Biologisches Centralblatt.

Unter Mitwirkung von

Dr. K. Goebel und Dr. R. Hertwig
Professor der Botanik Professor der Zoologie
in München,

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal
Prof. der Physiologie in Erlangen.

Der Abonnementspreis für 12 Hefte beträgt 20 Mark jährlich.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Die Herren Mitarbeiter werden ersucht, alle Beiträge aus dem Gesamtgebiete der Botanik an Herrn Prof. Dr. Goebel, München, Luisenstr. 27, Beiträge aus dem Gebiete der Zoologie, vgl. Anatomie und Entwickelungsgeschichte an Herrn Prof. Dr. R. Hertwig, München, alte Akademie, alle übrigen an Herrn Prof. Dr. Rosenthal, Erlangen, Physiolog. Institut einsenden zu wollen.

Bd. XXXII. 20. Dezember 1912. № 12.

Inhalt: **Voges**, Allgemeine Betrachtungen über Regenerationsvorgänge. — **Awerinzew**, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte von *Lagenophrys* sp.). — **Zacharias**, Eine neue Varietät des Pferdespulwurms. — **Reum**, Zur Biologie der Gattung *Microgaster* Latr. — **Peter**, Versuche über das Hörvermögen eines Schmetterlings (*Endrosa* var. *ramosa*). — **P. v. Liebermann**, Über das Wesen des Vokalklanges. — **L. v. Liebermann**, Über Resistenzänderungen der roten Blutkörperchen gegen hypotonische Salzlösungen bei Krankheiten und unter dem Einfluss verschiedener Gifte.

Allgemeine Betrachtungen über Regenerationsvorgänge.

Von Dr. Ernst Voges.

I.

Den folgenden Betrachtungen liegen die Regenerationserscheinungen an den Hagelschlagwunden von Holzgewächsen zugrunde, worüber an anderer Stelle berichtet wird. Hier seien zum Verständnis unserer allgemeinen Darlegungen nur ganz kurz einige Hauptergebnisse der Untersuchungen aufgeführt: Gegenüber den normalen Gewebe- und Organbildungen zeigt sich bei den Regenerationsvorgängen, welche auf den Ersatz der geschwundenen oder abgestorbenen Gewebepartien und Organteile abzielen, neben einer weitgehenden Zellenverkorkung und der geringeren Differenzierung der neu entstehenden Gewebemassen die Bildung neuer Gewebselemente, die im normalen Gewebskörper des verletzten Holzgewächses nicht vorkommen. Sodann sehen wir die Entstehung eigener Schutzgewebe in Gestalt von Korkzellagen, ferner die Beteiligung ganz ungleicher Gewebearten an dem Aufbau des Regenerats, also die infolge der Verwundung bewirkte Auslösung latenter Zellvermögen und weiter das auffällige Verhalten der Markstrahlen, die im Verein mit den Holzparenchymzellen durch Teilung und

durch ein hypertrophisches Wachstum ihrer Zellen ein Markstrahlzellengewebe entstehen lassen.

Durch radiale und tangentiale Teilungen der großen Fruchtfleischzellen der durch Hagelschlag verletzten Birnfrucht entsteht ein in seinen Zellelementen radiär angeordnetes Wundkorkgewebe. Es tritt ferner in der Hagelwunde dieser Frucht zu der Korkzelle die Sklerenchymzelle, welche direkt aus der Fruchtfleischzelle hervorgeht und, mit jener verbunden, ein Kork-Sklerenchymgewebe bildet, so zwar, dass die nach der Wundfläche gerichteten Zellradien im vorderen Teile aus Korkzellen und im hinteren Teile aus Sklerenchymzellen bestehen. Zuweilen kommen daneben auch parenchymatische Zwischenzellen vor. Ebenso gehen die Sklerenchymzellen in dem regenerierten Rindengewebe der Hagelschlagwunden von Pomaceen unmittelbar aus den Rindenparenchymzellen und aus Markstrahlzellen des Rindenteils hervor. Die Sklerenchymbündel treten dann in Gemeinschaft mit den Bastfaserbündeln zu einem geschlossenen mechanischen Bündelringe zusammen. Ein interessantes Vorkommnis, als hier ein Organ in einem regenerierten Gewebekörper auftaucht, welches dem normalen Rindenkörper unserer Pomaceen fehlt, während es bei zahlreichen anderen Holzgewächsen vorhanden ist. Das regenerierte Perideum hat wie das normale wohlausgebildete Lentizellen. Andere Eigenartigkeiten des Regenerats bestehen in dem zahlreichen Vorkommen von Chromoplasten und Kalkoxalat in den Rindenzellen sowie isolierter Bastfaserbündel und Holzkörper im Rindengewebe. Am auffälligsten aber reagierte der pflanzliche Organismus auf die Hagelschlagverletzungen durch Markstrahlzellgewebswucherungen. Sind die normalen Markstrahlzellen meist langgestreckt und tafelförmig, so erscheinen die Zellen der abnormalen Markstrahlen viereckig, keilförmig, länglich, tangential gestreckt und von ganz unregelmäßiger und absonderlicher Gestalt. Ihre Wandungen haben einfache, runde Tüpfel. Die trachealen Gewebselemente zeichnen sich durch große längliche Tüpfel aus. In dem wimmerigen oder maserigen Wundholze kommen kurze, tonnenartige Tracheiden mit länglichen Tüpfeln vor, die quer zur Längsachse gestellt sind. Ebenso mit Hoftüpfeln mit Längsspalt parallel zur Längsachse der Tracheide. Die verbogenen Fasertrachoiden haben Hoftüpfel.

Diese Knäuelbildung der Holzelemente führen bekanntlich Vöchting und Mäule auf die Polarität der Zellen zurück, während nach der älteren Ansicht das Vorhandensein zahlreicher Adventivknospen den Faserverlauf bedingt. Frank[1]) wiederum ist der Anschauung, dass Maserholz auch ohne Beteiligung von Adventivknospen oder sonstigen dem Cambium fremden Körpern, nämlich durch eine

1) A. B. Frank, Die Krankheiten der Pflanzen. Breslau 1885. I. Bd., S. 84.

bloß vom Cambium ausgehende veränderte Zusammensetzung des Holzes, insbesondere durch Verbreiterung der Markstrahlen entstehe. — Soviel über unser Tatsachenmaterial!

II.

Auf dem biologischen Forschungsgebiete begegnen wir zweien Richtungen, die bemüht sind, die ursächlichen Zusammenhänge der Erscheinungen und Wirkungsweisen aufzudecken. Das ist die mechanistische und die vitalistische Erklärungsart. Aber, ob uns die eine oder die andere begleitet auf dem so verheißungsvollen Pfade zur Erforschung des inneren Wesens der Dinge: gar bald sind wir mit unserer Erkenntnis zur Selbstbescheidung an das Ende gelangt. Und das gerade bei den Regenerationserscheinungen, wo der Organismus in der Entfaltung der Kräfte sich von einer anderen als der gewohnten Seite offenbart, wo er nach Eingriffen in seine Organisation gewisse Reaktionen zeigt, die morphologisch und physiologisch von seinem normalen Verhalten abweichen, wo er potentielle Energien entwickelt, die unter den gewöhnlichen Lebensverhältnissen nicht zutage kommen. So werden aber andererseits die Regenerationserscheinungen zur Quelle einer erweiterten Erkenntnis in das wechselvolle Spiel der Lebensvorgänge des Organismus, wobei sich neue Konstellationen zeigen, die unsere bisherigen Auffassungen über morphologische Struktur und physiologische Funktion, über spezifische Eigenschaften und Vermögen der Zellen, Gewebe und Organe oft wesentlich berichtigen.

