

ihre ursprüngliche Heimat zurückgegangen sein; aber sie konnten auch auf den Bergen Japans verbleiben. Auch J. Rein (Petermanns geogr. Mitteil. 1879 Bd. 25, S. 376) sagt: „die Hochgebirgsflora Japans stammt aus Ostasien und Kamtschatka und gelangte mit den kalten und heftigen Monsunen und Meeresströmungen des Winters allmählich südwärts und durch Talwinde bergan.“

Die Flora von Mogi wirft auch indirekt Licht auf die des Himalaya. Die Temperatursenkung, die in Japan die subtropischen Formen verdrängte, musste sich auch in Asien fühlbar machen. Auch hier mussten die Pflanzen in die Ebene steigen und ihre Wanderung während der Eiszeit oder kurz vor ihrem Eintritte beginnen oder genauer gesagt, während der Eiszeit oder bei ihrem Beginne begann die Flora des Amurlandes südwärts zu wandern, eben dann, als von der Nordseite des Himalayas seine temperirte Flora auf ein niederes Niveau herabstieg, wodurch die Entfernung zwischen beiden Floren bedeutend vermindert wurde. Sowie während der Eiszeit die alpine und arktische Flora sich mit der Flora der Niederungen Europas vermengen konnte, ebenso konnten gegenseitige Wechselwirkungen zwischen der Flora des Amurlandes und des Himalayas stattfinden; und so wie ein Teil der alpinen Arten Europas ursprünglich arktische gewesen sein konnten, obwol sie heute nur noch auf den Alpen gefunden werden, ebenso konnten jene amerikanischen Formen, die gegenwärtig am Himalaya gefunden werden, früher im Amurlande einheimisch gewesen sein. Damit ist aber noch nicht gesagt, dass die Wanderung gerade während der Eiszeit vor sich gehen musste, aber man kann annehmen, dass sie damals am leichtesten vor sich gehen konnte.

Dies ist ein Teil der wissenschaftlichen Resultate der Vega-Expedition, den die tüchtige Feder Nathorst's zu Tage förderte.

M Staub (Budapest).

Ueber anscheinend freiwillige und künstliche Teilung mit nachfolgender Regeneration bei Coelenteraten, Echinodermen u. Würmern.

Die Regenerationsfähigkeit, d. h. das Vermögen verloren gegangene Teile oder Gewebspartien des Körpers neu zu bilden, findet sich mehr oder weniger ausgebildet durch die ganze Tierreihe hindurch. Da es indess viel zu weit führen würde, wenn ich hier das ganze diesbezügliche Kapitel auch nur in groben Zügen skizziren wollte, so werde ich mich beschränken, das biologisch Interessanteste hervorzuheben: einmal die Tatsachen, welche erweisen, dass aus einzelnen Stücken eines Individuums durch Regeneration wieder ganze Tiere entstehen können und dann auch noch einige Fälle, in denen die wichtigsten

Teile des Zentralnervensystems natürlich samt den übrigen dazu gehörenden Geweben durch Neubildung ersetzt werden können.

Wennschon man bereits seit Plinius dem Jüngern wusste, dass verschiedene Tiere abgerissene Glieder oder zu Grunde gerichtete Organe zu regeneriren vermögen, so waren dennoch solche Vorgänge, wie sie Trembley um die Mitte des vorigen Jahrhunderts bei dem Polypen des süßen Wassers, der *Hydra*, entdeckte, im höchsten Grad überraschend. Bis dahin war es vollkommen unvereinbar mit der „Individualität“ des Tiers gewesen, aus seinen Teilstücken neue Geschöpfe entstehen zu sehen; nun aber lehrte dieser Forscher Wesen kennen, welche nicht nur nicht zu Grunde gingen, wenn sie zerschnitten wurden, sondern sogar ebenso viele neue Tiere bildeten, als Schnittstücke vorhanden waren. — Die Untersuchungen Trembley's über diesen Gegenstand zeichnen sich durch große Genauigkeit aus. Er zeigte durch das Experiment, dass es für das Endresultat ziemlich gleichgiltig ist, wie *Hydra* zerschnitten wird: längs- oder quergeteilt, in Streifen oder Ringe zerlegt, ja letztere nochmals halbirt, immer entwickelt sich aus einem solchen Teilstück nach kürzerer oder längerer Zeit ein Tier, das dem aus dem Ei entstandenen sowol seiner Gestalt als auch seinen physiologischen Eigenschaften nach, vollkommen ähnlich ist. Aus einem abgeschnittenen Fangarm, deren die Tiere mehrere (gewöhnlich 6—8) besitzen, regenerirt sich indess niemals eine ganze *Hydra*, er zeigt zwar noch einige Zeit hindurch Lebenserscheinungen, geht dann aber zu Grunde.

