Verlag von Veit & Comp. in Leipzig, Marienstraße 18

Die Formen der Vergesellschaftung im Tierreiche

Ein systematisch-soziologischer Versuch

Von

Dr. P. Deegener,

Prof. der Zoologie an der Universität Berlin

Gr.-Oktav. Geheftet M. 12.50, gebunden M. 15.—

Obwohl es eine ganze Reihe wissenschaftlicher und volkstümlicher Schriften über Tiergesellschaften und Tierstaaten gibt, fehlte es doch bisher an einem Werke, das wie das vorliegende die Formen der Vergesellschaftung der Tiere von ihren einfachsten Anfängen bis zu ihrer vollkommensten Ausbildung von einem höheren Standpunkte aus betrachtet und ordnet. Deegener hat es sich zur Aufgabe gestellt und diese auch glänzend gelöst, die ungeheuere Mannigfaltigkeit des gesellschaftlichen Zusammenlebens der Tiere in seiner Entwicklung und gegenseitigen Abhängigkeit darzustellen und so ein System zu schaffen, das allen weiteren Forschungen auf diesem Gebiete als Grundlage dienen wird. Der erste Teil der Arbeit behandelt die nur durch äußere Umstände bedingten „akzidentiellen" Gesellschaften, wie sie in den Kolonien der Blattläuse, den Zügen der Wanderheuschrecke und den Wanderungen der Lachse allgemein bekannt sind. In dem viel umfangreicheren zweiten Teil werden die „essentiellen" Gesellschaften erörtert, bei denen die einzelnen Mitglieder gegenseitig in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis stehen, aus dem sie jedoch mehr oder weniger Nutzen ziehen, wie wir dies in der höchsten Vollendung im Ameisenstaat sehen, der in vieler Beziehung mit der menschlichen Staatenbildung gemeinsame Züge aufweist. Das Buch bietet jedem, der sich mit biologischen oder soziologischen Fragen befaßt, eine Fülle wertvoller Anregungen und Tatsachen. Es ist für jeden Gebildeten leicht lesbar. **Dr. Enslin-Fürth (Fränk. Kurier).**

Verlagsteuerungszuschlag bis auf weiteres 30 %

Verlag von Veit & Comp. in Leipzig, Marienstraße 18

Neu erschienen:

Grundriss der Zoologie

Eine Einführung in die Lehre vom Bau und von den Lebenserscheinungen der Tiere

für Studierende der Naturwissenschaften und der Medizin

Von

Otto Steche

Prof. Dr. med. et phil., Privatdozent der Zoologie an der Universität Frankfurt a. M.

Mit 6 Abbildungen im Text und 40 mehrfarbigen Doppeltafeln

Gr.-Oktav. Geheftet M. 18.—, gebunden M. 23.50

So vorzüglich unsere Lehrbücher der Zoologie sind, so sind sie doch für den Fachzoologen geschrieben und enthalten daher eine Menge von Tatsachen, aus denen der Fernerstehende das für ihn Wichtige mit unverhältnismäßiger Mühe hervorsuchen muß. Aus diesem Gefühl eines Bedürfnisses entstand der **Grundriß der Zoologie,** der bestimmt ist, eine **Einführung** zu geben und der sich vor allem an solche wendet, die wie **Mediziner, Lehramtskandidaten** und die **Spezialarbeiter** in den anderen Fächern der Naturwissenschaften, mehr eine klare Vorstellung der Hauptpunkte dieser Wissenschaft suchen, als Einzelkenntnisse.

Hugo de Vries, Professor der Botanik an der Univ. Amsterdam:

Die Mutationstheorie

Versuche und Beobachtungen über die Entstehung von Arten im Pflanzenreich

Zwei Bände. Roy.-Okt. Geh. M. 43.—, geb. in Halbfranz M. 53.—

Erster Band: Die Entstehung der Arten durch Mutation. Mit zahlreichen Abbildungen und acht farbigen Tafeln. (XII u. 648 S.) Geh. M. 20.—, geb. in Halbfranz M. 25.—

Zweiter Band. Elementare Bastardlehre. Mit zahlreichen Abbildungen und vier farbigen Tafeln. (XIV u. 752 S.) Geh. M. 23.—, geb. in Halbfranz M. 28.—

Befruchtung und Bastardierung

Vortrag, gehalten in der 151. Jahresversammlung der holländischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Haarlem. Geh. M. 1.50

Die Mutationen und die Mutationsperioden

bei der Entstehung der Arten

Vortrag, gehalten in der allgemeinen Sitzung der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Hamburg. Mit acht Figuren. Geh. M. 1.40

Verlagsteuerungszuschlag bis auf weiteres 30 %

Die technischen Leistungen der Pflanzen

von

R. H. FRANCÉ
Direktor des Biolog. Institutes München

Mit zahlreichen Abbildungen im Text

Leipzig ◎ Verlag von Veit & Comp. ◎ 1919

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Vorrede.

Der nachstehende Versuch, eine Übersicht des technischen Könnens der Pflanze zu schaffen, ist das zweite Glied einer Kette, die in ihrer Gesamtheit das Weltbild einer objektiven Philosophie darstellen soll.

Von keinem anderen Fundament geht eine solche aus, als der unmittelbaren Gewißheit des erlebten Seins, das natürlich in den Erlebungsvorgang und das „Erlebnis", den Inhalt des Erlebens zerfällt. Ihr Problem ist nichts anderes, als diesen Seeleninhalt mit den Gesetzen dieses bewußten Lebens zu vergleichen. Fallen sie zusammen, dann ist die denknotwendige Einheit des Seins auf die sicherste, nämlich auf die unmittelbar gewisse Basis gebracht. Der Erlebnisinhalt aber ist nichts anderes als die Summe der Gesetze des Seins, mit anderen Worten der Inhalt aller Naturwissenschaft im weitesten Sinne; der Erlebungsvorgang dagegen deckt sich mit der Leistung der Seele, mit ihrem Schöpferischen, letzten Endes also mit der Summe aller Kulturleistungen.

Die Methode der objektiven Philosophie ist demnach eine vergleichende. Sie muß eine Reihe von vergleichenden Wissenschaften schaffen, die noch nicht existieren, um die Natur auf eine einheitliche Formel zu bringen. Dieser Weg wurde beschritten nach mehreren Vorarbeiten in meinem Grundriß einer vergleichenden Biologie.[1]

Andererseits mußte der, sich aus dieser Tätigkeit ergebende Monismus der objektiven Welt mit dem der subjektiven Welt (der großen Kultureinheit) verglichen werden. Fallen auch diese beiden zusammen, besteht eine Identität der Gesetze von Kultur und Natur, dann muß es erlaubt sein, die Methode umzukehren und von dem Objekt auf das Subjekt zurückzuschließen. So entsteht der Hauptsatz der objektiven Philosophie, daß alles, was in in den objektiven Gesetzen enthalten ist, auch Eigenschaft des Subjektes sein muß.

---

[1] Erscheint bei Theod. Thomas-Leipzig in zwei Bänden.

Das vorliegende Werk geht nun einen Schritt weiter auf dem Weg der vergleichenden Forschung und versucht die Parallelen zu ziehen zwischen den technischen Leistungen des Pflanzenorganismus und des menschlichen Intellektes. Welche Fülle von Einsichten dadurch gewonnen wird, ist auf den folgenden Seiten abgeleitet. Daß aber aus ihnen auch auf allen Seiten hervorgeht, daß die objektiven (Natur)-Gesetze wirklich mit einer Unzahl von subjektiven (Kultur)-Leistungen übereinstimmen, erfüllt die obige Forderung der objektiven Philosophie. Man konnte sogar noch einen Schritt weiter gehen. Wenn alles, was in den objektiven Erscheinungen verwirklicht ist, sich in den Kulturleistungen realisieren läßt, dann müssen sich aus dem Tatsachenmaterial der Biologie Erfindungen ableiten lassen.

Und so ereignete es sich in der Geschichte der Philosophie zum erstenmal, daß eine philosophische Theorie am Beginn ihrer Laufbahn durch praktische Erfolge gerechtfertigt wird. Auf Grund meiner biotechnischen Theorien ließen sich eine Anzahl technischer Neuerungen auf dem Gebiet der Optik, Nahrungsmittelproduktion, der Mechanik, der Schiffskonstruktionen usw. errechnen, die dem Patentamte vorliegen und der Gemeinnützigkeit und der technischen Praxis zugänglich gemacht wurden.