Unsere Einsicht in die Entstehungs- und Differenzierungsweise der regenerierten Gewebe nach ihren treibenden Kräften ist nur sehr beschränkt. Wir erhalten, so bemerkt Simon[2]) mit Recht: „ja kein reines Bild von den Wirkungsweisen der einzelnen Faktoren auf die Gewebsdifferenzierung, sondern, was wir sehen, wird stets eine Kombination der Effekte von äußeren und inneren Bedingungen bleiben“. — Woher kommt es, um mit einer der zahlreichen Fragen zu beginnen, die sich bei unserer Untersuchung aufdrängen, woher kommt es, dass bei Verletzungen des Holzkörpers das Markzellengewebe nicht seinesgleichen, sondern grundverschiedene Gewebearten entstehen lässt, genau wie sie das Bedürfnis des pflanzlichen Organismus in dem jeweiligen Falle verlangt? Das in der darwinistischen Literatur viel zitierte Pflüger'sche Kausalgesetz, wonach „die Ursache jedes Bedürfnisses eines lebenden Wesens zugleich die Ursache der Befriedigung des Bedürfnisses ist“, gibt, was auch schon Winkler[3]) hervorhebt, für solche Erscheinungen

2) Experimentelle Untersuchungen über die Differenzierungsvorgänge im Callusgewebe von Holzgewächsen. In: Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 45, 1908.

3) Über die Umwandlung des Blattstieles zum Stengel. In: Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 45, 1908, S. 61.

keine kausale Erklärung, sondern nur die Feststellung eines tatsächlichen Vorgangs. Wie in unserem Falle, so stellt sich durch die Hagelschlagverletzung im Organismus das Bedürfnis nach Ersatz der vernichteten Körperteile ein, wenn anders jener nicht durch Gefolgschädigungen zugrunde gehen soll. Die Verletzung ist also die äußere Ursache zu dem Bedürfnis und zugleich die Ursache, dass dieses befriedigt wird. Aber mit der Konstatierung dieser Tatsachenaufeinanderfolge wird ihre innere kausale Verknüpfung gar nicht berührt. Welches sind denn nun die causae efficientes, dass das Markzellengewebe nicht gleichartige, sondern ungleichartige Abkömmlinge hervorbringt, entsprechend dem vorliegenden Bedürfnis? Die Tatsache, dass die Markzelle nicht nur Abkömmlinge gleicher, sondern auch ungleicher Art in die Welt schickt, dass eine morphologisch und funktionell schon differenzierte Zelle ihren Charakter unter gewissen äußeren Bedingungen ändern und mit bis dahin latentem Vermögen hervortreten kann, diese Erscheinung ist zwar aus der Vererbung erklärbar, wonach die im Laufe der phylogenetischen Entwickelung erworbenen morphologischen und physiologischen Eigenschaften, wie sie in den verschiedenen Gewebearten vorliegen, auch dem Plasma der Markzellen inhärent blieben. Aber wenn wir auch annehmen, dass diese Energien durch die schädigenden Eingriffe in den Bestand des Organismus ausgelöst werden, so bleibt uns doch die Art des Reagierens des Organismus, weshalb so und nicht auch in einer anderen Weise, ganz unverständlich. Die Notwendigkeiten hierfür entziehen sich vollständig unserer Einsicht. Wir kommen nur zu immer neuen Fragestellungen. Wir sehen, wie die Zellen und der Gesamtorganismus bei abnormalen Lebensbedingungen nach dem Effekt zweckmäßig handelt, wie bei Verletzungen ein Wundverschluss gegen weitere Schädigungen zustande kommt, indem sich die Gefäße mit Wundgummi verschließen, die Gewebselemente des Rinden- und Holzkörpers ihre Membranen verdicken oder Suberinlamellen ablagern, ferner wie unterhalb der abgestorbenen Zellen die lebenden ein Schutzgewebe in Gestalt eines neuen Periderms bilden und wie dann aus dem neu entstandenen Wundgewebe sich die einzelnen Gewebearten differenzieren. Alles Vorgänge, welche zwar die mechanistische Erklärungsweise auf Reizwirkungen zurückführt. So sagt Simon[4]) über die Entstehungsweise der Leitungsbahnen: „Die junge, in der Entstehung begriffene Anlage übt auf die in der Verlängerung ihrer Längsachse liegenden Calluszellen einen Reiz aus, der diese veranlasst, Leitungsbahnen auszubilden. Die Reaktion der Calluszellen auf diesen Reiz äußert sich zunächst in einer Teilungstätigkeit, die zur Anlage eines kurzen Procambiums führt. Mit dem schnelleren

4) A. a. O., S. 366.

Größerwerden der Anlage aber erreicht der Reiz bald eine solche Höhe, dass die in der Calluszelle vorhandene Fähigkeit, sich direkt zur Tracheide resp. Trachee umzuwandeln, realisiert wird."

Allein, wir sind in Verlegenheit, wenn wir sagen sollen, worin denn dieser Reiz besteht, welcher die Calluszellen zur Bildung ungleichartiger Gewebselemente nötigt; wir sind ratlos, was wir uns darunter vorstellen sollen. Wenn von der Höhe eines bestimmten Reizes die Entstehung der Trachee abhängt; was bewirkt denn, dass diese Höhe erreicht wird? Und was geschieht, falls die Steigerung nicht erfolgt? Kommt es dann überhaupt zu keiner Gewebsdifferenzierung? Und weshalb entsteht das eine Mal auf einer Reizhöhe eine Tracheide und das andere Mal als Produkt der Nachbarzellen eine Holzparenchymzelle oder Fasertracheide? Sind es wechselnde Grade desselben Reizes oder unterschiedliche Reizqualitäten, die sie entstehen lassen? Und worin bestehen diese verschiedenen Reizqualitäten, worauf beruhen sie? Auf all diese Fragen vermögen wir keine Antwort zu geben. Was will es besagen, wenn es bei Küster[5]) im entwickelungsmechanischen Sinne heisst: Die unterschiedliche Ausbildung der Procambialstränge im Stengel der Monocotyledonen zu mechanischen oder zu Leitbündeln hängt ursächlich gewiss mit der Lage des betreffenden Stranges und mit seiner Entfernung von der Oberfläche des Achsenorgans zusammen. Sind erst einmal aus dem homogenen Urmeristem heterogene Gewebsschichten entstanden, so werden sie sich gegenseitig mechanisch wie chemisch (durch ihre Stoffwechselprodukte) beeinflussen und die Ausbildung weiterer Mannigfaltigkeit bedingen."

