

ERGÄNZUNGEN ZU:

**„DIE RELATION ZWISCHEN FORM UND
FUNKTION UND DAS TELEOLOGISCHE PRINZIP
IN DEN NATURPHÄNOMENEN“**

**DIE ROLLE, WELCHE „SPIRALE“ UND „WIRBEL“
IN DEN BIOLOGISCHEN PHÄNOMENEN SPIELT,
BESONDERS AUCH IN BEZUG AUF DIE FEINERE STRUKTUR
DES LEBENDIGEN PROTOPLASMAS**

VON

HANS RICHTER

TARTU 1933

Ergänzungen zu : „Die Relation zwischen Form und Funktion und das teleologische Prinzip in den Naturphänomenen“¹⁾.

Der erste Teil der vorliegenden Arbeit, betreffend: die Relation zwischen „Zeit“ und „Raum“, sowie die „Kausalität“ unter Bezugnahme auf „Relativitäts- und Quantentheorie“, wurde zum Abdruck nicht zugelassen, da er abgetrennt, also aus seinen natürlichen Beziehungen herausgerissen, der Rezension der Fachkollegen für Philosophie und theoretische Physik der Universität unterlag. Da die Ausführungen über die darin mit behandelten philosophischen und physikalischen Probleme ohne Motivierung²⁾ als „unzutreffend“ (Physiker) bzw. „der Sachkenntnis entbehrend“ (Philosoph) abgeurteilt wurden, musste, den formalen Bestimmungen entsprechend, die Arbeit in diesem verstümmelten Zustande zur Veröffentlichung gelangen.

Es ist sehr zu bedauern, dass solche Bestimmungen für die Acta et Commentationes einer Universitas litterarum der Möglichkeit Vorschub leisten, wissenschaftliche Untersuchungen eines o. ö. Professors dieser Universität, welcher bei seinen tiefer schürfenden biologischen Forschungen auf philosophische und physikalische Fragen stossen muss, zu unterdrücken und seine freie wissenschaftliche Meinungsäußerung zu knebeln und zu unterbinden. Soll ein wirklich freies ernstes wissenschaftliches Leben im Rahmen einer „Universitas litterarum“ blühen, so erfordert dies die Möglichkeit einer sachlichen Auseinandersetzung der Kollegen ohne geistbeschränkende Fachmauern. Und diesem idealen Zwecke sollten doch wohl die Acta et Commentationes dienen?!

1) Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis (Dorpatensis) A XVIII. 4. 1930.

2) „Eine Meinungsäußerung ohne Motivierung ist einer Geschmacksäußerung gleichzuachten!“

Gerade auch in den hier in Frage stehenden grundlegenden Problemen der Philosophie („Zeit : Raum“) und der Physik („Stoff : Kraft, Energie“) ist heutzutage durch die schnell wechselnden Ergebnisse der neueren Forschungen eine Stellungnahme so schwankend und gewagt geworden, dass solche strikte Aburteilung ohne eine sachlich eingehende Motivierung bei erfahrenen Wissenschaftlern starke Bedenken verursachen muss. Eine Revision der jetzigen Bestimmungen für die Acta et Commentationes erscheint daher geboten.

[Eingeliefert wurde die vorliegende Arbeit im November 1932.]

Die Rolle, welche „Spirale“ und „Wirbel“ in den biologischen Phänomenen spielt, besonders auch in bezug auf die feinere Struktur des lebendigen Protoplasmas.

