeln angebissen und ihres Honigs beraubt waren; die Erhöhung der Schaubarkeit war also in diesem Fall direkt unzweckmässig.

\* \* \*

Auch in den Beziehungen zwischen geotropischer Krümmung und dem blütenbiologischen Verhalten sind also Willenshandlungen der Pflanzen ebenfalls nicht erkennbar, wenn wir

uns nicht auf bestimmte Arten beschränken. Dagegen ist wiederum leicht zu erkennen, wie das Pflanzenleben von dem Rhythmus des Lebens beherrscht wird. Mnemische Qualitäten, Instinkte schreiben jeder Art und damit jeder Pflanze ihre Reaktion vor; nur innerhalb sehr enger Grenzen sind Abweichungen davon möglich. Diese Abweichungen werden von den Pflanzenpsychologen mit grosser Sorgfalt zusammengestellt, so dass ihre Abhandlungen sehr oft den Eindruck erwecken, als ob es für die Pflanzen nichts Leichteres gäbe, als neue Entwicklungsbahnen einzuschlagen, als sich veränderten äusseren Faktoren anzupassen. Sowie man aber nicht nur einzelne besondere Arten, sondern die Gesamtheit der Pflanzen ins Auge fasst, ist es ein unverkennbares Gesetz, dass es für die Pflanzen nichts Schwierigeres gibt, als sich von den überkommenen Instinkten zu entfernen. Diese Schwierigkeiten mögen bei sehr einfachen Formen hie und da etwas geringer sein, aber auch bei ihnen kann man von einem leichten Anpassungsvermögen nicht reden. Die Unmöglichkeit, sich an einen Standort mit anderem biologischem Klima anzupassen, beweisen die zahlreichen Pflanzenarten, welche nach dem geologischen Befund vollständig oder wenigstens lokal verschwunden sind, das zeigen auch heute noch alle Standorte mit extrem physiologischem Klima. Alle Stätten grosser Trockenheit, intensiver Kälte, starker Insolation, besonderen Salzgehalts zeigen eine arme Vegetation, arm nicht immer an Individuen, aber stets an Arten. Das extreme Klima hält unerbittliche Auslese; nur die angepassten Formen vermögen sich zu halten, andere Formen, wenn auch ihre Keime in verschwenderischer Fülle ausgestreut werden, vermögen nicht, dort Fuss zu fassen. An der Stelle, wo der Jordan den mit Salz geschwängerten Boden in der Nähe des toten Meeres auf eine kurze Strecke am Ufer auszusüssen vermag, war es mir möglich, auf  $\frac{1}{2}$  Meter genau die Stelle anzugeben, an welcher die ausschliessliche

Halophytenflora beginnt. Für gewisse kalkfliehende Pflanzen, insbesondere für die Vegetation der Torfmoore, erweist sich der Kalk selbst in sehr geringen Dosen unfehlbar tödlich. Jeder Blick auf eine feuchte Wiese im Frühjahr legt uns die Frage nahe, warum sich *Caltha palustris* nicht auch nur  $\frac{1}{2}$  Meter vom offenen Wasser entfernt anzusiedeln vermag? So sehen wir an vielen Beispielen die Unrichtigkeit von Francés Ansicht (18. I. Seite 51): „In Wirklichkeit passt sich jede Pflanze individuell den gegebenen (Wasser-)Verhältnissen gerade so weit an, als das Bedürfnis reicht“. In Wirklichkeit kann vielmehr jede Art, jede Pflanze nur an solchen Standorten existieren, deren physiologisches Klima ihren Anlagen, ihrem Bau, kurz ihren Instinkten entspricht.