Das ist doch, mit Verlaub, schwerlich eine entwickelungsmechanische Erklärung der Gewebsdifferenzierungsvorgänge! Eher doch wohl ein Rückschluss, den wir in diesem Falle machen, indem wir uns im Zirkel drehen: wir kennen die topographische Verteilung der ausgebildeten Gewebesysteme im Achsenorgane, ihre Lageverhältnisse zueinander. Und man schließt nun, dass mit dieser ihrer bestimmten und ungleichen Lagerung die ungleiche Ausbildung ihrer procambialen Anlagen zusammenhängt! Aus der Lagerung der Gewebesysteme, ihrem örtlichen und zeitlichen Auftreten im Achsenorgane, lässt sich entwickelungsmechanisch auch kein Gesetz ableiten, höchstens eine Regel. Denn die Gewebsregenerationen bei Verwundungen werfen jenes über den Haufen. Als gesetzmäßig hatten wir bislang erkannt, dass die Korkzelle aus der Epidermiszelle hervorging und nicht umgekehrt. Jetzt aber fand Vöchting[6]) an regenerierten Geweben des Kohlrabi, dass die

5) Aufgaben und Ergebnisse der entwickelungsmechanischen Pflanzenanatomie. In: Progr. rei botanicae. Bd. II, 1908, S. 519.

6) Untersuchungen zur experimentellen Anatomie und Pathologie des Pflanzenkörpers. Tübingen 1908, S. 78.

Epidermis aus Kork entstehen kann! Wenn man sodann mit Küster die Mannigfaltigkeit der Gewebeschichten auf ihre gegenseitige mechanische und chemische Beeinflussung mit zurückführt, so ist das gewiss in mancher Hinsicht zutreffend. Experimentell ist der Einfluss des Druckes, der Schwerkraft, des Lichts, der Wärme, der Elektrizität, der Luftfeuchtigkeit, des Wasserkontaktes und der verschiedenartigsten chemischen Reagentien auf das Wachstum und die Ausbildung der Gewebselemente erwiesen. Aber all die tatsächlichen Feststellungen geben uns noch keinen aufklärenden Einblick in die ursächlichen Zusammenhänge der Entstehungsweisen und Differenzierungsvorgänge der verschiedenartigen Gewebe. Woher kommt es, dass unter anscheinend äußerlich gleichen Bedingungen im regenerierten Rindengewebe unmittelbar neben den Bastbündeln noch Sklerenchymbündel entstehen, die im normalen Gewebe fehlen? Welcher Art sind die mechanischen oder chemischen Einwirkungen, dass nach Verletzungen des Achsenorgans nun Bastbündel von Korkzellenwällen umgeben werden und Holzkörper in der Rinde erscheinen? Wie ist es zu erklären, dass bei dem Verwachsungsprozesse der aufeinander treffenden Calli die gleichartigen Gewebselemente sich derartig miteinander verbinden, dass selbst die Tüpfel in den gegenseitig aufeinander stoßenden Membranen der Zellen miteinander korrespondieren? Welche mechanischen oder chemischen Bedingungen, welche Tropismen sind es, die hier für die aufeinander zukommenden Protoplasten die Orientierung bewirken, dass die Tüpfelbildung in den Zellwänden der gegeneinander wachsenden Zellen gleichsinnig wird?

Selbst da, wo bestimmte Wachstumsvorgänge und Gewebsbildungen eine kausale Erklärung in gewissen äußeren Faktoren fänden, also ein mechanischer Kausalnexus nachweisbar ist, selbst da geraten wir noch zu Widersprüchen bei ein und derselben Erscheinungsweise. So sagt H. Winkler[7]): „Zwischen der Transpirationsgröße und dem Maße der Gefäßbildung besteht eine strenge Proportionalität, die den Gedanken an einen kausalen Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen nahelegt. — Die Transpiration beeinflusst die Qualität des Zuwachses in dem Sinne, dass er gefäßreicher wird.“ — Allein, die Gefäßbildung im Wundholz der Hagelschlagwunden der Pomaceen ist mit dieser sonst gewiss zutreffenden, aus dem experimentellen Ergebnis abgeleiteten Regel nicht in Einklang zu bringen. Das eine Mal erscheinen in dem Wundholz überhaupt keine oder nur ganz englumige Gefäße, das andere Mal waren in der gleichen an den Rindenkörper grenzenden Wundholzpartie die Gefäße größer, als im normalen Holze. Die Wunden waren in der gleichen Zeit entstanden und untersucht.

7) A. a. O., S. 68.

Auch de Vries[8]) berichtet über gleiche Anomalien: „Das langzellige faserlose Wundholz besteht aus Holzparenchymfasern und engen Gefäßen, welche gewöhnlich anscheinend ohne Regel miteinander gemischt sind. Bald besteht es hauptsächlich aus Holzparenchym mit nur wenigen Gefäßen. Bald herrschen die Gefäße mehr oder weniger vor, nicht selten fast bis zum gänzlichen Ausschluss des Holzparenchyms. Diese Unterschiede mögen oft in der Natur der Spezies begründet sein, oft aber sind sie dies entschieden nicht. So zeigte *Populus canescens* in einem Ende Mai verwundeten Zweige fast nur enge Gefäße im faserfreien Wundholze, während ein Mitte August verwundeter Zweig desselben Baumes in demselben Gewebe sehr viel Holzparenchym zwischen den Gefäßen erkennen ließ.“ —

Wie Winkler[9]) dann weiter ausführt, so dürften wir uns den Vorgang der Gefäßbildung nach Bedarf etwa so vorstellen, dass die unmittelbar an tätige Gefäße grenzenden lebenden Zellen, die ja vielleicht selbst direkt an der Wasserleitung aktiv beteiligt seien, Zustandsveränderungen erfahren, die mit der Größe des von den Gefäßen transportierten Wasserstromes schwanken und die sich durch die benachbarten lebenden Zellen bis zum Cambium fortpflanzen und hier die Cambiumzellen in einen Zustand versetzen, der die Entstehung einer Gefäßtochterzelle zur Folge habe. Als Reizleiter spricht Winkler besonders die Markstrahlen an, die gewissermaßen das Cambium zu orientieren hätten über das Bedürfnis. Der ganze Vorgang verlaufe rein mechanisch und nicht etwa so, dass die Cambiumzellen nun je nach der Art des ihnen zugeführten Reizes „entschieden“, ob es zweckmäßig oder nicht sei, unter den gegebenen Bedingungen eine Gefäßzelle oder ein anderes Element zu liefern. —