In jener Abhandlung: „Relation zwischen Form und Funktion etc.“ spreche ich (p. 20/21) unter Anlehnung an meine Wellen-, Mäander-, Wirbeltheorie der „Bewegung an sich“ davon, dass durch eine solche kraftliche, „dynamische“ (nach W. Ostwald „energetische“) Weltauffassung, welche mit einem „Massenpunkt“ als letzter rationalen Einheit rechnet, die materialistische Weltanschauung schon auf dem Gebiete der Physik-Chemie abgebaut wird. In bezug auf das biologische Wissensgebiet ergänze ich als Fachwissenschaftler hierauf jene damals nur angedeuteten Gedankengänge folgendermassen: Der „Massenpunkt“ wird zum „punctum saliens“, zum springenden Punkte (vergl. den Schlusssatz meiner Schrift: „Kraft, Stoff, Raum, Zeit etc.“¹⁾), also zur spiralfederartigen, aufspringenden, „sich entwickelnden“, evolutionierenden Doppelspirale, Divortex, Wirbel.

Es ist sicherlich nicht zufällig, dass wir auch in der Domäne der Biologie so unendlich häufig auf die Form der Spirale stossen, auch als Schraube, Schnecke, Knäuel (Spirem). Und dies ist der Fall sowohl im Bereiche des Makroskopischen in allen Stufen, als auch im Mikroskopischen. Die Zahl der Beispiele ist so gross, dass es sich erübrigt, hier solche anzuführen. Doch will ich jetzt im Goethejahr noch darauf hinwei-

1) Der Schlusssatz meiner Schrift („Die Entwicklung der Begriffe: „Kraft: Stoff, Raum: Zeit“ durch die Philosophie mit Lösung des Einsteinschen Problems“ (Lit. 1) lautet: „Man hatte Eins vergessen: die Naturphilosophie und die Philosophie überhaupt. So kam man nicht zu dem Einen Etwas, zu dem „springenden Punkte“, sondern auf den „Nullpunkt“, auf die Null!“

sen, dass Goethe in seinen letzten Lebensjahren eine kleine Abhandlung: „Über die Spiraltendenz im Wachstum der Pflanzen“ geschrieben hat¹⁾.

Ausserdem möchte ich hier noch etwas der Vergangenheit entreissen, was die feinere Struktur der lebendigen Masse, des Protoplasmas betrifft, und zugleich auch die Teilkörpertheorie M. Heidenhains, also auch meine „Dimerie“ (Strukturprinzip) berührt. Bei meinem letztjährigen Aufenthalt in Ungarn im Biologischen Institut Tihany am Balaton (Plattensee) wurde ich von dem Direktor des Institutes, Herrn Prof. Dr. G. v. Entz, auf eine Arbeit seines Vaters Géza v. Entz sen. aufmerksam gemacht (Lit. S)²⁾. Bei dessen



Fig. 7.1)

Untersuchungen über „Die elastischen und contractilen Elemente der Vorticellinen“ konnte Entz sowohl unter der Pellicula als auch im Achsenfaden des Stieles im sonst feingekörnten, undifferenzierten Protoplasma rundliche Bezirke feststellen und zeichnerisch wiedergeben, welche er „Cytophane“ nennt, und in welchen er auch manchmal ein kernartiges Gebilde: „Karyo-

phan“ unterschied. Auf den beigegebenen Tafeln bildet er sie meist als rundliche Bezirke ab, in welchen zusammenhängende Körnchenreihen vielfach deutlich spiralig, konzentrisch gelagert sind (Taf. II, 2 und Taf. III, 4). In „Nachträgliche Bemerkung 2“ in dieser Arbeit vergleicht Entz diese Gebilde mit

1) Selbst auf dem rein logisch ideellen Gebiete der Mathematik bzw. Algebra ist ein tiefgründiger Forscher auf diesem Wissenszweige auf die Spirale gestossen, nämlich Jakob Bernoulli, welcher eine Abhandlung schrieb: „Die Spirale der logarithmischen Potenzen“ und auf seinem Grabsteine eine Spirale anbringen liess mit der Umschrift: „Eadem mutata resurgo“, wie dies die Gedenktafel für ihn am Münster zu Basel jedermann zeigt [vergl. Fig. 7].