Die Instinkte setzen sich auch dann noch siegreich durch, wenn eine Art allmählich oder plötzlich in neue Umgebung versetzt, durch ihre seitherigen Instinkte starken Schädigungen ausgesetzt ist. Tropische Nutzpflanzen, in andere tropische Gegenden eingeführt, können häufig nur dadurch erhalten werden, dass der Pflanze möglichst genau die Vegetationsbedingungen der Heimat künstlich nachahmt. Wo das aus irgend einem Grunde nicht möglich ist, oder wo derartige eingeführte Arten sich selbst überlassen werden, gehen sie meist schnell wieder zu Grunde. Viele Fälle sind auch bekannt, in welchen eingeführte Pflanzen keinen Samen angesetzt haben, weil die Bestäuber der Heimat nicht zugleich mit eingeführt wurden, bis durch künstliche Befruchtung wie bei der Vanille oder durch nachträgliche Einführung der bestäubenden Insekten, wie auf Neuseeland, nachgeholfen wurde. Der bei uns schon vor Jahrzehnten aus dem indischen Archipel eingeführte Kalmus (*Acorus calamus* L.) hat bis jetzt eine durch das kältere Klima Europas hervorgerufene Entwicklungshemmung in der Ausbildung der Pollen und der Samenanlagen nicht ausgeglichen und reift bei uns keine Früchte. Diesem Beispiel

eines infolge der neuen Verhältnisse unvollkommenen, das heisst zwecklos wirkenden blütenbiologischen Instinkts reiht sich noch *Vallisneria spiralis* an. Diese Pflanze führt ihren an hohen Wasserstand sehr vollkommen angepassten Blütenmechanismus auch bei niederm Wasserstand durch und macht dadurch eine Befruchtung zur Unmöglichkeit. Aber auch Anpassungen an klimatische Vegetationsschwierigkeiten erhalten sich, selbst wenn diese Schwierigkeiten an dem neuen Standort wegfallen. Die auf Madeira eingeführten europäischen Laubbäume (Eiche, Buche, auch der Weinstock) stehen auch in ihrer neuen Heimat, wo es aus klimatischen Gründen sicherlich nicht notwendig wäre, mehrere Monate im Jahr entlaubt.

Ein interessantes Beispiel dafür, wie Engramme allmählich, selbst wenn die Zweckmässigkeit darunter Not leidet, zu Instinkte werden, bietet *Poa alpina* L. Dieses Gras kann sich bekanntlich in doppelter Weise vermehren, entweder durch normale Blüten und Früchte oder durch an Stelle der Blüten sich entwickelnde Brutknospen. Solange nun die Pflanze, dem jeweiligen Klima entsprechend, Blüten oder Brutknospen ausbildete, solange nur das kalte Klima das Engramm „Brutknospe“ auslöste, war diese Eigenschaft für die Pflanze von grösstem Vorteil. Nun beginnen aber beide Formen, die normal blühende und die vivipare, konstant zu werden (38. I. Seite 310); die Engramme werden zu Instinkten, so dass nicht mehr das Klima, sondern lediglich die Abstammung der Pflanze über die Art der Vermehrung entscheidet. Dadurch ist es aber der Pflanze nicht mehr möglich, sich dem Klima des Standorts anzupassen. „Die Gewohnheit des Lebens“, sagt Francé (18. I. Seite 143), „ist stärker als der Zwang äusserer Verhältnisse“, oder da in dem angeführten Falle von einem Zwang der äusseren Faktoren meist nicht die Rede sein kann, sagen wir besser: Wir treffen auf blosse Instinkthandlungen überall da, wo die Pflanze Gelegenheit hätte, einen

ihr zugeschriebenen Willen zum Nützlichen zu betätigen.