Also auch hier soll durch die stärkere Inanspruchnahme der Leitungsbahnen in den benachbarten Protoplasten der Gefäße ein Reiz ausgelöst werden, der sich durch die Markstrahlen nach den Cambiumzellen fortpflanzt, die nun ihrerseits daraufhin Gefäße entstehen lassen. Aber auch hier müssen wir fragen: Was ist denn das für ein Reiz, welcher die Cambiumzellen nun nötigt, für den in Aussicht stehenden gesteigerten Leitungsbahnenbedarf die erforderlichen Gefäße zu produzieren und nicht etwa Fasertracheiden oder Holzparenchymzellen? Was wir uns nach mechanischen Prinzipien bei der ganzen Reizwirkung vorstellen können, das ist eigentlich letztinstanzlich recht wenig; nämlich: durch die stärkere Inanspruchnahme der Leitungsbahnen wird auf die Nachbarzellen der Gefäße ein erhöhter Druck und durch das größere Wasserstromquantum, welches an oder durch die Protoplasten gehe, wird diesen

8) Über Wundholz. In: Flora, 59. Jahrg., 1876, S. 84.
9) A. a. O., S. 79.

zugleich ein größeres Stoffquantum zugeführt, was beides gewisse Zustandsänderungen oder Störungen des bisherigen molekularen Gleichgewichts und eine andere Konstellation verursacht, welche, von den Markstrahlen als Reiz auf die Cambiumzellen übertragen, diese zu einer Gefäßproduktion veranlassen! Es wird gewiss jeder eingestehen, dass dies denn doch nur eine recht willkürliche und rohe Anschauungsweise ist über die zweckmäßige Handlungsweise des pflanzlichen Organismus, der zur Befriedigung eines sich zeitweilig einstellenden Bedürfnisses besondere hierfür geeignete Organe bildet! Aber wir sind nach unserem heutigen Wissen außerstande, eine tiefere Erkenntnis in das Wesen der Reizqualitäten — und verschiedene Qualitäten muss die mechanistische Erklärungsmethode schon annehmen — zu gewinnen.

Gewiss, wir sprechen wohl vom Wundreiz, der durch einen mit Substanzverlust verbundenen Eingriff in das lebendige Gefüge des Organismus hervorgerufen wird, wobei durch die Wunde bisher eingeschlossene Gewebeteile freigelegt und Wachstumswiderstände aufgehoben werden. Aber die Anschauungen hierüber sind bei weitem nicht geklärt. M. Verworn[10]) definiert Reiz ganz allgemein als eine Veränderung in den äußeren Lebensbedingungen. Und die Reize, deren man mechanische, chemische, thermische und elektrische unterscheidet, beeinflussten die Intensität des normalen Lebensprozesses der Zellen, indem sie entweder eine Steigerung desselben, oder eine Herabsetzung, eine Lähmung herbeiführen. Erregung und Lähmung des Stoffwechsels der Zellen, so lautet nach Verworn das allgemeine Gesetz der Reizwirkungen, sind die fundamentalen Ursachen der ganzen Fülle mannigfaltiger Reizerscheinungen am Organismus. Sodann wieder unterscheidet man eine funktionelle, eine nutritive und eine formative Reizung der Zellen. Bei der funktionellen Reizung ist die Funktion gesteigert, bei der nutritiven das Zellenwachstum, bei der formativen die Zellvermehrung. Die nutritive und formative Zelleistung fasst C. Weigert[11]) unter dem Namen der bioplastischen Prozesse zusammen. Der Umstand, dass nach äußeren Eingriffen Zellwucherungen entstehen, genügt nach Weigert jedoch nicht, um es als selbstverständlich zu betrachten, dass diese durch den äußeren Eingriff selbst angeregt würden, dass es also direkte äußere bioplastische Reize gebe. Driesch[12]) sieht nicht in der Wunde den auslösenden Faktor für eine Regeneration, sondern in der gestörten Kommunikation der

10) Erregung und Lähmung. In: Verhandl. d. Gesellsch. d. Naturf. u. Ärzte, 1896, S. 76.

11) Neue Fragestellungen in der pathologischen Anatomie. In: Verhandl. d. Gesellsch. d. Naturf. u. Ärzte, 1896, S. 123.

12) Die organischen Regulationen. Vorbereitungen zu einer Theorie des Lebens. Leipzig 1901, S. 62.

Gewebe. Auch Nemec[13]) hält den Wundreiz nicht für das Wesentliche zur Hervorrufung der Regenerationsvorgänge. Wäre er dies, so müsste eine stärkere Verwundung auch eine Beschleunigung der Regeneration bewirken, was nicht der Fall sei, weshalb die Verwundung nicht das Wesentliche wäre. —

Allein, so ohne weiteres ist nicht einzusehen, wie von der Stärke der Verwundung die Energie der Regeneration abhängen sollte. Oder, was dasselbe sagt: je stärker der Wundreiz, desto beschleunigter die Regeneration! Um zu einer solchen Ansicht zu kommen, da müsste man das, was den Wundreiz ausmacht, in allen seinen Einzelheiten kennen. Wohl aber sagt uns eine aus der Erfahrung abgeleitete allgemeine Erwägung, dass Reizgrad und Effekt in einem gewissen Verhältnis zueinander stehen, dass Schwell- und Grenzwerte für sie vorhanden sein müssen. So vermag der thermische Reiz die Bewegungen zahlreicher Protozoenformen zu steigern. Überschreitet er ein gewisses Maß, so erfolgt jedoch Bewegungslosigkeit und die Wärmestarre bei den Organismen. Wird also eine bestimmte Reizhöhe überschritten, so tritt das Entgegengesetzte ein von dem, was ein schwacher Reiz bewirkte. Einmal angenommen, die Regenerationsenergie hänge von der Stärke der Verwundung ab, wie das insofern bei dem tierischen Organismus zutrifft, als experimentell festgestellt wurde, dass die Regeneration[14]) eines Armes eines Schlangensternes schneller erfolgte, wenn gleichzeitig mehrere Arme entfernt wurden, so ist übrigens hieraus, weil bei einer stärkeren Verwundung die Regeneration schneller vor sich geht, als bei einer schwächeren, die Schlussfolgerung doch noch nicht berechtigt, dass die Verwundung an sich allein der eigentlich auslösende und betreibende Faktor der Regeneration sei. Und ebensowenig dürften wir argumentieren: weil die Regenerationsenergie unabhängig von der Stärke der Verwundung ist, kann deshalb der Wundreiz nicht der auslösende Faktor der Regeneration sein. Denn es ist sehr wohl denkbar, dass der Verlauf der Regeneration von ganz anderen Umständen abhängt, als ihre Ingangsetzung. Durch den Eingriff in den Lebensmechanismus, der zunächst eine Störung des bisherigen normalen Zustandes bewirkt, indem anderweitige Stoffumlagerungen durch veränderte Bewegungen sich vollziehen, durch einen solchen Eingriff sind die an den Stoff gebundenen potentiellen Energien im Organismus geweckt, es sind gleichsam gewisse Spannungen ausgelöst, wodurch das Lebenstriebwerk zu besonderen Leistungen angeregt wird, die auf die Ergänzung des Substanzverlustes und auf Behebung der Störung

13) Studien über Regeneration. Berlin 1905. Nach einem Zitat im Sammelreferat von W. Magnus: Regenerationserscheinungen bei Pflanzen. In: Naturw. Wochenschr. Nr. 40, 1906.