Kaum waren diese Versuche bekannt geworden, als viele Naturforscher, unter diesen Bernard de Jussieu, Guettard, Gérard de Villars, Lyonnet und Mazolleni gleiches oder analoges bei andern Tieren zu finden suchten und auch wirklich fanden. Namentlich glücklich war Bonnet, dem es zwei Jahre nach Trembley (1741) gelang bei ungleich höher entwickelten Gliederwürmern eine Regenerationsfähigkeit zu entdecken, welche relativ ebenso groß war, wie diejenige des Süßwasserpolyphen.

Es wird indess vorteilhaft sein, nicht chronologisch, sondern stufenweise zur höhern Organisation der Tiere hinaufsteigend, diese Fakta zu verfolgen.

Dem Coelenteratentypus gehören wie die *Hydra* Actinien und Schwämme an. Dass Teilstücke der letztern leicht wieder zu größern Massen auswachsen und halbirt Individuen jener sich unschwer zu vollkommenen Tieren ergänzen, ist bekannt. Ebenfalls ziemlich groß ist das Reproduktionsvermögen bei Quallen. „Aus jedem Stück des Schirmes gewisser Arten (der Thaumantiaden), wenn es nur einen Teil des Randes enthält, kann in Zeit von 4—5 Tagen eine neue Meduse heranwachsen“ (1).

Die bis jetzt erwähnten Geschöpfe sind verhältnissmäßig einfach gebaut und ihre Gewebsgruppen bei Weitem nicht so scharf gesondert,

wie bei dem nächst höhern Kreis der Echinodermen. Die einzelnen Organe haben hier schon eine bedeutende Entwicklung erreicht. Lokomotions- und Nervensystem sind gut ausgebildet, der Verdauungstractus ist vom Blutgefäßsystem getrennt und meist ein komplizirtes Kalkskelet vorhanden. Trotzdem finden wir bei Asteroiden oder Seesternen analoge Fälle wie die, welche wir bei den Coelenteraten erwähnten. Namentlich durch die Beobachtungen von Dalyell (2), Lütken (3), Greeff (4), Kowalewsky (5) und Simroth (6) wissen wir, dass nicht nur nach künstlicher Teilung eine Ersetzung des fehlenden Körperstücks stattfindet, sondern dass sich die Tiere sogar ohne bemerkbare Veranlassung zerlegen und durch nachfolgende vollkommene Regeneration der einzelnen Teile die Individuenzahl vermehren. Man kann bei den Seesternen eine doppelte Art der Teilung (Häckel's Divisio radialis oder Diradiatio) unterscheiden: es wird entweder die Scheibe in Mitleidenschaft gezogen oder aber sie bleibt unverletzt. Im ersten Fall findet die Trennung des Körpers in den Interradien statt, in letzterm lösen sich die Arme senkrecht (?) zu den Radien einzeln vom Zentralteil des Seesterns und jeder bildet eine vollkommene neue Scheibe aus. Bald nach deren Anlage sprosst aus ihr die fehlende Strahlenzahl hervor, wodurch der in der Regeneration zum vollkommenen Tier begriffene Arm „Kometenform“ annimmt. Diese Art der Teilung findet sich nur bei den Asteriden und zwar am verbreitetsten bei den Gattungen *Ophiaster* und *Linckia*, nicht aber bei den Ophiuriden. Bei jener andern ungeschlechtlichen Vermehrung zerfällt das Echinoderm meist in zwei Stücke (bei den Schlangensterne niemals in mehr), doch kommt auch Trichotomie, die Kowalewsky (5) bei *Asteracanthion tenuispinus* beobachtete, vielleicht sogar Polytomie vor. Besitzt ein Seestern eine gerade Anzahl von Strahlen, so tritt in der Regel die Teilung so ein, dass jedes der zwei Stücke gleich viele Arme erhält. Nach Greeff (4) nimmt mit dem Größenwachstum der sich vervollständigenden Tiere die Zahl der Madreporplatten zu und nach Simroth (6) erfolgt die Entwicklung der Organsysteme, z. B. der Geschlechtsorgane so, dass die bei der Teilung am wenigsten in Mitleidenschaft gezogenen Antimeren die am meisten vorgeschrittenen Organe besitzen. Dieser Forscher traf unter 150—180 untersuchten Exemplaren von *Ophiactis virens* nur ein einziges mit zwei Armen, in den übrigen Fällen schien die Teilung immer so vor sich gegangen zu sein, dass die sechsarmigen Tiere in je zwei dreiarmlige zerfielen. Indess fand er trotz dieser scheinbaren Regelmäßigkeit „auch nicht ein einziges Organsystem bei dem fertigen Tier, welches nur einigermaßen nach festem Gesetz sich schiede“. Ferner ist durch ihn konstatiert worden, dass auch diejenigen Seesterne, bei welchen man bis dahin keine Ergänzung zu normalen Individuen aus Teilstücken heraus beobachtet hatte (Genus *Asteracanthion*), auf diese Weise ihr Geschlecht zu erhalten vermögen.