Das vorliegende Werk hat also die Feuerprobe der Richtigkeit seiner Ideen bereits bestanden, bevor es der theoretischen Beurteilung unterliegt; auf Grund seiner Ideen wurde unsere Industrie bereits bereichert, unsere Kultur praktisch gefördert.

Das macht mir Hoffnung, daß auch seinem philosophischen Kern der Beifall nicht versagt bleiben wird.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, meiner unermüdlichen Mitarbeiterin, Frau Dr. A. Friedrich-Harrar, welche auch die Illustration besorgte, ferner der Deutschen Bank, die meine Untersuchungen und Arbeiten eine Zeitlang subventionierte, sowie dem Verlag für die trotz der Zeitschwierigkeiten glänzende Ausstattung des Werkes zu danken.

R. H. Francé.

Inhalt.

	Seite
I. Einleitung	1
II. Ingenieurleistungen der Pflanze	9
III. Die chemischen Leistungen der Pflanze	63
1. Der Vorgang der Lösung	65
2. Das Umrühren von Lösungen	69
3. Die Kristallisation	74
4. Die Sublimation im Pflanzenreich	78
5. Die Herstellung von Kolloiden	82
6. Die Anwendung der osmotischen Gesetze	97
7. Die Aufbewahrung chemischer Stoffe	106
8. Die Entleerung aufbewahrter Stoffe	117
9. Kondensieren und Destillieren	120
10. Elektrolytische Vorgänge	127
11. Oxydierende Operationen	128
12. Reduzierende Operationen	130
13. Die Produktion von Wärme	132
14. Die Produktion von Licht durch die Pflanze	141
15. Analytische und synthetische Vorgänge in der Pflanze	144
16. Die Autoregulation der chemischen Vorgänge in der Pflanze	148
IV. Die statischen und mechanischen Leistungen der Pflanzenzelle	152
V. Schlußzusammenfassung	262
Register	269

I. Einleitung.

Seitdem vor nun mehr denn hundert Jahren Lamarck den Entwicklungsgedanken in die Wissenschaft vom Leben einführte, hat sich durch ihn eine Umwälzung in Denken und Leben vollzogen, wie sie in der Geschichte der Menschheit bisher eigentlich nur einmal dagewesen ist, damals nämlich, als dem antiken Natur- und Lebensbegriff jene Logoslehre entgegengesetzt wurde, die in einer volkstümlichen Verdünnung und, merkwürdigerweise zugleich Vertiefung den neuen Weltabschnitt des Mittelalters einleitete.

Mit der Entwicklungslehre hat sich in einem gewissen Sinn das Umgekehrte vollzogen wie mit der christlichen Idee. Sie hat sozusagen volkstümlich begonnen, fast sofort ihre praktischen Wirkungen geltend gemacht und verdichtet sich erst seitdem ganz langsam zu einer in alle Tiefen des Denkens hinabschürfenden Philosophie.

Wie ein phantastisches Bilderbuch reißt sich mit solcher Behauptung die Kulturgeschichte der letzten hundert Jahre auf. Seitdem der Entwicklungsgedanke ausgesprochen war und, wenn auch nur auf engstem Gebiet, einigermaßen überzeugend wirkte, wurde alsbald eine breite Menge von wahrlich nicht wissenschaftlich erhellten Köpfen von ihm ergriffen. Es ist doch kein Zufall, daß Lamarck Franzose war und daß auch die Entwicklungslehre der Politik, nämlich der Saint-Simonismus, der Vater des Sozialismus, aus Frankreich stammt. Einfach übertragen in die Politik war der Entwicklungsgedanke, wenn es seit 1815, eigentlich schon seit 1796 eine soziale Forderung, eine Demokratie und einen Liberalismus gab.

Jene bescheidenen Handwerker und kleinen Leute des Handels, in deren Brust damals das Empfinden zwingend wurde: die Welt kann nicht immer so bleiben, alles muß vorwärts gehen, alles muß sich entwickeln, sie hatten natürlich keine Ahnung von irgendwelchen biologischen

Gesetzen, von Lamarck und Philosophie, nur ihre Führer, ein Saint-Simon, Enfantin, Fourier und Louis Blanc wußten darum, und für sie war es angewandte Naturwissenschaft, wenn ihnen als Ideal vorschwebte, „allen Menschen die freieste Entfaltung ihrer Fähigkeiten zu sichern".

Durch sie und ihre englischen und deutschen Nachtreter war längst eine praktische Entwicklungstheorie ins Volk getragen, der Boden mit Keimen bepflanzt, als endlich Darwin und Haeckel von seiten der Naturforschung aus den fallengelassenen Faden aufnahmen. Es wäre interessant, nachzuforschen, ob dies nicht unter dem Einfluß der Zeitströmung geschah. Längst hatte man das Schlagwort freie Entwicklung auf den Straßen ausgeschrien, Entwicklung als Losungswort in Volksversammlungen ausgegeben und damit zwei politische Parteien, den Liberalismus und die Demokratie, ins Leben gerufen. Nach Entwicklung drängte man in Handwerkerstuben und Handelskontoren, Entwicklung war längst verwirklicht, in vollem Gange, als die Naturforscher endlich wieder entdeckten, daß es Entwicklung tatsächlich auch in der Natur gebe.

So wurde das Paradoxale zur Wirklichkeit: Zuerst war die „populäre" Bewegung, die kulturelle Wirkung da, dann erst erschien die wissenschaftliche Idee, aus der sie gerechtfertigt werden sollte.

Wenn man meinem Gedankengang folgt, versteht man das bisher Unverständliche, warum Darwin-Haeckels Entwicklungslehre einen Siegeslauf durchmaß, für den es in der Geistesgeschichte kaum ein Gegenstück gibt.

1859 trat Darwin auf, im Jahre 1859 trat Haeckel für ihn ein, und schon fünf Jahre später war die Entflammung der Geister allgemein.

Sogar wir Jüngeren, die wir uns die Begeisterung und Aufwallung dieser längst vorübergelebten Zeiten nur aus ihrem gedruckten Niederschlag mühsam wiederherstellen, erhalten daraus noch einen überwältigenden Eindruck, wie allgemein dieser Taumel war und bis in welche Tiefen eine wissenschaftliche Idee die Menschenseele aufzuwühlen vermag.

Binnen wenigen Jahrzehnten, eigentlich schon in einem, zwischen 1865—1875, war die evolutionistische Umwertung der Wissenschaften beendet. Es gab eine Entwicklungslehre in der Biologie, daneben aber durchdrang reformierend der Entwicklungsgedanke auch die anorganischen Wissenschaften. Er verhalf der Menschheit zu einer neuen

Wertung der Vorgänge im Himmelsraum, er schuf eine Kosmogonie und eine Erdgeschichte, die den Erdball und den Menschen einordnet in einen großen Sinn des Seins; er schuf uns in der Chemie ein neues System der Elemente, er griff wie ein Flugfeuer an allen Grenzgebieten über das rein Naturwissenschaftliche hinaus, gab der Forschung den Mut, nach einer Prähistorie des Menschen zu suchen; in der Geschichte legte erst der Entwicklungsgedanke dem Werden und Vergehen der Völker den erhebenden Sinn des per aspera ad astra unter. Kulturgeschichte wurde eine Entwicklungslehre, Sprachwissenschaft entdeckte neue Probleme unter diesem Zeichen; das ganze praktische Leben wurde reformiert unter dem Zwange von Schlagworten wie etwa, daß schon Stillstand Rückschritt sei, und daß alles obligatorisch sich „entwickeln", das heißt schon in kurzen Zeiträumen dem Gesetz der Moden unterworfen werden müsse — worüber man ja seine eigenen Gedanken haben kann.

Und dennoch ....

Dieser Sieg des Entwicklungsgedankens ist nicht vollkommen. Wohl zweifelt niemand mehr daran, daß Entwicklung Weltgesetz sei, es gibt aber eine Menge Gebiete, auf denen man dieses Gesetz nicht anwendet. Nicht weil man triftige Gründe hat dazu, sondern weil man ... meine Feder stockt, je länger ich an diesem Punkte nachdenke und schließlich finde ich doch keinen anderen Grund als den, daß man es vergaß, den Entwicklungsgedanken ganz zu Ende zu denken.

Um es gleich klar herauszusagen, was hier gemeint ist: man geriet vielfach in falsche Perspektiven. Der uralte Denkzwang, nur Bestehendes zu sehen, verführt immer wieder, alles Seiende wohl als Gewordenes zu werten, nicht aber als ein Werdendes!