14) E. Korschelt, Regeneration und Transplantation. Jena 1907, S. 147.

hinauslaufen. Das aber wieder sind gesonderte Vorgänge, die nichts mehr mit dem Wundreiz an sich zu tun haben. Ebensowenig wie Feuchtigkeit und Wärme mit dem Keimungsprozess, obwohl sie erst die im Samenkorn schlummernden Energien wecken, dass sie zur Auslösung gelangen. Jene latenten Vermögen der Zellen können aber nur zur Betätigung kommen, wenn der Anstoß dazu durch eine Verwundung gegeben ist. Und insofern ist sie tatsächlich der auslösende Faktor für eine Regeneration. Das erste Glied in der komplizierten Gleichung der Regenerationsvorgänge, die ohne diesen Reiz nicht zur Aufstellung in der Natur käme.

Aber nicht nur auf ihre Aufstellung, sondern auch auf die Art ihrer Lösung hat die Verwundung im gewissen Sinne einen bestimmenden Einfluss. Insofern nämlich, als von dem Umfang und der Art der Verwundung auch die Art der Regenerationsvorgänge abhängt. Jede Verwundung setzt sich aus Einzelverwundungen zusammen. Je nachdem, welche Zellen, welche Gewebe und Organe im Pflanzenorganismus getroffen und wie sie verletzt sind, je nachdem zeigt sich, da die einzelnen Zell- und Gewebearten eine bestimmte Selbständigkeit besitzen, auch ein ungleichartiges Reagieren. Und aus diesen ineinander greifenden Einzelreaktionen setzt sich der Komplex der Regenerationsvorgänge zusammen. Ob Längs- oder Querwunde, ob nur das Oberhautgewebe, oder das Collenchym, das Rindenparenchym mit den Bastbündeln, ob das Cambium oder das Holzgewebe in seinen inneren Teilen bis zum Mark hat Eingriffe erlitten, ob bei der Wurzel das Pericambium oder das exile Gewebe verletzt, das ist mitbestimmend für den Verlauf der Regenerationsvorgänge. Ist, nachdem durch diesen zerstörenden Eingriff in die bisherigen Organisationsverhältnisse auch die äußeren Lebensbedingungen, unter denen bislang der Stoffwechsel, die Assimilation, Respiration und all die mannigfachen Oxydationsprozesse vor sich gingen, eine Veränderung erfahren haben, mitbestimmend für das jetzt anhebende Wechselspiel der gegenseitigen Beeinflussung der Zellen und Gewebe unter sich. Ob man bei dieser gegenseitigen Beeinflussung, vor allem durch Druck und Nährstoffvorwegnahme, wodurch ein ungleiches Wachstum und ungleiche Formengestaltungen sowie Lageverschiebungen der Gewebselemente, stellenweise eine Beengung in der freien Entfaltung der in jeder lebenden Zelle enthaltenen Energien bedingt werden, ob man hierin nun einen Kampf der Teile mit Roux zu erblicken hat, welcher um die Erlangung der günstigsten Daseinsbedingungen zwischen den verschiedenen Zellorganisationen entbrennt, das erscheint mir doch fraglich. Bestände ein solcher Kampf unter den Elementen eines Gewebeverbandes, so wäre das gleichbedeutend mit anarchistischen Zuständen im Zellenstaate, während doch ein gleichsinniges Zusammenwirken der verschieden-

artigen Zellen- und Gewebsverbände die notwendige Voraussetzung für die Bestandsicherung des Gesamtorganismus ist. Sonst müsste man annehmen, dass über dem Kampfe der Teile eine Regulation stände, die verhütete, dass durch ihn nicht der Gesamtbestand, der ganze Organismus gefährdet wird. Aber wer oder was ist es denn nun, das regulatorisch eingreift, damit nicht der wüste Kampf der Teile mit dem Untergang des Ganzen endet? Auch hier stehen wir wieder vor dem großen Rätsel des Lebens, das uns überall entgegentritt, sobald wir den Endursachen des Wirkens in der Natur nachgehen und uns nicht mit Umschreibungen der Erscheinungen und Vorgänge begnügen.

Wollen wir sodann mit Goebel[15]) aus den qualitativen Unterschieden in den organbildenden Baustoffen, insonderheit aus der Polarität der Zellen und aus der dadurch bedingten verschiedenartigen Stoffstromrichtung die Neubildung und richtige Lagerung der Ersatzteile nach einem Substanzverlust erklären, oder mit Morgan, Noll und Przibram generell die Gleichgewichtsstörungen oder Spannungsdifferenzen in der Materie dafür regenerationsanregend und regulierend ansprechen, so geben diese Erklärungsversuche neben neuen erweiterten Ausblicken auf dem Felde der Naturerkenntnis aber auch zugleich neue Probleme: die Regenerationsgleichung ist eben nicht gelöst! Dass, wie Goebel und andere Forscher annehmen, die Qualität der plastischen Stoffe bei der Art der Organbildung eine ausschlaggebende Rolle spielt, und nicht die Quantität, wie Klebs und Magnus meinen, dieser Anschauung möchten auch wir uns anschließen. Wenn Magnus[16]) glaubt, es seien „in letzter Hinsicht die Ernährungsbedingungen, die die Anlage resp. Umdifferenzierung der Anlage dieses oder jenes Organs bedingen“, so hat schon Weigert[17]) in etwas drastischer Weise bemerkt, dass noch niemals durch viel Futter ein Mops in einen Neufundländer verwandelt sei.

Die Ernährungsbedingungen haben sicherlich einen bedeutenden Einfluss auf die Ausgestaltung der Gewebe- und Organanlagen. Aber bestimmend, so etwa, dass von der Quantität der Nährstoffe die Gewebe- und Organdifferenzierung abhinge und die Unterschiede in den Nährstoffmengen auch Unterschiede in den Zellgeweben bewirkten und die eine Gewebeart in die andere überführten, das ist doch wohl nicht der Fall. Zwar hat besonders G. Klebs[18]) gezeigt, dass bei Blütenpflanzen sowie bei Algen und Pilzen von der Konzentration des Nährmediums das vegetative bezw. das fruktifikative

15) Nach einem Sammelreferat von Werner Magnus, Regenerationserscheinungen bei Pflanzen. In: Naturw. Wochenschr., Nr. 40, 1906.

16) A. a. O.

17) A. a. O.

18) Über Probleme der Entwickelung. In: Biol. Centralbl., 1904.