2) Da diese Arbeit als eine Fortsetzung der ursprünglichen gedacht ist, so ist die Zahlenbezeichnung der Abbildungen und Literatur fortlaufend und bezieht sich auch auf die erste Arbeit in den Acta et Comm. Universitatis Tartuensis (Dorpatensis) A XVIII. 4.

den „Spirosparten“ von V. Fayod (Lit. 12)¹⁾. Entz sagt wörtlich p. 42/43: „Es sei hier noch angeführt, dass nach meinen in den letzten Jahren angestellten Untersuchungen über den feineren Bau der Protozoen das Protoplasma (sowohl das des Körpers als auch das des Kernes) in der Tat aus einem komplizierten System eigentümlich gebauter röhriiger Fibrillen, den Spirosparten Fayod's, aufgebaut ist, welche sich aber nach meinen Untersuchungen nicht netzartig verbinden, sondern nach gewissen Regeln spiralg winden und Schichten bilden²⁾. Der von Fayod gegebenen Schilderung des feineren Baues der Spirosparten muss ich hinzufügen, dass sich innerhalb der Schraubenwindungen der Spirofibrillen sehr feine Längsfibrillen befinden, welche Fayod entgangen sind. Ferner muss ich bemerken, dass nach meinen Untersuchungen der Achsenfaden (filet axillaire), welcher sich nach Fayod hin und wieder „transforme en chapelet (= Rosenkranz)“, stets auf gleiche Abstände verteilte Knotenpunkte trägt, und dass diese dem Achsenfaden ganz charakteristisch zukommen. Was nun diese Knotenpunkte betrifft, so entsprechen sie kleinen Knäueln, welche dadurch entstehen, dass sich der im übrigen Verlauf gerade Achsenfaden innerhalb der zarten Hülle in gleichen Abständen in einige (wahrscheinlich immer vier) sich knapp anliegende Windungen aufrollt. Sämtliche Elemente der Spirosparten, welche von einer sehr dehnbaren, feinen gemeinschaftlichen Hülle (Fayod's fibrolème) umschlossen werden, haben, wie Fayod erkannte und

1) Am Schluss seiner Abhandlung sagt Fayod (Lit. 12 p. 227) wörtlich folgendes:

„L'ensemble des faits exposés dans ce qui précède me confirme dans l'opinion que la spirofibrille est la seule vraie caractéristique de la substance organisée.

Je puis donc dire avec Kros, auteur du remarquable opuscule: „De spira in plantis conspicua etc.“ (dissert. Groningae, 1845): Ex omnibus itaque concludendum spiram esse typum principem in regno vegetabili; nec dubium, quin hoc magis magisque apparebit quo magis et accuratius botanici in hanc rem inquirent. Huius rei initia quaedam indicasse juveni, ut spero, sufficiat.“

Es ist sehr zu verwundern und wäre einer klärenden historischen und sachlichen Untersuchung wert, warum trotz dieser deutlichen Hinweise solch älterer Forscher die folgenden Generationen bis in die neuere Zeit hinein sich so wenig um die Spirale als ein typisches und charakteristisches Aufbau- und Strukturprinzip des Protoplasmas und der lebendigen Masse überhaupt gekümmert hat!

2) Vom Zitator hervorgehoben!

ich bestätigen kann, genau denselben feineren Bau wie der ganze Spirospart, sie lassen sich mithin als Spirosparten zweiter Ordnung auffassen; ja es lassen sich oft noch Spirosparten dritter Ordnung nachweisen, welche in die Spirosparten zweiter, diese aber in die der ersten Ordnung eingeschachtelt sind.“ Man vergleiche die Protomeren- und Teilkörper von M. Heidenhain sowie seine „Encapsis = Einschachtelung“!