Zu schwer kann sich der Geist des Menschen damit befreunden, daß der Sinneneindruck nur ein Punkt einer unendlich langen Linie sei, die ebensoweit hinausstrebt in unerkennbares Dunkel, wie sie aus dem Grau einer Vergangenheit zu unseren Sinnen heranreicht. Stolz erfüllt den modernen Menschen, seine Kultur mit der von längst vergangenen Zeiten zu vergleichen; fast unfaßbar dagegen dünkt es ihm, daß das Heute gegenüber dem Künftigen notwendigerweise ein elender und stümperhafter Anfang ist; ganz außer dem Bereich des gewohnten Denkens aber ist es ihm, daß im Heute schon, außer seinem Willen und Bewußtsein, alle die Kräfte wirksam sind, aus denen sich das Kommende, die Steigerung, erbaut!

Hier aber greifen wir ans Herz der Weltgeschichte selbst. Das Goethesche Wort: Man glaubt zu schieben und wird geschoben, umschreibt dieses tiefste Problem aller Geschichtsphilosophie.

Auf diese Weise vollzieht sich jedes geschichtliche Werden. Aus einer unerkennbaren Tiefe steigen die Ideen auf, welche von den führenden Geistern aller Gebiete in Taten umgesetzt werden. Als Inspiration und Göttergeschenk empfindet sie der allegorisierend denkende Künstler, als Gottes Gnade der Theologe, als Ausfluß seiner machtwollenden Persönlichkeit der Herrscher und Staatsmann, als genialen Einfall und blitzartige Erleuchtung der Erfinder, als Axiom und intuitive Erkenntnis der kühl wägende wissenschaftliche Geist, alle zusammen aber als etwas Schöpferisches, von uns nicht Erzwingbares, sondern uns Gegebenes, das unser Verstand und unser Wille dann nur mehr anwendet, erweitert und einordnet in das große Gefüge des schon bisher Erreichten.

Und so ist zu jeder Stunde die Schöpfung unserer Kultur im Gange. Stets wirkt sich auch des Menschengeistes lebendig Kleid, ohne daß er sich dessen bewußt, sogar ohne daß sein Willen darauf gerichtet ist.

Auf diese Weise geht die Entwicklung des Menschen ständig weiter. Und es ist wohl eine durchaus erlaubte Übertragung, anzunehmen, daß auch die Entwicklung überhaupt, sowohl des Organischen wie des Weltganzen, auf gleiche Weise stets am Werke ist, daß also, um auf den Kern dieser Betrachtung zurückzukehren, wirklich alles Lebende stets zugleich ein ständig Werdendes ist.

Dies ist der Kern alles dessen, was ich zu sagen habe, die lebende Ursache dieses Werkes.

Wer diesen grundlegenden Satz anzweifeln kann, der mache mein Buch zu, denn es steht und fällt mit ihm.

Wer ihm aber beipflichtet, muß zugeben, daß dieser Satz in seiner praktischen Anwendung eminent fruchtbar und noch gar nicht ausgewertet ist. Ganze Wissenschaften rücken durch ihn in neue Beleuchtung und zeigen im neuen Lichte auch eine Fülle bislang unbekannter Zusammenhänge. Dies gilt für die Geologie ebensowohl wie für die Zoologie und Physiologie des Menschen, vor allem aber gilt es für die Wissenschaft, die mir am Herzen liegt: die Botanik.

Die Pflanze wurde bisher stets als etwas Gegebenes betrachtet, viele Jahrzehnte hindurch sogar als etwas gegeben Konstantes. Dies war die Auffassung der Botanik des Linnéschen Zeitalters.

Linné, und mit ihm seine Generation, hatte einen theologischen Begriff von der Pflanze. Er hielt sie für geschaffen, nicht aber für schöpferisch. Es war daher völlig logisch und erfüllte vollkommen die für ihn mögliche Aufgabe, wenn er sie damit umschrieb: Aufgabe des Botanikus sei die Registrierung des Pflanzenbestandes und die Anfertigung eines Übersichtsplanes, vulgo Systems, mit dessen Hilfe man aus dem ganzen Wirrwarr der Arten die einzelne, jeweils gewünschte leicht und sicher herausfinden könne. Faßt man die Pflanze als unveränderlich in die Welt gesetztes Ding auf, so beschränkt sich unser Verhältnis zu ihr wirklich darauf, daß man sie beschreibt und zu unserem Nutzen verwendet.

Dieser Standpunkt mußte sich jedoch notwendigerweise ändern, als man unter dem Einfluß der Entwicklungslehre in dem Gewächs etwas Gewordenes sah.

Der erste Botaniker, der mit diesem Auge auf die Pflanzen blickte, war Goethe, der bekanntlich aus Eigenem, wenn auch nicht ganz unbeeinflußt von Lamarck, eine Entwicklungslehre aufstellte. Und sofort erwachte in ihm der Drang, das Werden der Pflanze als den Kern ihres Lebens hinzustellen (seine Metamorphose der Pflanzen).

Er war damit ein seiner Zeit vorauseilender Vorläufer, der so lange keinen Anhang fand, bis die Entwicklungslehre durchgedrungen war. Sofort entstand damit eine Fülle neuer Problemstellungen, eine neue Botanik: nämlich die entwicklungsgeschichtliche Richtung der Hofmeister, Sachs und ihrer Schüler, die den Jahrzehnten 1860—1880 den Stempel aufdrückte.

Von da ab war Systematik und Floristik im alten Sinne ein überholter Standpunkt. Die neue Fragestellung lautete bei allem von nun an historisierend: Wie ist das, was ich sehe, geworden? Vor allem wurde diese Frage auf das System angewendet. Es trachteten schon die Zeitgenossen des Lamarck nach einem natürlichen System; immer wieder wurde es ausgesprochen: Wie kam die jetzt erkennbare Fülle von Pflanzenformen zustande, bis der Stammbaum der Pflanzenwelt aufgebaut war? „Genetisch" hieß das neue Schlagwort. Aus der bloßen Beschreibung der Pflanzenteile wurde eine genetische Morphologie, die Organographie;

die Frage des Woher? verschwisterte sich mit der des Warum? und machtvoll erblühte nun aus der Gestaltenbeschreibung die Kenntnis der Lebenserscheinungen (Ökologie) nach außen und nach innen (Physiologie).

Es ist daher keineswegs gewagt, zu behaupten, daß alles, was den Stolz der Pflanzenkunde von heute ausmacht: die physiologische Anatomie, die Organographie, die biologische Betrachtungsweise und die Physiologie, in der genetischen Betrachtung ihre Wurzel und zugleich nährendes Erdreich hat.

Aber es gibt zwei genetische Betrachtungsweisen, eine historisierende, wenn ich sie so nennen darf, und eine aktivierende, in die Zukunft hinaus weisende. Die erstere fragt bei jeder Erscheinung: Warum und wie ist dies so geworden? Wenn man darauf die Antwort sucht, entdeckt man Gesetze des Werdens, Kräfte und Fähigkeiten, sinnvolle Zusammenhänge, kurz gesagt, den ganzen Wunderbau von Erfahrungen, der heute moderne Botanik heißt.

Die aktivierende Betrachtungsweise dagegen hat eine andere Frage. Nicht nach Herkunft, nicht nach dem Einfacheren, sondern nach der Zukunft fragt sie und sucht das den vorliegenden Erscheinungen Verwandte auf den höheren Lebensstufen. Sie sieht in den vorhandenen Kräften der Pflanze Werkzeuge, die Werte schaffen, ihr ist das Leben der Pflanze ein Entwicklungsweg zur Lebenssteigerung, die Tätigkeit der Pflanze ein Versuch zu solcher Erweiterung und Steigerung des Daseins. Sie fragt daher in folgender Weise: Ich sehe an dieser Pflanze diese und jene Einrichtung und Tätigkeit. Was soll damit erreicht werden, was wird dadurch erreicht?

Nicht genetisch, sondern dynamisch denkt diese neue Art von botanischer Forschung, für die die Aktivität, das in der Pflanze Ringende, das Belebte das wahre Problem ist.

Dieser Weg ist bisher noch niemals beschritten worden und alle weiteren Schritte, welche ich in diesem Buche wage, führen in ein Neuland des Wissens. Sie werden daher mit der Nachsicht beurteilt werden müssen, mit der man erste Versuche und Skizzen betrachtet. Was ihnen aber an Festigkeit abgeht, ersetzen sie durch die hundert Aussichtspunkte, zu denen sie führen, durch die neuen Forschungsmöglichkeiten, die sich nun erschließen, und die überraschenden Zusammenhänge, die sich nach allen Seiten hin eröffnen.