\* \* \*

Eine letzte Möglichkeit, die Einführung von Wille und Intelligenz in der Pflanzenphysiologie zu rechtfertigen, läge in Analogieschlüssen. Von solchen Schlüssen wird auch häufig Gebrauch gemacht. Schneider (12. Seite 245) überträgt das von ihm in den Neurofibrillen der Sinnesorgane festgestellte Empfindungsvermögen auf Grund morphologischer Ähnlichkeiten auf jede beliebige nervöse Substanz und dann auch ohne weiteres auf die gesamte lebende Substanz. Francé entnimmt die Berechtigung zur Annahme einer Pflanzenpsyche als Arbeitshypothese dem Kontinuitätsargument und dem Analogieschluss (17. Seite 23). Er beruft sich dabei auf R. Semon, der anführt (10. Seite 89), dass jeder Schluss, der uns wirklich etwas Neues sagt, der unserer Erkenntnis etwas zuerobert, ein Analogieschluss ist. Dieser Satz, der wohl die Berechtigung von Analogieschlüssen im allgemeinen dartut, beweist natürlich nichts für die Richtigkeit des Analogieschlusses im einzelnen Fall; vor allem darf er nicht umgekehrt werden, dass nämlich jeder Analogieschluss unserer Erkenntnis etwas zuerobert, oder eine Wahrheit enthüllt. Eine geringe Überlegung zeigt, dass Analogieschlüsse nur innerhalb gewisser Grenzen richtig sein können und dass sie mit um so grösserer Vorsicht und Kritik angewendet werden müssen, je mehr man sich diesen Grenzen nähert. Bei Grenzübergängen können, wie die Mathematik in vielen Fällen zeigt, Analogieschlüsse direkt unrichtige Resultate ergeben. Solche Grenzen sind aber hinsichtlich der psychischen Eigenschaften der Organismen ohne allen Zweifel gegeben durch den Besitz oder Nichtbesitz besonderer nervöser Organe und Zentren, den hauptsächlichsten Trägern psychischer Äusserungen. Die Tatsache, dass Urzellen und höhere Organismen aus demselben

Plasma erbaut sind, mag es vielleicht rechtfertigen, eine bei der Urzelle erkannte Funktion durch Analogieschluss auf die höheren Organismen zu übertragen, aber nicht umgekehrt. Der ganze Begriff der Entwicklung, der Ausbildung besonderer Organe zu besonderen Zwecken, setzt doch voraus, dass die höher entwickelten Organismen besondere Eigenschaften haben oder mindestens haben können, welche den niederen auf Grund ihrer mangelhaften Organisation noch abgehen. Da nun bei den Pflanzen auch die ersten Anfänge besonderer nervöser Organe noch nicht einwandfrei festgestellt sind, da sie insbesondere nervöser Zentren völlig ermangeln, so wird auch der Analogiebeweis für Willens- und Intelligenzfunktionen der Pflanzen hinfällig. Physiologische Untersuchungen der letzten Jahre haben sogar gezeigt, dass selbst bei den mit nervösen Organen und Zentren ausgestatteten Tieren derartige Analogieschlüsse häufig fehlerhaft sind, indem gar vielfach Handlungen, welche wir auf den ersten Anblick als Ausdruck eines Willens und einer Intelligenz anzusehen gewohnt sind, in Wirklichkeit nichts sind, als verkappte Instinkte. So hat Edinger (39) gezeigt, dass der „Wille“ des Frosches zur Begattung nichts ist als ein Instinkt, welcher ekphorisiert wird durch die Berührung mit der Haut eines geschlechtsreifen Weibchens und dass dieser Instinkt selbst noch bei enthaupteten Fröschen wirkt. Schuster (40) äussert in einer Zeitschrift, welche sicherlich nicht im Verdacht steht, einseitig mechanistische Naturbetrachtung fördern zu wollen, über die Vögel folgendes: „Hauptsächlich handelt der Vogel aus dem Triebleben heraus, instinktiv. Verstand, Einsicht, Überlegung scheinen selten eine Rolle zu spielen. Wo letzteres der Fall zu sein scheint, lässt sich bei tieferem Eingehen auf das Beispiel das Gegenteil nachweisen“. Bei dieser Lage der Dinge wird wohl auch ein Analogieschluss über die Übertragung der Begriffe Wille und Intelligenz auf die Pflanzen negativ ausfallen. An manchen Stellen neigt

Francé selbst einer solchen Anschauung zu. Wenn er zum Beispiel (18. I. Seite 183) hofft, dass die Physiker der Lösung des Gravitationsrätsels dadurch näher kommen könnten, dass sie als Apparate die lebende Pflanze benützen, so muss er doch dabei das vollständige Fehlen jedes Eigenwillens der Pflanzen voraussetzen. Wenn er ferner (l. c. Seite 65) die Ansicht ausspricht, dass Zweckmässiges aus sich heraus ohne wirkende äussere Ursachen nicht zu stande kommt, oder dass wenigstens ein Teil der zweckmässigen Einrichtungen aus mechanischen Ursachen her stammt und gewissermassen ein zufälliges Ergebnis ist, das sich nur deshalb fixierte, weil es sich nicht ausmerzte, so kann ich dem nur ganz beistimmen; Francé hat in diesen Worten, unnötigerweise unter Beschränkung auf einen Teil der zweckmässigen Einrichtungen, das Entstehen zweckmässig wirkender Instinkte kurz und klar geschildert.