„Alle Differenzierungen innerhalb des Protoplasmas lassen sich auf die Spirosparten und ihre Elemente zurückführen, welche sich nach verschiedenen Richtungen umwandeln und verändern können. Es ist hier nicht der Ort, mich auf dieses Thema des näheren einzulassen, und so beschränke ich mich bloss darauf, den morphologischen Wert der oben als *Cytophane* bezeichneten Gebilde festzustellen. Diese minimalen Zellen ähnlichen Gebilde, welche in der neuesten Zeit auch von Greeff (Lit. 13) im Entoplasma der Amöben nachgewiesen und als *Elementargranula* bezeichnet wurden, sind nach meinen erneuten Untersuchungen zu perlschnurenförmigen Strängen verbunden, welche mit ihren knapp anliegenden Spiralwindungen scheinbar konzentrische Schichten bilden. Der Bau der einzelnen *Cytophane* ist derselbe, wie der der eben geschilderten Knoten des Achsenfadens, welche ich bereits oben als kleine *Cytophane* bezeichnete. Da man nun zwischen gewöhnlichen Spirosparten, dann zwischen Spirosparten, in denen sich die Knoten des Achsenfadens etwas vergrößert haben, und den Perlschnüren der grossen *Cytophane* alle Übergänge antrifft, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die *Cytophanschnüre* nichts anderes sind, als Spirosparten, welche sich durch bedeutendes Heranwachsen der Knoten des Achsenfadens verändert haben.“

Hierzu möchte ich noch bemerken, dass eine Doppelspirale (*Divortex*), welche mit ihren Windungstouren nicht auf eine Ebene beschränkt bleibt, sondern sich im 3-dimensionalen Raum mehr oder weniger unregelmässig verteilt, zu einem Knäuel (*Spirem*) mit mehr oder weniger deutlicher „konzentrischer Schichtung“ werden muss!

Ein Landsmann von Entz, S. Abonyi, hat in seiner Arbeit: „Über die Entz'schen *Cytophane*“ (Lit. 9) diese Gebilde, welche meist hart an der Grenze der Formsichtbarkeit stehen, und welche zeichnerisch darzustellen dem künstlerisch sehr begabten und im scharfen Sehen geübten Forscher v. Entz

sen. gut gelang, auch durch photographische Aufnahme jedem sichtbar zu machen versucht, was ihm auch in gewissen Grenzen gelang. Dieser Autor unternimmt es ausserdem, diese Frage auch im Lichte der modernen Kolloidchemie zu klären. Ich selbst habe in einer Sitzung der Kolloidgesellschaft in Jena 1922 auch darauf hingewiesen, dass die Formvorstellung der Doppelspirale und des Wirbels zur theoretischen Erfassung vieler Kolloiderscheinungen sehr geeignet wäre.

Ein anderer Forscher, welcher sich auch mit den feineren und feinsten Strukturen des Protoplasmas im Zusammenhange mit einer funktionellen Erklärung beschäftigt hat, ist N. K. Koltzoff. In seinen „Studien über die Gestalt der Zelle“ (Lit. 10), und zwar im I. Teil: „Untersuchungen über die Spermien der Dekapoden als Einleitung in das Problem der Zellengestalt“, erwähnt er auch die Befunde von Entz sen. bei den Vorticellen (p. 521 u. 539) und setzt sich mit ihnen auseinander. Wenn man hier namentlich sein Schlusskapitel IV mit den Unterabteilungen: „Die Zellform und die dieselben bestimmenden festen Gebilde“, „Die Mechanismen der geordneten Bewegung der Zelle“, „Die Organisation der Zelle“ durchgeht, so fällt auch hier auf, dass bei der Darstellung der Form sowie der Erklärung der geordneten Bewegung immer und immer wieder die Spirale eine wichtige Rolle spielt. Koltzoff kämpft gegen die frühere Anschauung an, dass die Kontraktilität nur in den faserigen Gebilden zu suchen sei. Auf p. 515 stellt er die Frage auf: „Weiter sehen wir, dass die festen formativen Gebilde nicht nur die Form der unbeweglichen Spermien bestimmen, sondern auch die Rolle von Mechanismen übernehmen, welche zur Verwandlung einer ungeordneten Bewegung (wie das Aufquellen des Explosionsstoffes) in eine geordnete (die Ausstülpung der Kapsel und den Sprung des Spermiums) beitragen. Könnte man nicht auch in anderen Fällen, wo wir es mit bestimmten geordneten Bewegungen der Zellen, wie z. B. Flimmer- und Muskelbewegungen zu tun haben, dieselben auch von der einfach amöboiden Bewegung herleiten, welche durch einen festen Mechanismus der Form nach umgewandelt wird?“ Auf p. 553 sagt Koltzoff weiter: „Mein Zweck war nur zu zeigen, dass die einer geordneten Bewegung fähigen Zellen ausnahmslos ein festes Skelett aufweisen, und dass bei der Erklärung dieser Bewegungen der Forscher zwei völlig voneinander unabhängige Aufgaben streng auseinanderhalten muss:

1) die Energiequellen der ungeordneten Bewegung zu finden und 2) denjenigen festen Mechanismus, der diese Bewegung in eine geordnete umgestaltet, zu entdecken.“

Auch hier sieht man also, dass bei dieser „Umgestaltung der Energie“ die Beziehung zwischen Physiologie und Morphologie, die Relation zwischen Form und Funktion eine ausschlaggebende Rolle spielen muss.

Wenn Koltzoff eine im Raum festgelegte, fixierte „Form“ (*μορφή*) als Bedingung einer geordneten Bewegung aufstellt, so kann man umgekehrt folgern: eine ungeordnete Bewegung (= Energievorgang), z. B. eine amöboide Bewegung, wird dann in eine „geordnete“ d. h. im Raum festgelegte, „gerichtete“ übergehen, wenn in dem (z. B. flüssigen)



Fig. 3 a.



Fig. 3.

Medium beständigere festere Orte entstehen, oder auch mit anderen Worten, wenn sich in dem betreffenden Medium der Aggregatzustand an gewissen Stellen „zum festeren hin“ verändert, umwandelt, was natürlich in verschiedenen Übergangsstufen, unter ihnen die „kolloidale“, erfolgen muss.

In Anlehnung meiner Auffassung der „Bewegung an sich“ in der Weise der Welle, des Mäanders, des Wirbels (cf. Fig. 3) behaupte ich, dass Orte grösserer Konstanz, Unverschieblichkeit, also „Festigkeit“ im Raume — („leere Räume“ gibt es nicht in der wahren Natur, wo der „horror vacui“ herrscht, das andere ist nur gedankliche Vorstellung!) — immer da entstehen, wo die Wellenbewegung in Wirbelbewegung übergegangen ist. (Hier vergleiche man auch die Kreiselsetze in der Physik!)

Wenn wir die Fliessbewegungen im Wasser aufmerksam beobachten, kann man überall unschwer feststellen, dass dann aus der im Raume stetig den Ort wechselnden, fortschreitenden

Wellenbewegung eine gewisse Beharrlichkeit an einer beschränkteren Stelle resultiert, wenn die Wellenbewegung über die Mäandrierung in einen Wirbel (divortex) übergegangen ist, was sich leicht aus der dabei rückläufigen Bewegung erklärt, unter Umkehrung der Involution in die Evolution und vice versa. Hierbei ist die sogen. „Achse“ des Wirbels das relativ Konstanteste des ganzen Wirbels. Wenn wir nun eine mehr oder weniger starke Zusammendrückbarkeit, Kompressibilität des Mediums, in welchem Wellenbewegung in Wirbelung übergeht, annehmen (und dies müssen wir in gewissem Grade selbst bei Flüssigkeiten tun), so ist leicht begreiflich, dass die Achsenpartie des Wirbels eine Zusammenpressung erfährt und dadurch in einen festeren Aggregatzustand übergehen kann. Wenn sich der Wirbel in der