Natürlich wird diese neue Anwendung des Entwicklungsgedankens ebensogut neue Wissenschaften nach sich ziehen, wie es seine historisierende Anwendung getan hat. Es ist zu früh, sich das heute schon auszumalen, und was sich zudrängt, ist so ungeheuer, daß man sich notwendigerweise selbst beschränken muß. Ich will vorläufig nur einen Punkt in den Vordergrund rücken, weil er mir besonders wichtig erscheint und weil ich mich besonders befähigt fühle, ihn auszuarbeiten.

Die Aktivität der Pflanze[1] als Problem ist eigentlich das Biologische an sich. Dieser Forschungsrichtung ist die vor uns in einem bestimmten Zustand stehende Pflanze nur ein Durchgangspunkt; das eigentlich Fragwürdige und dauernd Bleibende, weil durch die Fortpflanzung stets wieder Erneuerte, ist die Aktivität. Woran wird sie erkannt, an was wird sie studiert? An ihren Leistungen, an dem Schöpferischen, jenem Gegenstück zu dem unbewußt Aktiven des Menschengeschlechts, aus dem wir vorhin den Begriff der werdenden Entwicklung abgeleitet haben. Diese schöpferischen Leistungen der Pflanzen haben längst eine Bezeichnung gefunden und sind genetisch liebevoll studiert. Man nennt sie die Anpassungen der Pflanzen, könnte aber ebensogut Erfindungen sagen. Es ist das bunte, wundersam gewebte Kleid, das sie anhaben, es sind ihre Werkzeuge, ihre Waffen und Schutzmittel, die schöne und sinnvolle Verstrickung feinster Zusammenhänge, durch die sie sich nicht nur am Leben erhalten, sondern auch alle Lebensräume erobert haben, das Meer und die süßen Wasser bis in die lichtlosen Tiefen, die Festländer im goldenen Licht und unter der Erde bis in den luftleeren und dunkelerstickenden Schlamm hinab, das Luftreich so gut wie sogar das Innere anderer Lebewesen, durch die sie schließlich die tausendfach gestaltete Kette des Lebens aus den fernsten Zeiten der Erdgeschichte hinüberwerfen von einem Äon zum anderen, weit über unseren Horizont, vielleicht bis in die fernsten Zeiten.

Diese Anpassungen sind im neuen Sinne, mit dem hier auf die Pflanze geblickt wird, gelungene Versuche, das Leben zu erhalten und zu steigern, alle seine Möglichkeiten auszukosten.

Solche Versuche sind uns Menschen aber aus eigener Erfahrung nur zu wohl bekannt.

---

[1] Ebenso zu bearbeiten ist die Aktivität der Tiere, beziehungsweise die des Plasmas als Einzeller und Organbildner.

Lebenssteigernde Wertung unserer Daseinsmöglichkeiten — diese Formel ist sehr wohl eine Definition für die menschliche Kultur selbst. Was will sie denn anderes, was soll denn ihr Zweck sein, wenn nicht die größtmögliche Ausweitung des Begriffes Mensch, das Auskosten aller erworbenen und ererbten Möglichkeiten als Technik, künstlerisches Schaffen, Wissen und soziale Organisation durch die größte Erweiterung unserer Sinne, was ist sie anderes als die Summe aller Leistungen, Erfindungen und Menschenwerke, durch die das Dasein gesteigert, das Leben intensiver, erfüllter, vollkommener, reicher und tiefer geworden ist?

Nun — und hier tun wir unseren ersten wirklichen Blick in das Neuland, das jetzt entdeckt ist — dieselben Möglichkeiten einer Lebenssteigerung durch Schöpferisches, durch Leistungen, Erfindungen, kurz Anpassungen hat auch die Pflanze, so gut wie das Tier!

Es wäre also nicht sinnlos, von einer „Kulturwelt" und einer „Kulturgeschichte" der Pflanzen zu sprechen. Es ist hier eine außermenschliche Kulturmöglichkeit postuliert. Das, was man bisher Anpassungen der Pflanzen nannte, scheint das Gebiet ihrer Kulturgeschichte zu sein. Und diese Kulturmöglichkeit zu beweisen, sie begrifflich zu fassen, sie auch in Umrissen darzustellen, ist der weitere Inhalt dieses Werkes.

II. Ingenieurleistungen der Pflanze.

Keine Frage steht nun so unabweisbar und Antwort heischend vor uns wie die:

Was ist das Aktive in der Pflanze?

Ebenso unabweisbar ist aber auch die Antwort: Aktivität zeigen nur die Pflanzenteile, in denen lebendes Plasma vorhanden ist. Also steckt das Aktive im Plasma.

Um daher Leistungen der ganzen Pflanze beurteilen zu können, müssen uns die des Plasmas an sich vollkommen klar sein.

Hierüber gibt es eine Fülle von Vorarbeiten. Man braucht sie nur aufzuschlagen, um zu erfahren, daß Protoplasma ein Gemenge hochmolekularer Eiweißverbindungen ist, so kompliziert, daß man heute noch keine Formel dafür angeben kann.

Dieser komplizierte Bau ist überaus labil und der Abnützung unterworfen. Er enthält als bindendes Glied das beweglichste aller Elemente, den Sauerstoff, der sich mit allen anderen Elementen (die wenigen Ausnahmen [Fluor, Helium] zählen für das Leben nicht) verbindet und dem Leben nie fehlen kann, da es von sämtlichen Urstoffen am meisten verbreitet und in größter Menge vorhanden ist. 44—48% aller Gesteine der Erdrinde sind Sauerstoff, ebenso 89% des Wassers und 23% der Luft.

Wegen dieser großen chemischen Affinität schlägt das Oxygen ununterbrochen Brücken von Verbindung zu Verbindung und bedingt eine unausgesetzte Auswechslung chemischer Bausteine und die Neuaufnahme von Oxygen in diesen Betrieb. Das nennt man Atmung und Ernährung.

Die Atmung ist die reine Oxydation, die Ernährung hält der bei solch raschem Umbau unvermeidlichen Abnützung die Wagschale.

Atmung und Ernährung sind also erhaltungsnotwendige, technisch nötige Leistungen des Plasmas, um dessen auf Lebensdauer unveränderlichen chemischen Bau zu gewährleisten.

Wir wissen aber alle aus Erfahrung, daß dieser Erfolg nicht auf die Dauer verbürgt ist. Nicht nur gegen äußere Zufälle ist das Plasma oft genug wehrlos, es kann auch bei normalem Ablauf der Dinge seinen schließlichen Zerfall nicht hintanhalten. Ihn nennen wir Tod. Chemisch-technisch ist er nichts anderes als ein Abweichen vom normalen Stoffwechsel, in der Sprache des Biochemikers ein Abbau des Eiweißmoleküls.

Diesem unabwendbaren Zerfall versteht nun das Plasma entgegenzuwirken. Es entzieht Teile der Gesamtmenge dem intensivsten Stoffwechsel eine Zeit hindurch und erhält sie dadurch am Leben, während der übrige Teil dahinsinkt und stirbt. Indem es den Vorgang in regelmäßigen Pausen mit den aus dem Latenzleben erwachenden Plasmateilen wiederholt, erreicht es, daß stets lebendes Plasma da ist, wenn auch immer ein Teil des Plasmas zerfällt. Die latent lebenden Plasmateile nennen wir Geschlechtsprodukte, die absterbenden heißen Pflanze, Tier und Mensch, den ganzen Vorgang nennt man Fortpflanzung. Ihre Notwendigkeit ist durch die des Todes gegeben.