\* \* \*

Wenn wir auch gesehen haben, dass weder das Verhalten der Pflanze noch die Analogieschlüsse ein Einführen der Begriffe Wille und Intelligenz in die Pflanzenphysiologie rechtfertigen, so bin ich doch weit entfernt von der Ansicht, einen direkten Beweis dafür erbracht zu haben, dass Willens- und Intelligenzhandlungen bei den Pflanzen nicht vorkommen können. Ein derartiger Beweis wird überhaupt nicht zu erbringen sein. Wer in den zweckmässigen Vorgängen und Anpassungen der Pflanzen eine Willenstätigkeit oder eine Intelligenz der Pflanzen erblicken will, wer insbesondere auch in dem Fall, wo der Zweck nicht erreicht wird, noch ein Zweckstreben der Pflanzen erkennt, wird stets an seiner Theorie von dem unbewussten Willen, der unbewussten Intelligenz der Pflanzen festhalten können; aber irgend einen Gewinn für das wissenschaftliche Verständnis bringt diese Theorie nicht mit sich, dagegen die beständige Gefahr der Verwechs-

lung sinnbildlicher und wirklicher Bedeutung der Ausdrücke. Es ist allerdings nicht zu verkennen, dass diese Hypothese, diese Vermenschlichung der Pflanzen auf den Laien grossen Eindruck macht, dass sie ihm mehr Interesse abzugewinnen vermag als mühevollen wissenschaftlichen Einzelarbeiten, namentlich wenn sie in der eleganten Form vorgetragen wird, über die Francé verfügt. Wenn aber der gebildete Laie eines der erfolgreichen Werke Francés studiert, so wird er auch hier die Fülle der wissenschaftlichen Einzelheiten bald wieder vergessen; bleiben wird ihm aber die falsche Vorstellung, dass die Pflanzen beseelte Wesen seien wie wir, ausgestattet mit allen möglichen psychischen Funktionen, Verstand, Wille, Beobachtungsgabe, Wahlvermögen, Schmerzempfindung u. s. w. und er vergisst dabei, dass alle diese Begriffe bei den Pflanzen doch etwas ganz anderes bedeuten, als bei den Menschen. Wenn diese falsche Vorstellung sich weiter verbreiten sollte, so können wir es bald erleben, dass die Antivivisektionisten ihre Stimme auch gegen die pflanzenquälerischen Experimente der Pflanzenphysiologen erheben.

Für den biologischen Unterricht an den höheren Schulen aber bedeutet die Einführung der Begriffe Wille und Intelligenz der Pflanze eine grosse Gefahr. Die auf diese Begriffe basierte Erklärung biologischer Vorgänge kann keine andere sein als eine teleologische; die Autonomie des Lebens erkennt man ja ausschliesslich am Zweckmässigen. Nun beruht aber die ganze Methodik des physikalischen Unterrichts darauf, den Blick für die kausalen Zusammenhänge zu schärfen, Ursachen und Wirkungen auseinander zu halten. Teleologische Erklärungen sind den Schülern anfangs auch in der Physik sehr naheliegend, und es erfordert eine nicht geringe Arbeit, bis die Schüler dazu erzogen sind, auf die Frage nach der Ursache stets eine kausale Antwort zu geben. Wird nun ein Gebiet des naturwissenschaftlichen Unterrichts

nach kausalen, das andere aber nach finalen Gesichtspunkten behandelt, so hat das eine Unsicherheit in den fundamentalen Anschauungen zur Folge, welche den Wert des gesamten naturwissenschaftlichen Unterrichts zu gefährden vermag. Für den Schüler wären die Begriffe Wille und Intelligenz der Pflanzen nichts anderes, als was die seichte Lebenskraft für die Wissenschaft einst war, Schlagwörter, mit welchen man jedem genaueren Studium der Vorgänge, jedem tieferen Eindringen in die Fragen der Wissenschaft gar hübsch und bequem aus dem Wege gehen kann.