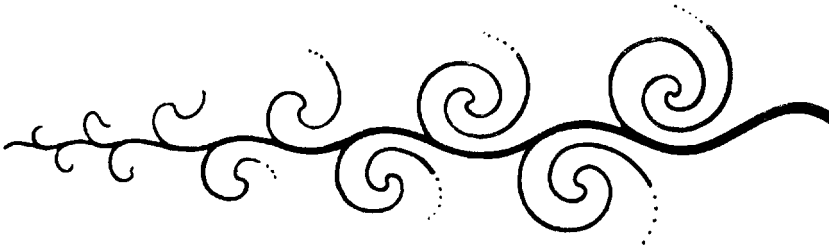


Fig. 8.

Achsenrichtung auszieht, wird dadurch ein spiralig oder schraubig gedrehtes fadenförmiges Gebilde entstehen können. Andererseits kann aber ein solches auch in der Weise entstehen, dass die Partien des Mediums, welche in der Mitte zwischen 2 oder mehr Wirbeln oder zwischen Doppel- oder Mehrfachreihen von mit einer gewissen Regelmässigkeit fortschreitenden Wirbeln zu liegen kommen, ebenfalls eine Kompression erfahren, so dass auch hier durch Übergang in einen festeren Aggregatzustand Fibrillen und Fäden entstehen, die ja in der Histologie auch meist eine typische wellige Form zeigen.

Dabei ist noch zu beachten, dass eine Aufteilung („Dimerie“) eines grösseren Wirbels in kleinere und noch kleinere eine oft zu beobachtende Tatsache ist, welche ihre tiefere Analogie in der Aufteilung einer wellenförmigen Schwingung in sekundäre Unterwellen hat. Beigegebene schematische Zeichnung (Fig. 8) von in Reihen angeordneten, nach zwei Seiten alternierenden Wirbelreihen zeigt, wie man sich das vorstellen kann. Dies hat eine

grosse Ähnlichkeit mit einer wachsenden Ranke im Pflanzenreich, die wieder an die Form einer allmählich abebbenden Welle erinnert (Fig. 3): der rhythmische, wellenartige Vorgang im Wachstum ist ja auch eine bekannte Tatsache, ebenso die „dimerische“ Aufteilung dabei.

Ich habe nach Beobachtungen und Versuchen Anlass, mir das „Abrollen“ einer Wirbelströmung in einem Medium

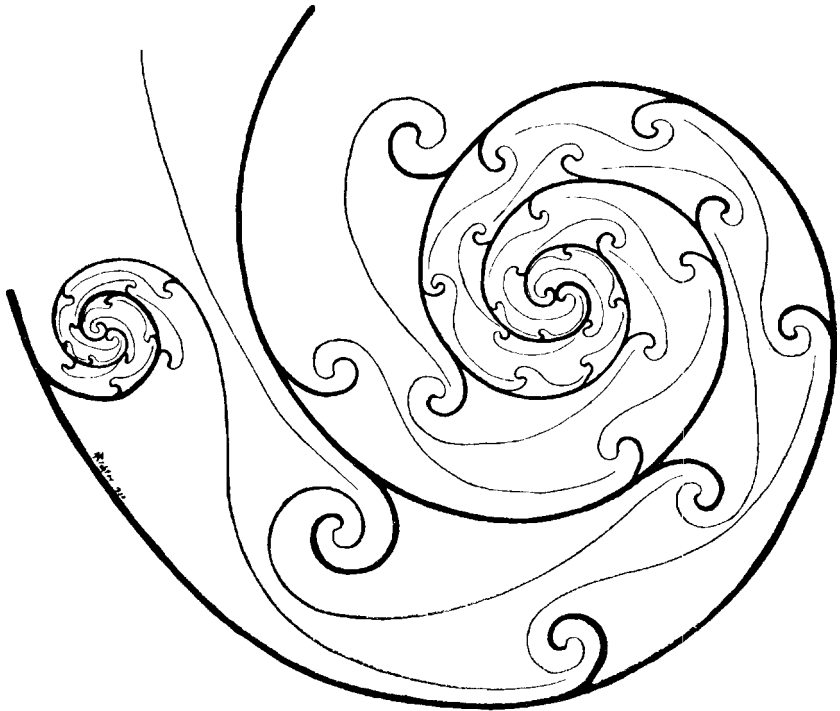


Fig. 9.