Wachstum abhängt. Allein, dem stehen auch zahlreiche Versuche gegenüber, zumal Kulturversuche mit Pilzen, die dartun, dass trotz der verschiedensten Nährmedien in den wechselndsten Konzentrationen, dass trotz aller Kombination und Variation dieser äußeren Lebensbedingungen die betreffenden Pilze zu keiner Fortpflanzung und in anderen Fällen zu keinem vegetativen Wachstum nach der Keimung zu bringen waren. Hier entschied also nicht „die Außenwelt, ob überhaupt und zu welcher Zeit und in welchem Grade die Fortpflanzung an Stelle des vegetativen Wachstums tritt“ [19]). Ein einzelner Lebensfaktor kann in seiner quantitativen Steigerung oder Herabsetzung wohl den Organismus vernichten, jedoch nicht einzig und allein Organteile gestaltend schaffen. Die schöpferische Gestaltung ist erst dem Zusammenwirken der verschiedenen Lebensfaktoren möglich! Übrigens hebt auch Klebs „den notwendigen Zusammenhang jeder Formbildung mit bestimmten äußeren und inneren Bedingungen“ ausdrücklich hervor. Und er betont ferner, dass das Problem der Form ein ganz allgemeines Problem der Naturwissenschaft sei, das im letzten Grunde erkenntnistheoretischer Art und für uns unlösbar wäre, eine Ansicht, der man nur zustimmen kann. Welcher Art die Vorgänge im Inneren der Zellen indes sind, die eine Um- oder Neubildung von Formen, einen gestaltenden Prozess an der Pflanze zunächst einleiten, ob sie auf quantitativen oder auf qualitativen Änderungen der inneren Bedingungen zur Herbeiführung der Formenbildungen beruhen — das entzieht sich unserer Wahrnehmung. Wo aber mit jedem Jahre neue organische Verbindungen nachgewiesen werden, ihre Zahl gleichsam in das Ungemessene wächst bei einem toten Material, um wieviel mehr haben wir da Ursache, anzunehmen, dass im lebenden Organismus als einem System stetig sich verändernder Massen die Lebensprozesse wie Wachstum und Fortpflanzung nicht nur auf quantitativen, sondern weit mehr noch auf qualitativen Änderungen der inneren Bedingungen beruhen.

Wären nur die Ernährungsbedingungen maßgebend für die Anlage und Ausbildung der Organteile, so müsste sich das auch an dem Verhalten der Regenerate der Hagelschlagwunden zeigen. Aber die mit Wunden übersäten Zweige der Bäume im nährstoffreichen Boden wie jene im nährstoffarmen Erdreich bekundeten bei dem Wundheilungsprozess ein gleiches Verhalten. Ebenso vermag ich keinen Umstand zu finden, der dazu nötigte, die Abwegungen von den normalen Gewebebildungen und Wachstumsweisen des Organismus im Regenerationsprozess: wie Sklerenchymbildung, die direkte Umwandlung von Rindenparenchymzellen in Sklerenchym- und in Bastzellen, die Wucherung der Markstrahlzellen in

19) A. a. O., S. 553.

den Hagelschlagwunden, also Zellen- und Gewebs-Umordnungen und Umdifferenzierungen nach Roux nur auf Ernährungsbedingungen zurückzuführen. Auch unter den infolge der Verletzung veränderten Ernährungs- und Wachstumsbedingungen kommt es stets wieder zu einer Periderm-, Rinden- und Holzgewebebildung unter Einlenkung in die normalen Bahnen der Organisationsentwickelung.

Wenn nun die Ungleichartigkeit der Baustoffe sowie das polare Verhalten der Zelle, wonach sie „sprossbildende Substanzen nach der Sprosseite, wurzelbildende nach der Wurzelseite transportiert" und die dadurch verursachte „verschiedenartige Stromrichtung"[20]) die „Neubildung und richtige Lagerung der fehlenden Organe veranlassen" sollen, dann fragt man sich: Worin besteht die Ungleichartigkeit der plastischen Stoffe? So gewaltig auch die Fortschritte in der Chemie der Eiweißstoffe gewesen sind: von der Chemie der lebendigen Substanz wissen wir so gut wie nichts! Und die Polarität der Zellen? Sie soll nach Vöchting eine Struktureigentümlichkeit der Zelle sein und nach Sachs und Goebel[21]) durch die Wanderung spezifischer plastischer Stoffe nach entgegengesetzten Zellrichtungen zustande kommen. — Es wird also eine Auswahl und Scheidung von Baustoffen vorgenommen, sodann ein Transport nach gegensätzlichen Richtungen sowie eine Ablagerung an den beiden Richtungspunkten, dem Basal- und dem Apikalpunkt der Zelle. Welches sind nun die auswählenden und bewegenden Kräfte? Ist es der Chemismus der Zelle, welcher die Sonderung der plastischen Stoffpartikelchen bewirkt und verhalten sich diese bei ihrer Ortswanderung nach entgegengesetzten Richtungen passiv oder aktiv? Werden sie von der Plasmaströmung befördert, so käme für die Polarität der Molekulardruck oder die Oberflächenspannung in Frage, welche die Plasmaströmung beherrscht[22]), so zwar, dass die Molekel von dem Orte der geringeren Oberflächenspannung nach dem Orte der größeren Spannung hingezogen würden. Da aber die Oberflächenspannungen und damit die Mechanik der Bewegung in der Zelle wechseln können, wer hält die passiven plastischen Teilchen am zugewiesenen Orte oder dem Pole fest, dass sie nicht mit der Plasmaströmung den Ort wechseln, also die Polarität der Zelle wieder aufgehoben ist? Nimmt man aber an, dass die differenten Polaritätsmolekel sich aktiv verhalten, also ein Orientierungsvermögen beweisen und durch die Eigenbewegung nach entgegengesetzten Richtungen in der Zelle wandern und sich dort gruppieren, so muss ein Affinitätsverhältnis je unter den Spross-Polaritätsmolekel und den Wurzel-Polaritätsmolekel bestehen, damit Gleichartiges zu Gleichartigem kommt und an den entgegen-

20) Magnus, Regenerationserscheinungen bei Pflanzen. Sammelref. a. a. O.
21) Allgemeine Regenerationsprobleme. In: Flora, Bd. 95, 1905, S. 407.
22) E. Berthold, Studien über Protoplasmamechanik. Leipzig 1886, S. 115.

gesetzten Zellpunkten verharrt und nicht changiert. Genug, je weiter unsere erkenntnissuchende Analyse geht, um so mehr zwingt sie uns, die für das Spross- und die für das Wurzelwachstum bestimmten plastischen Stoffe mit Eigenschaften auszustatten, welche denen der prästabilierten Monaden Leibniz' wenig nachstehen.

III.

Zweifellos hat die entwickelungsmechanische Forschungsmethode und Betrachtungsweise zu ungeahnten Ergebnissen und Erkenntnissen geführt. Aber sie enthüllt, was auch Goebel[23]) in ähnlicher Weise hervorhebt, uns weder das Wesen der Polarität, noch viel weniger die damit zusammenhängenden Lebensvorgänge im Organismus. Unsere mechanistische Vorstellungs- und Anschauungsweise bleibt doch da nur recht grobsinnlich und ebenso plump wie das künstliche tote Maschinentriebwerk zu dem lebendigen Organismus!