\* \* \*

#### Zusammenfassung.

1. Die Begriffe Wille und Intelligenz können für die Pflanzenphysiologie und Biologie nur die Bedeutung einer Hypothese haben.
2. Die Berechtigung dieser Hypothese kann nicht daraus erschlossen werden, dass einzelne Pflanzenarten in ganz besonderen Fällen Handlungen ausführen, welche Willen und Intelligenz zu verraten scheinen.
3. In denjenigen Fällen, in welchen es möglich wäre, über das Verhalten der Pflanzen einen sicheren Schluss auf Wille und Intelligenz zu ziehen, versagen die Pflanzen, oder ihre Handlungen sind unzweckmässig, oder diese sind indirekt durch Instinkte bedingt.
4. Das Leben der Pflanzen ist durchweg von solchen mnemisch vererbbaaren Engrammen (Instinkten) beherrscht.
5. Die Hypothese eines Willens und einer Intelligenz der Pflanzen ist daher unnötig; sie könnte höchstens den Zweck haben, dort Übergänge und Zusammenhänge künstlich zu konstruieren, wo die Natur Lücken aufweist.
6. Diese Hypothese ist aber auch direkt gefährlich, für die Wissenschaft wegen der schwankenden Begriffe, welche mit den Ausdrücken Wille und Intelligenz verbunden sind, für die Schule wegen der teleologischen Betrachtungsweise, zu welcher diese Hypothese zwingt.



## Literatur.

1. Wigand, A., Der Darwinismus und die Naturforschung Newtons und Cuviers. 1876.
2. Nägeli, C., Mechanisch-physiologische Abstammungslehre. 1884.
3. Kerner von Marilaun, A., Pflanzenleben I. Zweite Auflage 1896.
4. Reinke, J., Die Welt als Tat. 1899. (Neue Auflage 1908).
5. Driesch, H., Philosophie des Organischen. 1909.
6. Driesch, H., Die organischen Regulationen. Vorbereitungen zu einer Theorie des Lebens. 1901.
7. Driesch, H., Analytische Theorie der organischen Entwicklung. 1894.
8. Reinke, J., Einleitung in die theoretische Biologie. 1901.
9. Reinke, J., Über die in den Organismen wirksamen Kräfte (Biol. Zentralblatt). 1901.
10. Semon, R., Die Mneme als erhaltendes Prinzip im Wechsel des organischen Geschehens. 1904 (zweite Auflage 1908).
11. Wolff, G., Mechanismus und Vitalismus. 1902.
12. Schneider, K. C., Vitalismus. Elementare Lebensfunktionen. 1903.
13. Wille, B., Das lebendige All. 1905.
14. Paulsen, Fr., Einleitung in die Philosophie. 1907.
15. Pauly, A., Darwinismus u. Lamarckismus. Entwurf einer psychophysischen Teleologie. 1905.
16. Wagner, A., Der neue Kurs in der Biologie. 1907.
17. Francé, R. H., Pflanzenpsychologie als Arbeitshypothese der Pflanzenphysiologie. 1909.
18. Francé, R. H., Das Leben der Pflanze I und II. 1906.
19. Francé, R. H., Streifzüge im Wassertropfen. 1907.
20. Maeterlinck, M., Die Intelligenz der Blumen. 1907.
21. Hering, E., Das Gedächtnis als allgemeine Funktion der organisierten Materie. 1870.
22. Haeckel, E., Perigenesis der Plastidule. 1875.
23. Semon, R., Die Mneme als erhaltendes Prinzip im Wechsel des organischen Geschehens. 1904. II. Auflage 1908. (Siehe No. 10.)
24. Darwin, Fr., Lectures on the Physiology of Movement in Plants. 1906.
25. Loeb, J., Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie und vergleichende Psychologie. 1899.
26. Ostwald, W., Vorlesungen über Naturphilosophie. 1902.
27. Koernicke, M., Über die Wirkung von Röntgenstrahlen auf die Keimung und das Wachstum. Berichte der deutschen botan. Gesellschaft. 1904. Bd. XXII, Seite 148.
28. Koernicke, M., Die Wirkung der Radiumstrahlen auf die Keimung und das Wachstum. Berichte der deutschen botan. Gesellschaft. 1904. Bd. XXII, Seite 155.
29. Molisch, H., Über Heliotropismus, indirekt hervorgerufen durch Radium. (Berichte der deutschen botan. Gesellschaft. 1905. Band XXIII, Seite 2).
30. Winkler, H., Über regenerative Sprossbildung an den Ranken, Blättern und Internodien von *Passiflora coerulea* L. (Berichte der deutschen botan. Gesellschaft. 1905. Seite 45.)
31. Vöchting, H., Über Organbildung im Pflanzenreich. 1878.
32. Vöchting, H., Über Regeneration und Polarität bei höheren Pflanzen. Botan. Zeitung 1906.
33. Maeule, C., Der Faserverlauf im Wundholz. Bibliotheca botanica, Heft 33. 1892.
34. Vöchting, H., Über Transplantation am Pflanzenkörper. Untersuchungen zur Physiologie und Pathologie. 1892.
35. Klebs, G., Willkürliche Entwicklungsänderungen bei Pflanzen. 1903.
36. Lilienfeld, M., Über den Chemotropismus der Wurzeln. (Berichte der deutschen botan. Gesellschaft 1905. Seite 91—96.)
37. Wiesner, J., Die Stellung der Blüten zum Licht. (Biolog. Zentralblatt.) 1901.
38. Hegi, G., Illustrierte Flora von Mitteleuropa I. 1906.
39. Edinger, L., Tierbeobachtungen in Aquarien und Terrarien, Kosmos 1909, No. 7.
40. Schuster, W., Zur Physiologie der Vögel. (Natur und Offenbarung 1910.)