so vorzustellen, dass immer in den Zwischenräumen der grossen Spiralwirbeltouren sekundäre kleinere, in Graden abgestufte Teilwirbel, also gewissermassen Generationsfolgen „junger“ *divortices* entstehen. Hierdurch dürfte sich auch das relativ leichte „Abrollen“ der entgegengesetzten, involvierenden resp. evolvierenden grossen Spiraltouren erklären, da die sekundären Wirbel der einen, z. B. der involvierenden Hauptbewegung die entsprechende evolvierende fördern (cf. Fig. 9). Immer ist dabei festzuhalten, dass auch hier die „iniquitas“ zwischen In- und

Evolutionstour erhalten bleibt, entsprechend der Ungleichheit zwischen Auf- und Abstiegseite eines Wellenberges (cf. Fig. 2).

Zugleich ist im ganzen Wirbelsystem das Kontinuum erhalten! Durch eine solche Bewegungsvorstellung lassen sich die Haupterscheinungen der Kolloidchemie: Übergang von Sol in Gel und vice versa, Ausflockung, Faserbildung etc., auch die Brownsche Molekularbewegung unserem Verständnis viel näher bringen, als wenn wir an durch „leere Räume“ getrennten „Massenpunkten“, oder Elektronen oder Quanten, oder wie man noch die gleichen Teilkörper dieser „atomistischen Methode“

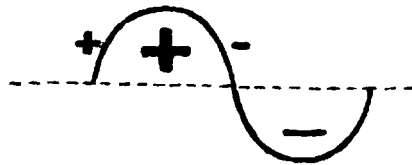


Fig. 2.

nennen mag, festhalten wollen. Die neueste Auffassung in der Biologie geht aber dahin, das Protoplasma, die lebendige Masse als ein Kolloid mit hochkompliziertem Aufbau in verschiedensten Dispersitätsgraden oder -phasen zu betrachten. „Phasen“ sind aber Bewegungsrhythmen, Kraft- bzw. Energiewellen.

—

L i t e r a t u r .

(Fortsetzung.)

8. Entz, Géza sen. Die elastischen und contractilen Elemente der Vorticellen. Mathem. u. Naturw. Berichte aus Ungarn. Bd. 10. Budapest, Berlin. 1892.

9. Abonyi, Sándor. Über die Entz'schen Cytophane (ungarisch: Az Entz-féle Cytophaneokról.) Állattani Közlemények 22. Budapest. 1926.

10. Koltzoff, N. K. Studien über die Gestalt der Zelle. 1. Untersuchungen über die Spermien der Dekapoden als Einleitung in das Problem der Zellengestalt. Arch. f. mikroskop. Anatomie. Bd. 67. p. 364—572. 1905.

11. Fayod, M. V. Structure du protoplasma vivant. Revue Génér. de Botanique. Tome 3. p. 193. Paris. 1891.

12. Fayod, M. V. Über die wahre Struktur des lebendigen Protoplasmas und der Zellmembran. Naturw. Rundschau. Jg. 5. Nr. 7. 1890.

13. Greeff, R. Über die Erd-Amöben. 2. Mittlg. Sitzungsber. der Gesellschaft. z. Befördg. d. ges. Naturw. Febr. 1891. p. 11. Marburg.

14. Lämmel, Rud. Ein Vierteljahrhundert Relativitätstheorie. Die Umschau. Jg. 34. H. 41. p. 822. 1930.