So fließen Tod und Leben eines aus dem anderen. Um nun aber Atmung, Ernährung und Fortpflanzung ausführen und sichern zu können, müssen die „Möglichkeiten" dieser Betätigungen so abgewogen werden können, daß von zwei technisch ausführbaren Abläufen immer der für die Erhaltung günstigere ausgeführt wird. Die Umwelt des Plasmas läßt dieses nicht unbeeinflußt, die physikalisch-chemischen Kräfte wirken als anziehender und abstoßender Reiz, um es jeweils in eine erhaltungsgemäße Lebenslage zu bringen. Reizbarkeit und gelegentliche Beweglichkeit nennt die Wissenschaft die Eigenschaften, durch die sich das Plasma in einer großen Zahl von „Weltkombinationen" erhalten kann. Für alle vorkommenden Fälle reichen beide nicht aus. Die Kugel tötet den, den sie trifft, das Gebiß des Raubtieres beraubt sein Opfer des Lebens, der aufs Trockene geratene Fisch stirbt, so wie der Mensch ohne Luft erstickt, die den Giften eines Schmarotzerpilzes ausgesetzte Pflanze verdorrt, aber so trefflich funktionieren Reizleben und Bewegung, daß die Unglücksfälle des Lebens die Ausnahme sind, das Beharren die Regel ist, und die rechtzeitige Fortpflanzung vor dem Tode vieltausendmal häufiger gelingt, als den lebensfeindlichen Mächten ihr absoluter Sieg. Wenn auch die Individuen binnen wenigen Stunden oder Jahren dahinsinken, die Fortpflanzungskette, die wir als Spezies bezeichnen, bleibt viele Jahre, ja ungezählte Jahrtausende hindurch, jedenfalls so lange

bestehen, daß die Menschen einst fest davon überzeugt waren, sie sei überhaupt ewig.

Diese Reizbarkeit des Plasmas eröffnet uns aber durch den Gesichtspunkt, von dem aus wir sie hier betrachten, ihre ursprüngliche und wahre Bedeutung. Sie ist ein Mittel zur Erhaltung des Lebens, also dem Leben zuliebe und weder vor noch nach dem Leben da. In ihr steckt eine entscheidende und regelnde Kraft. Ihre Aufgabe ist, stets das „juste milieu" zu finden, von dem der Ablauf des Lebens abhängt. Nicht nur zu Bewegungen veranlaßt sie das Plasma, sondern sie regelt jeweils nach den von außen einwirkenden Umständen auch Ernährung, Atmung und Fortpflanzung, mit einem Wort das Leben selbst. Wie sein Lenker und Herr schwebt es über allem, was „lebendiges Geschehen" heißt und veranlaßt alle die tausend Änderungen und Handlungen, die man Anpassungen nennt. Wie wir jetzt erkennen, zu keinem anderen Zweck, als damit das Plasma leben kann.

Primum est vivere — eine andere Philosophie hat das Leben nicht. Alles ist seinetwegen da. Leben hat keinen anderen Zweck als das Leben. Alles Leben will Ewigkeit. Und um sie zu erreichen, schafft es sich sein Reizleben, schafft es sich seine Kultur.

Aber es hat keine absoluten Kräfte, sondern ist überaus beschränkt. Vor allem durch seine eigene Existenz und die darein gelegte Kraft, dann durch die Umwelt, das heißt durch die technischen Qualitäten der vorhandenen Dinge, die es als Mittel zum Leben, als Material seiner Anpassungen verwenden kann.

Mit diesen Einsichten haben wir einen neuen und wichtigen Begriff gewonnen. Die gesamte Anpassungsfähigkeit, vulgo Kultur des Plasmas ist beschränkt. Nach innen und nach außen innerhalb der technisch und lebenssituationsmäßig gegebenen Grenzen. Die ganzen Wunder des Lebens sind abhängig von der Physik und Chemie und von der Vergangenheit, aus der das Plasma herkam.

Denn was sich da so leicht und ungezwungen vor unseren Augen entwickelte, sind ja die Wunder des Lebens, jene vier elementaren Lebenserscheinungen des Stoffwechsels, der Fortpflanzung, Bewegung und Reizbarkeit, die als die Grundlage jedweden, auch des menschlichen Lebens gelten. Längst sind wir gewohnt, die ganze ungeheuerliche Komplikation der gesamten Lebensbetätigung, mag sie al Kraft oder Blütenschönheit, als wunderbare Ausbildung von Früchten

als Herstellung von tödlich feinen Giften, als Kampf von Tier und Pflanze miteinander, oder als Blutzirkulation, geheimnisvoller Verdauungsvorgang, als unbegreiflicher Instinkt, als über das Leben hinausgreifender Geschlechtstrieb, als feinste und rätselhafte Geistesbetätigung, als Kunsttrieb oder gar als Flamme des Genies unseren Wissensdrang reizen, nur als Erweiterung dieser vier Elementareigenschaften der Lebewesen aufzufassen. In einer fast lückenlosen Folge hat die moderne Forschung vom einfachsten Plasmawesen bis zum Menschen die langsame, stufenweise Vervollkommnung der Lebensbetätigüng verständlich gemacht. Und wenn wir jetzt mit Recht sagen können, daß uns auch diese elementaren Lebensbetätigungen als notwendige Bedingung des plasmatischen Erhaltungstriebes erscheinen, und zugleich die notwendigen Folgen der chemisch lockeren und hochmolekularen Zusammensetzung des Plasmas sind, dann sind wir ziemlich nahe einer befriedigenden Antwort auf die Grundfrage aller Biologie, die da lautet: Was ist das Leben?

Das Leben ist also für unseren Standpunkt die durch die Umwelt im Plasma ausgelöste Aktivität.

Diese Umwelt gibt nun dem Lebensstoff im allgemeinen folgende Betätigungsmöglichkeiten:

Das Protoplasma ist eine Emulsion, korrekt gesprochen eine kolloidale Lösung. Als solche bedarf es zu seiner Existenz, wieviel mehr erst bei allen seinen Leistungen, die vorerst zunächst chemische Umsetzungen sind, des für alle Gele benötigten Lösungsmittels. Das ist jene chemische Verbindung der Gase Wasserstoff und Sauerstoff, die gemeinhin unter dem Namen Wasser bekannt ist.

Deshalb ist ohne Wasser kein Leben möglich. Wenn das Gel eintrocknet, stirbt das Plasma ab. Das Leben muß also feuchte Medien aufsuchen. Ohne weiteres, am sichersten kann der Lebensstoff im Wasser selbst bestehen. Nicht umsonst hielt man schon seit des Thales Zeiten das Meer für die Wiege alles Lebens. Leben kann aber das Plasma unter gewissen Garantien auch in der Erdrinde und in der Luft. Garantiert werden muß nur ein bestimmter Minimalgehalt an Wasserdampf oder tropfbaren Niederschlägen. Es sind also Wasser-, Luft- und Landwesen möglich. Die Existenz der letzteren ist noch durch eine mechanische Tatsache beschränkt. Nur soweit die Erde auch luft- und wasserhaltig, das heißt porös ist, beherbergt sie Lebewesen.

Besonders geeignet für die Pflanzenbesiedelung ist gerade die Grenzzone zwischen Erdreich und Luft, in der die Pflanzen gewissermaßen ein amphibisches Leben führen können, mit den Wurzeln eingetaucht in das feuchtigkeitsführende Erdreich, in dem sie in den Zeiten der Niederschläge gleich einer Wasserpflanze leben. Mit den Blättern ist die Pflanze freilich einem meist weitaus trockenerem Medium ausgesetzt, das ihr mehr Wasser durch die Verdunstung entzieht, als es ihr gibt.

Sie ist demnach in einer zweifachen Situation und dadurch vor eine verwickelte technische Aufgabe gestellt. Die oberirdische Umwelt entzieht ihr mechanisch (denn die Verdunstung von Wasser aus den Blättern erfolgt an sich nach physikalischem und nicht nach biologischem Gesetz) in anderen Mengen und zu anderen Zeiten Wasser, als es den Wurzeln zugänglich ist. So wird z. B. gerade an schönen Tagen in den heißen Stunden die Wasserabgabe ein vollkommenes Widerspiel der Wasseraufnahme sein; umgekehrt ist bei Regenwetter an den Wurzeln ein Überfluß da, dessen größter Teil ungenützt im Boden versickern muß, während in den an sich meist kühleren Regenstunden die Verdunstung auf ein Minimum herabgesetzt ist.

Aufgabe der lebenden Substanz ist hier wieder die Aufrechthaltung eines konstanten Mittelwertes der Transpirationsökonomie gegenüber den veränderlichen Werten von Zufuhr und Abgabe.

In dieser Bedürfnislage befindet sich vielfach auch der Mensch und hat ihr mit einer Reihe von oft höchst scharfsinnigen Einrichtungen abgeholfen. Sein einfachstes Mittel war, die Orte zu meiden, an denen die Wasserversorgung besonders erschwert ist. Er siedelte sich besonders zu Zeiten, da andere Hilfsmittel fehlten, gerne in unmittelbarer Nähe größerer und kleinerer Wasserläufe und Seen an. Die liebvertrauten Bilder des Dorfbächleins, der Stadt am Fluße, bezeugen diesen Trieb. Nirgends hat er eine so beredte Illustration gefunden, wie in der Besiedelung des wasserreichen Nildeltas mit hundert Städten und in der ergreifenden Menschenleere der Einöden viele hundert Kilometer rings um die Niloase. Wo kein Raum mehr zur Besiedelung unmittelbar am Flusse blieb, leitete man das nur allzu rasch enteilende kostbare Naß in Kanäle, die eine weitere Ausdehnung des „Lebensraumes" gestatteten.