# Literatur.

1. Wigand, A., Der Darw
2. Nägeli, C., Mechanisch
3. Kerner von Marilaun, A
4. Reinke, J., Die Welt al
5. Driesch, H., Philosophi
6. Driesch, H., Die organ  
1901.
7. Driesch, H., Analytische
8. Reinke, J., Einleitung in
9. Reinke, J., Über die in
10. Semon, R., Die Mneme  
1904 (zweite Auflage)
11. Wolff, G., Mechanismus
12. Schneider, K. C., Vitalis
13. Wille, B., Das lebendig
14. Paulsen, Fr., Einleitung
15. Pauly, A., Darwinismus t
16. Wagner, A., Der neue
17. Francé, R. H., Pflanzen
18. Francé, R. H., Das Leb
19. Francé, R. H., Streifzüg
20. Maeterlinck, M., Die Int
21. Hering, E., Das Gedäch
22. Haeckel, E., Perigenesis
23. Semon, R., Die Mneme  
1904. II. Auflage 190
24. Darwin, Fr., Lectures on
25. Loeb, J., Einleitung in d  
1899.
26. Ostwald, W., Vorlesung
27. Koernicke, M., Über die M  
Berichte der deutscher
28. Koernicke, M., Die Wir  
Berichte der deutscher
29. Molisch, H., Über Helio  
deutschen botan. Gese
30. Winkler, H., Über regen  
von Passiflora coerulea
31. Vöchting, H., Über Org
32. Vöchting, H., Über Reger
33. Maeule, C., Der Faserver
34. Vöchting, H., Über Tran  
und Pathologie. 1892
35. Klebs, G., Willkürliche I
36. Lilienfeld, M., Über den  
Gesellschaft 1905. Sei
37. Wiesner, J., Die Stellung
38. Hegi, G., Illustrierte Flo
39. Edinger, L., Tierbeobach
40. Schuster, W., Zur Physic

© The Tiffen Company, 2007

TIFFEN® Gray Scale



nd Cuviers. 1876.

er Theorie des Lebens.

4.

entralblatt). 1901.

ganischen Geschehens.

hen Teleologie. 1905.

hysiologie. 1909.

in Materie. 1870.

anischen Geschehens.

906.

reichende Psychologie.

g und das Wachstum.

e 148.

und das Wachstum.

e 155.

ium. (Berichte der

ern und Internodien

aft. 1905. Seite 45.)

Botan. Zeitung 1906.

left 33. 1892.

ngen zur Physiologie

er deutschen botan.

t.) 1901.

1909, No. 7.

1910.)