In den andern Klassen der Echinodermen ist ein derartig weitgehendes Regenerationsvermögen nicht zu verzeichnen, obschon auch hier bei den Crinoiden durch Perrier, bei den Holothuriern durch Dalyell u. A. erwiesen ist, dass wesentliche Körperteile, bei letztern vielleicht gar das Kopfende, ersetzt werden können.

Wenn man bei der Frage ob ein Tier höher organisirt sei als ein andres, das Hauptgewicht auf die größere Zentralisation des Nervensystems legen will, so stehen manche Würmer, namentlich die Anneliden über den Stachelhäutern. Um so interessanter ist es, auch hier freiwillige Teilung mit nachfolgender Regeneration, also ungeschlechtliche Vermehrung durch Divisio transversalis anzutreffen. Bei niedern Würmern ist meines Wissens etwas derartiges noch nicht bekannt geworden. Man spricht allerdings auch bei Planarien von einer Teilung, indess geht ihr immer die Anlage einer Knospungszone voraus, d. h. es schiebt sich zwischen das alte Gewebe des Körpers eine Zone neuen Gewebes ein; aus ihrer vordern Hälfte entsteht ein Schwanzende, aus der hintern ein Kopf. Mit der schärfern Ausbildung beider Teile tritt auch eine immer deutlichere Sonderung auf, bis endlich zwei fast vollständige Individuen lose durch wenig Gewebe an einander gekettet zu sein scheinen. Bald darauf erfolgt eine vollständige Trennung. Wie hieraus ersichtlich, ist dieser Vermehrungsmodus von dem durch einfache Querteilung mit nachfolgender Regeneration recht abweichend.

Teilt man künstlich Planarien, so zeigt es sich, dass auch ihnen die Fähigkeit zukommt, aus einzelnen Stücken ganze Tiere zu erzeugen. Dugès (7) stellte derartige Experimente an. Nachuntersuchungen, die ich gelegentlich über denselben Gegenstand machte, lieferten das gleiche Resultat. Es entwickeln sich aus Stücken des Planarienkörpers Tiere mit vollkommenem Nervensystem und den eventuell vorhandenen Sinnesorganen.

Wie zu Anfang bereits erwähnt wurde, entdeckte Bonnet 1741 bei einem Ringelwurm, dem heutigen *Lumbriculus variegatus*, ein eminent weitgehendes Regenerationsvermögen. Durch eine große Reihe sorgfältigst angestellter Versuche, die ihm mehrere Jahre hindurch beschäftigten, konstatierte er, dass diese Geschöpfe aus geringen Teilstücken, — es brauchten nur wenige Segmente des Körpers zu sein, — sich zu vollkommenen Lumbriculis auszubilden vermögen. Ist ein Stück des Wurms nicht Vorder- oder Hinterende, so enthält es nur einen Teil des Bauchstrangs, der Muskulatur, des Darms und der sonstigen Organe des Tiers, von dem es genommen wurde, aber keinen Kopf mit seinem Schlundring und den Sinnesorganen¹⁾ und keinen After. Trotzdem bildet es alle Organe wieder vollkommen aus.

1) Dass Sinnesorgane wirklich vorkommen, werde ich nächstens zu beweisen versuchen.