Die Schwierigkeiten, die sich einstellen, sobald es sich darum handelt, die zweckmäßigen Reaktionserscheinungen des pflanzlichen Organismus auf schädigende Eingriffe zu erklären, diese weiß am ehesten die vitalistische Erklärungsweise zu beheben. Sie anthropomorphosiert einfach, indem sie Plasma, Zelle und den Gesamtorganismus mit seelischen Qualitäten ausstattet, mit Willen, Überlegung, Urteil, Vorstellung und Gedächtnis. Gleichwie der Mensch sich den veränderten Lebensbedingungen seiner Umgebung anzupassen weiß, durch ein zweckmäßiges Handeln, zuweilen auch unzweckmäßiges, bei Gefährdungen der Außenwelt, so soll auch der pflanzliche Organismus verfahren zu eigener und der Arterhaltung. Es hat nun zwar W. Roux[24]), der Hauptvertreter der Entwickelungsmechanik, die Selbstregulation als eine Grundeigenschaft der Lebewesen erklärt. — Aber ein solches Vermögen oder eine solche „elementare Eigenschaft der Lebewesen" muss doch für unsere Vorstellung neben der Empfindung auch ein Unterscheidungs- und Urteilsvermögen in sich schließen. Ohne diese Vermögen ist eine Selbstregulation, d. h. im gegebenen Falle bei schädigenden Einwirkungen und unter veränderten Lebensbedingungen durch zumeist zweckmäßige Handlungen — in dem Selbst liegt das eigene Handeln nach voraufgegangenem Wollen — eine Abwehr der Gefährdungen und Sicherung der Existenz vorzunehmen, für uns nicht denkbar. Die Lebewesen, die sich „selber im Wechsel der Umstände erhalten" mit Roux[25]) als Selbstbildungs- und Selbsterhaltungsmaschinen noch obendrein mit der „sogenannten geistigen Selbstbestimmung" und die besonderen Wirkungsweisen, welche in

23) A. a. O., S. 407.

24) Die Entwickelungsmechanik. Ein neuer Zweig der biologischen Wissenschaft. Leipzig 1905.

25) A. a. O., S. 227.

den Lebewesen stattfinden, auf Ursachen zurückzuführen, die in der komplizierten physikalisch-chemischen Zusammensetzung der Lebewesen liegen — diese Umschreibung der Lebensinhalte und Vorgänge eines zielstrebigen Handelns nach Auswahl der für den Zweck geeigneten Mittel, eine solche Umschreibung ist allerdings sehr maschinenmäßig und bringt uns in deren Erkenntnis nicht sonderlich weiter!

Und wenn andererseits G. Wolff[26]) als Vertreter der vitalistischen Richtung „die Tatsache zweckmäßiger Reaktionsfähigkeit“ als gegeben hinnimmt, „weil wir die Möglichkeit zugeben müssen, dass Organismen von jeher existiert haben und dass also organische Zweckmäßigkeit von jeher bestand“ — so ist dieses Postulat auch nur ein Zugeständnis unseres geistigen Unvermögens, die ursächlichen Wurzeln des Verhaltens des Organismus im Regenerationsprozesse aufzufinden. Hier liegen eben die Grenzen unseres Naturerkennens, hier ist die Sackgasse, in welche der menschliche Geist seit Jahrtausenden geriet auf der Suche nach Erkenntnis des Geschehens in dem, was wir Leben nennen!

Da fragt es sich denn, ob es wohlgetan ist, dass der Forscher bei seinen Untersuchungen den sicheren Boden der tatsächlichen Ergebnisse verlässt und, den Lockungen des Kausalitätsbedürfnisses folgend, in die luftigen Höhen der Spekulation sich versteigt, um das Warum für seine Untersuchungsresultate aufzudecken. Weist ihn doch gerade seine Methode, die exakte naturwissenschaftliche Untersuchungsmethode stets in die Schranken der Empirie. Allein, der Boden der empirischen Forschung nährt nun einmal nicht allein den gegebenen spekulativen Menschengeist, der nach Erkenntnis schmachtet. Er verlangt nach einer Abstraktion, nach einer Idee. Und wenn er hierzu gelangt bei seiner Analyse auf induktivem Wege, so ist das immerhin ein Gewinnst für die Erweiterung und Vertiefung des Wissensgebietes!

Aber indem wir uns der Grenzen unseres Naturerkennens bewusst werden, sowohl bei der mechanischen wie bei der vitalistischen Betrachtungs- und Erklärungsweise der Erscheinungen in der Natur, kann für eine strenge naturwissenschaftliche Forschungsmethode doch nur einzig und allein die mechanistische in Anwendung kommen, die es mit der Ergründung der kausalen Zusammenhänge der physikalisch-chemischen Vorgänge im Lebensgeschehen zu tun hat.

IV.

Es liegt in Rücksicht auf die Einheitlichkeit der Organismenwelt nahe, gewisse Vergleichsmomente zwischen pflanzlichen und tierischen Zellstrukturen sowie entwickelungsgeschichtlichen und

---

26) Mechanismus und Vitalismus. Leipzig 1905. S. 40.

regenerativen Vorgängen aufzusuchen. Ein Verfahren, das gerade in den letzten Jahren viel geübt ist und jedenfalls dazu beiträgt, unsere Einsicht in den Aufbau und in die Vorgänge der lebendigen Materie zu klären. Allerdings besteht dabei die Gefahr, dass man leicht zu vermeintlichen Gleichartigkeiten kommt, zumal bei der Anwendung einer einseitigen Untersuchungsmethode, wie sie unsere Färbetechnik bietet. Und hinterher stellt sich dann heraus, dass die verglichenen Gebilde nichts miteinander gemein haben, wofür genug Beispiele vorliegen[27]). Übrigens bleibt auch stets zu beachten, dass wir es zumeist mit analogen Gebilden und Vorgängen und nicht mit homologen zu tun haben.

Es taucht nun gleich bei einer prinzipiellen Frage, nämlich: Ist die Regeneration, wie der Zoologe Weismann behauptet, eine erworbene und ungleichgradig ausgebildete Anpassungserscheinung, oder ist sie, wie der Botaniker Vöchting verficht, eine allgemeine Eigenschaft der lebenden Substanz, gleich hier taucht ein Widerstreit der Meinungen auf, zu dessen Begleichung der Vergleich des Tatsachenmaterials aus dem botanischen und dem zoologischen Untersuchungsgebiete sicherlich beiträgt. Ein solcher Vergleich bringt mich zu der Überzeugung, dass die Regeneration nur eine Modalität des Wachsens ist. Ebensowenig wie das Wachstum an sich als Ganzes, das Wachstum in seiner Allgemeinheit eine erworbene Anpassung ist, ebensowenig die Teilerscheinungen oder Modalitäten, woraus sich jenes zusammensetzt. Wohl aber kann der Verlauf des Wachstums, wie er sich in den Regenerationsvorgängen abspielt, den äußeren Wachstumsbedingungen als Licht, Temperatur, Druck, umgebenden Medium, Schwerkraft, Ernährung, Kontakt angepasst sein und insofern derartige Anpassungen erkennen lassen. Wenn wir nun eine Parallele zwischen den Regenerationsvorgängen bei pflanzlichen und tierischen Organismen durchführen, so wäre zunächst des Wundverschlusses zu gedenken, der bei Pflanzen- und Tierwunden in analoger Weise vor sich geht, indem das verletzte und abgestorbene Gewebe in seinen Resten einen Wundabschluss bildet. Die Ausbildung der Regenerate vollzieht sich hinter einer alsbald nach der Verwundung entstehenden Schutzhaut; so bei den Arthropoden hinter der Chilinhaut, bei den Holzgewächsen hinter dem Korkgewebe (Periderm). Sowohl im pflanzlichen, wie im tierischen Organismus beteiligen sich die verschiedensten und schon differenzierten Gewebearten durch Umänderung an der Regeneration. Aber die Spezietät der Zellen, dass „Gleiches nur von Gleichem" komme, stimmt nicht mit den Tatsachen überein. Aus den Markzellen können bei Pflanzen alle Gewebearten hervorgehen, und

27) Vgl. Ernst Willy Schmidt, Pflanzliche Mitochondrien In: Progr. rei bot., IV. Bd., Jena 1911, S. 163.