In der flußlosen Steppe suchte man sich des unterirdischen Stromes der Grundwässer zu bemächtigen, indem man ihn mit Brunnen anbohrte, in denen infolge des Gesetzes der Kapillarität das Wasser höher stand,

denn im Boden selbst. Oder wenn man angewiesen war, an einem Orte zu leben, der weder Bäche noch Quellen, Kanäle und Brunnen besaß, sammelte man das himmlische Naß in Zisternen für die Tage der Trockenheit.

Abb. 1. Caulerpafäden der südlichen Meere, eine zellenlose Pflanze. (Nach Haeckels Kunstformen.)

Besiedelung der Flußtäler ist das einzige Hilfsmittel des kulturlosen Menschen; will er sein Leben reicher entfalten, will er über weitere Räume herrschen, muß er Kultur entwickeln. Auf ihrer primitiveren Stufe gräbt

er Kanäle, errichtet er Stauseen und Zisternen, senkt er Brunnen ins Land; auf höherem Niveau schafft er in Röhrenleitungen Wasser in seine Städte, hebt er durch Pumpen tiefstehendes Wasser, durch Hebewerke das köstliche Naß aus den Niederungen auf die Höhen, auf denen er lebt.

Auch das Plasma überschritt die Stufe der bloßen Besiedelung wasserreicher Gebiete; es legte Zisternen an, es bildete Röhrenleitungen und schuf Hebewerke und Pumpvorrichtungen, um sein Wasserbedürfnis in jeder Weise zu decken.

Eine Wasserpflanze braucht freilich keine solche Sicherungen. Hieraus allein erklärt es sich, daß alle untergetauchten Pflanzen nur so weit wurzelartige Gebilde ausbilden, als es ihr, in fließenden Gewässern oder in der Brandungszone wohlverständliches Bedürfnis nach Festhaften erfordert. Jedenfalls fehlt hier der bei Landpflanzen so ausgesprochene Gegensatz zwischen Wurzel und Krone. Wenn trotzdem einzelne Tange (ich erinnere an die Beerentange oder an *Caulerpa* [Abb. 1]) laubartige Entfaltung ihres Lagers aufweisen, sogar ganze laubwaldartige unterseeische Triften vortäuschen, so tritt uns darin eine andere Verwertung eines Lebensreizes entgegen, nämlich eine Befriedigung des Assimilations-, also Ernährungsbedürfnisses. Warum ist man noch nicht auf den Gedanken geraten, genaue, vergleichende Untersuchungen zwischen Gestalt und Bau der Laubblätter und blattartigen Ausbreitungen der Tanglager anzustellen? Man würde dadurch sehr lehrreichen Einblick erhalten, was an den ersteren alles Transpirationsanpassung ist. Es steckt mit darin in dem Plus an Einrichtungen, durch die sich das Laubblatt vor dem Tangblatt auszeichnet.

Schon bei den ersten Algenformen, welche über das reine Wasserleben hinausgehen, ist ein reiches System wassersaugender Fäden unentbehrlich. Als Beispiel sei die reizende kleine Botrydiumalge herangezogen, ein birnförmiges, einzelliges, grünes Pflänzchen, das auf feuchtem Lehmboden Köpfchen an Köpfchen aufstellt, die aber ihren prallen Turgor nicht bewahren könnten, wenn sie nicht mit sehr zahlreichen Verzweigungen sich der Bodenfeuchtigkeit bemächtigen würden (Abb. 2a).

Es ist die technische Form der Röhre, die schon bei diesem einfachsten Beispiel von dem Plasma geschaffen wurde und im ganzen Pflanzenreich ebensowenig wie von der menschlichen Technik wieder aufgegeben wurde, weil sie eben die vollkommen zweckentsprechende ist.

Es seien hier aus dem weiten Gebiet der niederen Pflanzenwelt 4 Typen

eingehender betrachtet, die uns das Verständnis für die einfachsten technischen Leistungen des Plasmas in dieser Hinsicht eröffnen mögen.

Als erster Vertreter sei *Pilobolus crystallinus* genannt (Abb. 2b), der Schleuderschimmel aus der Familie der Mucoraceen, die so ziemlich

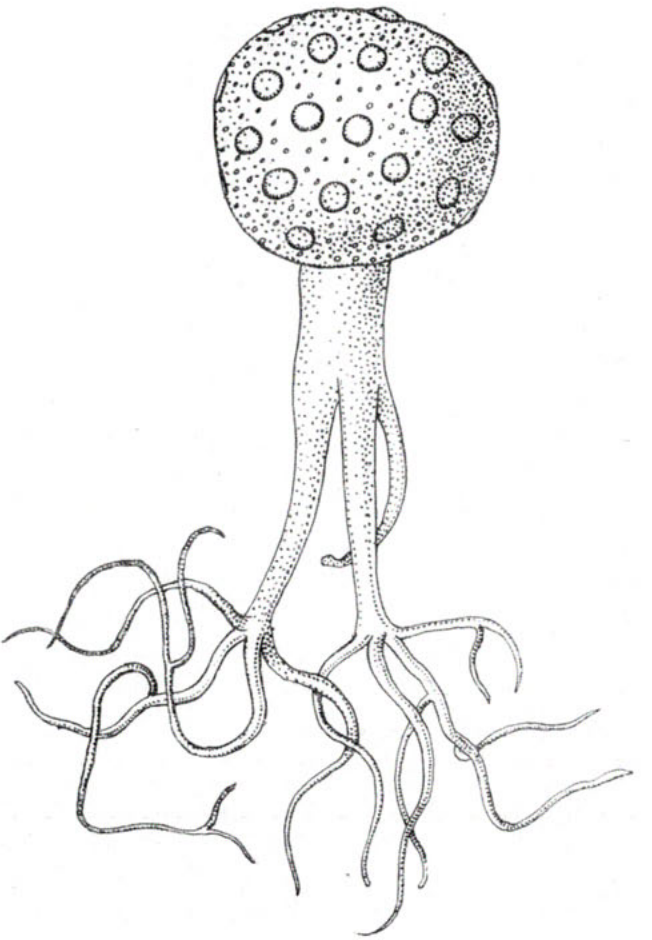

Abb. 2a. *Botrydium granulatum*, eine zellenlose Pflanze mit Wassersaugfäden. (Leicht vergrößert nach der Natur.)

als erste Vertreter der Algenpilze den Einzellern noch nahestehen. *Pilobolus* ist ein ebenso niedliches Pflänzchen wie es unappetitlichen Gewohnheiten fröhnt. Es lebt auf Pferdemist, namentlich wenn er feucht und breiig ist, und saugt daraus stickstoffhaltige Abfallstoffe.

Dadurch deckt sein Plasma zugleich sein Wasserbedürfnis. Wie wird das Wasser aufgenommen? Durch röhrige Fasern, die nach allen Seiten hin in den Brei eintauchen und Wasser pumpen. Daß es sich um ein Pumpen handelt, geht daraus hervor, daß in dem kleinen, keulenartigen Stämmchen, in dem die Pilzfäden zusammenlaufen und das man den Sporenträger nennt, ein noch ungemessener, aber höchst intensiver Wasserdruck herrscht. Er ist so stark, daß er kleine Tröpfchen Wasser wie schimmernde Perlen aus dem Sporangium herauspreßt, so daß es