Knorpel kann Bindegewebe, Pereost Knorpel, gewöhnliches Bindegewebe Knochen bilden[28]). Also Metaplasien in beiden Fällen! Eine „nachträgliche Verlagerung“[29]) der angelegten Organe, wie die Geradestreckung der schräg gerichteten Flossen von Fischen und Froschlarven oder der Ausgleich zu normalen Wachstumsverhältnissen in bezug auf die regenerierten Gewebe vollzieht sich bei Tier und Pflanze in ähnlicher Weise. Und analoge Gewebsreduktionen oder Rückbildungen, wie man sie bei Tierwunden kennt, finden ebenfalls bei der Regeneration im Pflanzenkörper statt, wo ein differenziertes Gewebe eine Meristemschicht bildet, also die Rückkehr auf ein embryonales Gewebestadium vornimmt. So ließe sich der am stark verletzten Kiemenkorb einer Ascidie nach der Verwundung erscheinende gleichmäßige Gewebsklumpen, „aus welchem sich dann die neuen Organe ganz allmählich herausbilden“, vergleichen mit dem Calluskörper der Wunde der Holzgewächse, woraus die verschiedenen Gewebearten hervorgehen. Ebenso ist die geringe Differenzierung der Regenerate den Pflanzen und Tieren gemeinsam.

So kommt denn — und das ist das Bedeutsame für die biologische Auffassung des Wesens des Phänomens — auch in den Regenerationsvorgängen, in der Umformung bestimmter Gewebe zu meristematischen, gleichsam embryonalen Elementen, woraus dann erst die höher differenzierten Dauergewebe und Organe in dem Körperersatzteil hervorgehen, in dieser Entstehungsart der Gewebe kommt das allumfassende Deszendenz- und Entwickelungsprinzip zum Ausdruck, der historische Werdegang in der Welt der Organismen von den einfachen zu den zusammengesetzten Gebilden. Es sind gleichsam Fragmente des „biogenetischen Grundgesetzes“, die uns in jenen Regenerationserscheinungen entgegentreten und die anders wohl kaum zu erklären wären, um so weniger, als neben den meristematischen Zwischenstufen es auch vereinzelt vorkommt, dass diese übersprungen werden und dass sich aus schon differenzierten Geweben, wie Rindenparenchymzellen und Markstrahlzellen, direkt andere Gewebselemente entwickeln. Ein Geschehnis, das den Entwickelungsgang der gleichen Zellelemente aus meristematisch umgeformtem Gewebe in eine phylogenetische Beleuchtung rückt.

Literatur.

E Berthold, Studien über Protoplasmamechanik. Leipzig 1886.
H. Driesch, Die organischen Regulationen. Vorbereitungen zu einer Theorie des Lebens. Leipzig 1901.
A. B. Frank, Die Krankheiten der Pflanzen. Breslau 1885.
K. Goebel, Allgemeine Regenerationsprobleme. In: Flora, Bd. 95, 1905.

28) Weigert, a. a. O., S. 135.
29) E. Korschelt, Regeneration und Transplantation. Jena 1907, S 82.

G. Klebs, Über Probleme der Entwickelung. In: Biol. Centralbl., 1904.
E. Korschelt, Regeneration und Transplantation. Jena 1907.
E. Küster, Aufgaben und Ergebnisse der entwickelungsmechanischen Pflanzenanatomie. In: Progr. rei botan., Bd. II, 1908.
W. Magnus, Regenerationserscheinungen bei Pflanzen. In: Naturw. Wochenschr., Nr. 40, 1906.
W. Roux, Die Entwickelungsmechanik. Ein neuer Zweig der biolog. Wissenschaft. Leipzig 1905.
E. W. Schmidt, Pflanzliche Mitochondrien. In: Progr. rei bot. Jena 1911.
S. Simon, Experimentelle Untersuchungen über die Differenzierungsvorgänge im Callusgewebe von Holzgewächsen. In: Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik, Bd. 45, 1908.
M. Verworn, Erregung und Lähmung. In: Verhandl. d. Gesellsch. der Naturf. und Ärzte, 1896.
H. Vöchting, Untersuchungen zur experimentellen Anatomie und Physiologie des Pflanzenkörpers. Tübingen 1908.
de Vries, Über Wundholz. In: Flora, 1876.
C. Weigert, Neue Fragestellungen in der pathologischen Anatomie In: Verhandl. d. Gesellsch. d. Naturf. und Ärzte, 1896.
G. Wolff, Mechanismus und Vitalismus. Leipzig 1905.

Beiträge zur Entwickelungsgeschichte von Lagenophrys sp.

Von Prof. S. Awerinzew.

(Vorläufige Mitteilung.)

Während meines Aufenthaltes in Amani (D. O. A.), wo ich im Laboratorium des kaiserlichen landwirtschaftlichen Instituts arbeitete, fand ich, unter anderem, auf den Kiemen des Krebses *Telphusa* sp. die Infusorien *Lagenophrys* sp.

Da das Material in großer Menge vorhanden war, ist es mir gelungen, die Entwickelungsgeschichte des Infusors ziemlich hinreichend aufzuklären. Ich führe hier nur die wichtigsten Daten an; die ausführliche Arbeit wird später am anderen Ort erscheinen.

Wie bekannt, besitzt *Lagenophrys* zwei Teilungsarten. Die eine führt zur Bildung von neuen vegetativen Individuen, während bei den anderen, die als Knospung auftritt, Gameten entstehen. Was die erste Teilungsart anbetrifft, so kann folgendes betont werden. — Vor der Teilung der Infusorien finden Veränderungen in der Struktur und Lage des Makronukleus statt; er wird feinkörnig und unregelmäßig-kompakt, während er früher länglich war; dabei stellen sich die Chromatinpartikelchen reihenartig auf, ihm dadurch ein faseriges Aussehen einverleihend. Am Ende aller dieser Umwandlungen nimmt der Makronukleus eine ganz andere Lage ein als die, welche er vor dem Teilungsanfang hatte — er legt sich in die Quere des Infusorkörpers, wird größer und verlängert sich. Der Mikronukleus, der gewöhnlich dicht neben dem Makronukleus sich befindet, kommt auf eine ziemlich große Entfernung von ihm zu liegen,

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: 32

Autor(en)/Author(s): Voges Ernst

Artikel/Article: Allgemeine Betrachtungen uÌˆber Regenerationsvorgänge. 697-714