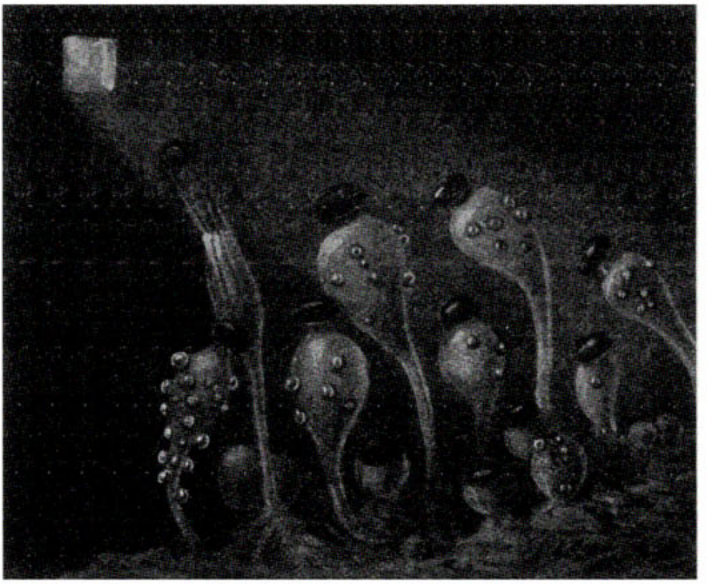

Abb. 2b. *Pilobolus crystallinus*, der mit dem geleiteten Wasser nach Art einer Wasserbüchse das schwarze Sporenköpfchen abschießt. (Leicht vergrößert nach der Natur.)

gewöhnlich fein betaut ist, wie ein Grashalm am Herbstnebelmorgen (Abb. 2b); er steigert sich sogar dermaßen, daß er schließlich die am wenigsten widerstandsfähige Stelle, nämlich das Vorderende des Köpfchens sprengt, und, da sich gerade dort die der Fortpflanzung dienenden Zellen befinden, diese eine gänze Spanne weit fortschleudert, nach dem Prinzip der Druckluft- oder Wasserbüchsen.

Ein anderer Typus findet sich bei fast allen Waldbäumen und Sträuchern verwirklicht. Sie — vor allem gilt dies für die Gruppe der

Kätzchenträger, zu denen die Eiche oder die Erle gehört — haben ein großes Wasserbedürfnis angesichts ihrer reichen Krone, und besitzen dem entsprechend eine Wasserleitung in den zahllosen feinen Pilzfäden, durch die ihre Wurzelenden auf das Zierlichste umsponnen werden. Pilzwurzel (*Mykorrhiza*) nennt der Botaniker diese artige Tatsache und weiß sie nicht anders zu deuten, als daß für die große Pflanze von der kleinen, feinverzweigten mehr Wasser aus dem Boden aufgeschlossen werden kann, als sie ihm allein entziehen könnte.

Das Röhrensystem der Pilze ist eben ungemein leistungsfähig. Hierfür kennt man einen Beleg, der auch den Nichtbotanikern alljährlich schmerzlich genug ins Gedächtnis geprägt wird. Das tut der Hausschwamm, der unheilvoll berüchtigte *Merulius lacrimans*, dadurch, daß er Bodenfeuchtigkeit bei Tag und Nacht in trockene Häuser hinaufpumpt, bis die Balken faulig zerfallen und die feuchten Stuben unbewohnbar werden.

Allermeist findet die Weiterverbreitung dieses Pilzes durch die Wände statt, und zwar in Form von Mycelsträngen. Soweit diese nicht dem Holz direkt anliegen, also besonders, soweit sie im Mauerwerk verlaufen, müssen sie von rückwärts ernährt werden. Die Länge der Mycelstränge, von der Nahrungsquelle ab gerechnet, wird von Hartig auf öfters mehr als 3—4 m angegeben. Mit ihrer Hilfe kann der Hausschwamm, von Etage zu Etage steigend, ein ganzes Haus, oder in die Breite gehend mehrere nebeneinander gelegene Häuser in allen Teilen befallen.

Merkwürdigerweise kann nun der Hausschwamm dort, wo er kein Wasser hat, welches selbst bereiten, indem er Zellulose spaltet, einen Teil ihres Kohlenstoffes aufnimmt und den Rest als Kohlensäure und Wasser ausscheidet. So zersetzt er das Holz und wirkt besonders verderblich. Hartig und Mez haben diese Tatsache zweifellos gemacht.[1] Mez wies bei einem Versuch einwandfrei nach, daß eine ganz kleine Hausschwammkolonie binnen vier Wochen aus gedörrten Holzspänen 20 g Wasser herstellte.

Die merkwürdigsten Anwendungen dieser technischen Leistungen aber haben wir dort vor Augen, wo sich symbiotische Lebensverhältnisse ausbildeten, wie wahrscheinlich bei den Mykorrhizen der Bäume oder ganz sicher bei dem Gemeinschaftsleben zwischen Algen und Pilzen in der Lebensform der Flechten (*Lichenes*).

[1] Vgl. C. Mez, Der Hausschwamm. Dresden 1908.

Um den Nichtbotanikern unter meinen Lesern das Verständnis zu erleichtern, will ich hier sowie im Folgenden zunächst die für den gegebenen Fall notwendigen allgemeinen Vorkenntnisse voraussenden.

Die Flechten oder Lichenomyceten, wie man sie gegenwärtig nennt, sind fädige Pilze, die einzellige oder fädige Spaltalgen und Grünalgen einfangen und in einem etwas entarteten Zustand in Gefangenschaft halten, wie in einem Stall. Der Botaniker von heute gebraucht hierfür

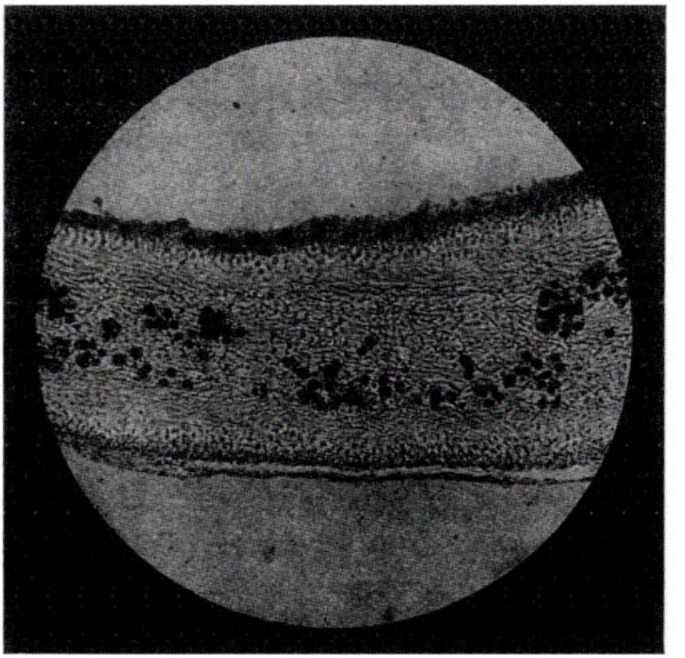

Abb. 3. Querschnitt durch ein Flechtenlager mit Fortpflanzungsorganen und wasserkondensierenden Haaren. (Stark vergrößert. Original.)

ungescheut den Ausdruck Domestikation. Die Algen verlieren dadurch die Fähigkeit einer komplizierteren Fortpflanzung, wenn sie eine solche vorher besaßen, und vermehren sich nur durch Spaltung. Sie geben den Pilzen einen Teil der durch die reduzierte Fortpflanzung eingesparten Nährstoffe ab und erhalten von ihnen dafür Wasser und damit aufgesaugte Nährsalze, wohl auch Stickstoff. Durch diese Gegenseitigkeit ist es beiden möglich, Lebensräume zu besiedeln, die ihnen für sich allein

verschlossen wären, den Pilzen aus Nahrungsmangel, den Algen aus Wassermangel, sowie wegen der zu starken Erwärmung und Belichtung. Denn die Flechten leben doch bekanntlich auf Baumrinden, trockenen Brettern, Mauern und vor allem auf ganz glatten Felsen, die sich im Gebirge im prallen Sonnenschein auf 60° C erhitzen, eine Temperatur, bei der alle anderen Pflanzen abzusterben pflegen.

Nachdem wir so die Leistung erkannt haben, wollen wir nun die Mittel betrachten, durch die der Lichenomycet sie verwirklicht. Wieder ist es das Prinzip der Röhre, das im Pilzfaden Anwendung findet; von weither wird mit besonderen „Wurzelhyphensträngen" (Rhizinen) Wasser herangeleitet. Im Flechtenlager selbst verspinnen sich die Pilzfäden zu einem dichten Filz, in dessen feinen Röhrchen sich das Gesetz der Kapillarität geltend machen muß. Dadurch wird das Wasser bis an die Algenzellen im Innern des Flechtenlagers herangesogen. Dort wird eine zweite technische Leistung vollbracht. Die Menschenerfindung des Wasserbehälters hat hier ihr Vorbild. Die Spaltalgen besitzen eine wasserspeichernde gallertige Hülle. Vollgesogen mit dem Wasser quillt sie auf und hält zähe ihr Wasser zurück in den Stunden der Trockenheit. Sie gibt den Zellen nur nach Bedarf ab.

Der Flechtenthallus verwirklicht noch ein drittes technisches Prinzip, das auch in der Technik des Menschen komplizierte Anwendung gefunden hat, als Kondensation. Die meisten unserer Kondensationseinrichtungen, wie solche bei vielen Dampfmaschinen in Gebrauch sind, bestehen im Prinzip aus einem geschlossenen Raum, in dem der wirksam gewesene Abdampf durch Kühlung niedergeschlagen wird, und aus den Vorrichtungen (meist sind es Röhren) zum Beschaffen des Kühlwassers und zum Entfernen des im Kondensator entstandenen Wassers. (Abb. 4.)

Bei der Flechte haben wir die entsprechenden Einrichtungen in Folgendem gegeben:

Dem Gasaustausch der Flechte dient das lockere Röhrengewirr im Markteil des Lagers, das man als Hyphengewebe bezeichnet. Es steht durch sog. Zyphellen mit der Außenwelt in Verbindung; unter diesem Namen werden besondere Lücken im Rindenteil der Flechte verstanden. Hier oder an der Unterseite des ganzen Lagers stehen viele Röhrchen, nämlich Zellfäden, empor. (Abb. 3.)

Sie entsprechen den Messingröhren, die bei den geschlossenen Oberflächenkondensatoren, wie man sie z. B. an stehende Schiffsmaschinen

gern anschließt, in den Kessel eingebaut, vom Abdampf umspült werden. Dieser „Abdampf" ist im Falle der Flechte die feuchtigkeitsgesättigte atmosphärische Luft, die wärmer ist als die rasch verdunstenden, daher abgekühlten Zellfäden. Bei dem Kondensator werden sie mit Kühl-

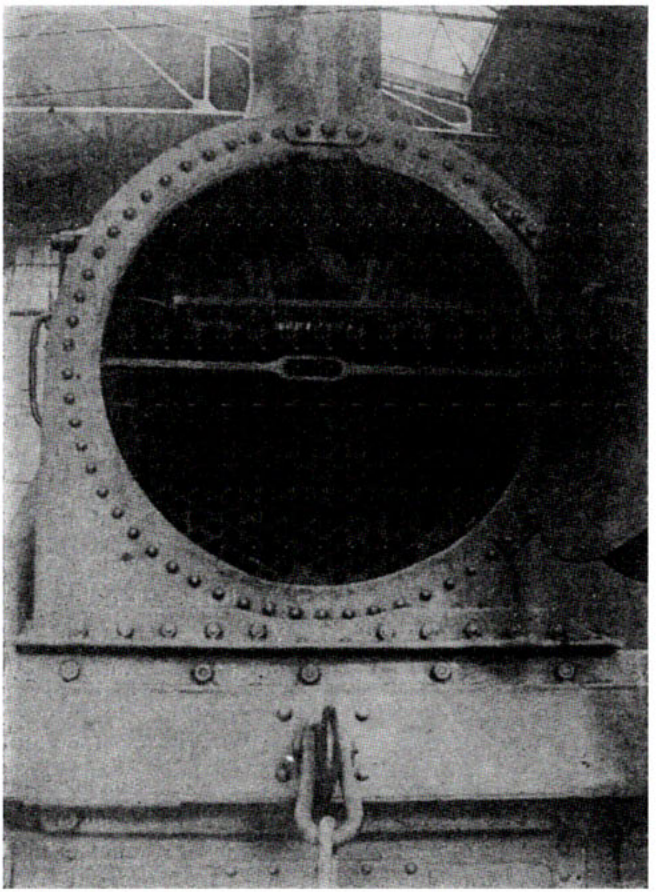

Abb. 4. Geschlossener Oberflächenkondensator (Querschnitt). Aus den Sammlungen des Deutschen Museums München.

wasser gespeist. An ihnen schlägt sich das Kondenswasser nieder. In unserem oben abgebildeten Oberflächenkondensator (Abb. 4) wird es abgelassen, die angewärmte Luft oft auch durch eine Luftpumpe. In unserer Flechte läßt die Pflanze das Kondenswasser nicht ab,

sondern es wird aufgenommen vom Gallerteschlauch der Alge; die Luft wird allerdings auch hier abgesaugt durch die Zyphellen.

Die Pflanze hat also die gleiche Erfindung gemacht, annähernd dieselbe technische Leistung vollbracht, vor allem das gleiche Prinzip angewendet wie die menschliche Kultur. Man beachte wohl, daß es sich dabei nicht um Ähnlichkeiten, nicht um bloße Analogien handelt, sondern um Identisches; das gleiche Prinzip, ein und dieselbe Gesetzmäßigkeit wird angewendet von der Pflanze und vom Menschen, um dieselbe Wirkung, nämlich die Herstellung von tropfbar flüssigem Wasser aus Wasserdampf, zu erzielen. Was sich uns theoretisch in Aussicht stellte, wurde damit zur Wirklichkeit.

In der Flechte, sowie in dem Hausschwamm und *Pilobolus* ist zugleich ein Hebewerk einfachster Art gegeben, das auch in jeder Pflanzenwurzel vorliegt.

Wenn die technische Definition der Pumpe lautet, sie sei eine Vorrichtung, um Flüssigkeiten zu heben oder in unter Druck stehende Räume zu befördern, so muß man der Pflanze die Ehre der Pumpenerfindung geben, denn sie leistet in dieser Beziehung etwa folgendes:

Im indischen Pflanzenbezirk sind die Wälder von zahlreichen kletternden Palmen durchsponnen, die mit dem gemeinbekannten Namen Rotang (*Calamus*) belegt, mit Widerhaken auf ihren Blattspitzen sich langsam über alle anderen Bäume emporziehen und so statt im Düster des Tropenwaldes, im Sonnenglanz des südlichen Himmels ihr Dasein genießen. Spanisches Rohr nennt man im Handel ihre nur wenige Zentimeter dicken Stämme, denen man es wirklich nicht ansieht, daß sie auf ihrem vielgewundenen Wege bis an 180 m Länge erreichen, sich erst auf den Baumkronen aufrichten und dort ihre großen Blätter ausbreiten. Damit dies möglich sei, müssen sie Wasser vom Boden bis zur Höhe der höchsten Kirchtürme (Mole Antonelliana zu Turin 164 m, Ulmer Münster 161 m, Kölner Dom 156 m) emporpumpen. Auch andere Klëtter- und Schlingpflanzen von 100 m Länge machen dies nach, desgleichen eine Anzahl von Bäumen, von denen die Eukalypten Australiens in 152 m Höhe ihre Krone breiten, die Wellingtonien Kaliforniens in 142 m, während die höchsten Bäume unserer Heimat, nämlich die Weißtannen, ihr Wasser bis zu 75 m, also zu ansehnlicher Kirchturmhöhe emporheben.

Das bedeutet eine höchst ansehnliche Kraftleistung, die man am

besten beurteilt, wenn man den Druck, unter dem sich das in der Pflanze vorhandene Wasser befindet, so mißt, wie man einen Saugbrunnen zu prüfen pflegt: man pumpt und sieht zu, mit welcher Kraft wieviel Wasser ausfließt. Zu diesem Zwecke muß man die Pflanze öffnen. Wenn man nun, am besten im Lenz, eine Weinrebe (*Vitis*) etwa 80 cm über dem Boden abschneidet und die aus dem Stumpf hervorquellende Feuchtigkeit in eine gebogene Glasröhre, die mit Quecksilber gefüllt ist und genau auf den Stumpf paßt, fließen läßt, wird der aus der Pflanze emporsteigende

Abb. 5. Lianen des heimischen Waldes (*Clematis*).
(Originalaufnahme von Frau Dr. Friedrich.)

Saft Gelegenheit haben, seine Kraft dadurch zu verraten, daß er das Quecksilber aus der Röhre drängt. Mit anderen Worten, man wendet das Prinzip des Barometers zur Messung des Wurzeldruckes an. Man fand nun, daß das Quecksilber dieses Barometers um 1120 mm gehoben wurde. Das ist ein Gewicht, wie es eine gleichdicke Wassersäule von 15,2 m Höhe besitzt.

Im Stamme der Weinrebe wird also von der Pflanze eine Kraft angewendet, die genügt, um ihren Saft an 16 m zu heben, höher als es die keineswegs so lange Rebe braucht (Versuch von Hales).