Aber während das Schwanzende des neuen Anneliden unbestimmt in die Länge wachsen kann, ist das Wachstum des Kopfes, wie andern Orts von mir nachgewiesen wurde (8), ein beschränktes. In normalen Fällen entstehen zehn „Kopfsegmente“, nämlich zwei vordere nicht borstentragende und acht darauf folgende, welche Borsten besitzen. Das letzte dieser schließt sich an das alte Körpersegment an. Lumbriculi, die sich durch Regeneration zu ganzen Tieren wieder ausgebildet haben, können noch oftmals aufs Neue geteilt werden, ohne dass die Teilstücke zu Grunde gehen. Bei diesem enormen Regenerationsvermögen warf sich fast selbstverständlich die Frage auf, ob die Lumbriculi außer durch Fortpflanzung auf geschlechtlichem Wege, sich vielleicht auch noch ungeschlechtlich durch einfache Querteilung und nachfolgende Regeneration der fehlenden Teile zu vermehren im Stande seien. Beobachtungen und dazu Zählungen, die ich bezüglich stattgehabter Regeneration frisch eingefangener Tiere anstellte, ergaben, dass unzweifelhaft in der Natur eine Vermehrungsweise durch *Divisio transversalis* — eine Knospungszone ist vorher nicht angelegt — stattfindet. Von allen in Rücksicht kommenden Tieren ist vielleicht mit Ausnahme der *Hydra*, der *Lumbriculus variegatus* dasjenige mit weitestgehender Regenerationskraft.

Dieselbe ungeschlechtliche Fortpflanzungsform, wie sie soeben geschildert wurde, findet sich auch noch bei einem andern Ringelwurm, der zu den Naiden in naher Beziehung zu stehen scheint: es ist dies der kürzlich von Graf Zeppelin beschriebene und auf seine Vermehrungsweise untersuchte *Ctenodrilus monostylos* (9). Aus der vorläufigen Mitteilung dieses Forschers geht mit Sicherheit hervor, dass geschlechtsreife Individuen äußerst selten sein müssen, da während der ganzen Zeitdauer eines Jahres nicht ein einziges mit irgend welcher Spur von Generationsdrüsen gefunden wurde. Die ungeschlechtliche Vermehrung geht auf die Weise vor sich, dass in der Mitte eines ausgewachsenen Tiers „eine Einschnürung entsteht, welche mehr und mehr zunimmt. Der Zusammenhang wird immer lockerer, zugleich rundet sich beiderseits der Magendarm vollständig ab, bis endlich die Trennung des Muttertiers in die beiden Tochterindividuen erfolgt.... Diese zeigen unmittelbar nach der Trennung nicht die geringste Anlage irgend eines Organs; der Magendarm ist in ihnen noch vollständig geschlossen. Erst einige Zeit nach der Trennung des Muttertiers in die beiden Tochtertiere beginnt infolge sehr lebhafter Zellwucherung die Neubildung“ von Kopf resp. Schwanz, die wahrscheinlich in ihrem Wachstum ein ähnliches Verhalten zeigen werden, wie die gleichen Teile des Lumbriculus.

Andere Anneliden, z. B. die Naiden, besitzen das Vermögen der Regeneration von Vorder- und Hinterende in geringerem Grade. Wird eine künstliche Teilung eingeleitet, so bilden sich aus den Teiltieren für gewöhnlich ebenfalls neue Individuen, eine Selbstzerstückelung

scheint indess nicht vorzukommen, ohne dass vorher wenigstens teilweise eine Knospungszone angelegt gewesen sei. Auch einige Meeresanneliden z. B. *Diopatra uncinifera*, *Diopatra fragilis* und *Lycaretus neocephalicus* (10) ebenso unser gewöhnlicher Regenwurm besitzen die Fähigkeit den Kopf mit dem Schlundring und einem Teil der Bauchganglienkeite neu zu bilden, letzterer vermag dies indess nur dann, wenn wenige der ersten Segmente des Tiers abgetrennt waren.

Diesen teils alten teils neuen Tatsachen habe ich einen bis dahin noch nicht bekannten Fall hinzuzufügen; er betrifft die Neubildung des Schlundrings, überhaupt des vordern Teils, von Vertretern der Gattungen *Phascolosoma* und *Aspidosiphon*, die beide zu der Klasse der *Gephyrei-Sipunculacea* oder Sternwürmer gehören¹⁾.

Zwecks Untersuchung befanden sich im Erlanger zoologischen Laboratorium eine Anzahl lebender Exemplare von *Phascolosoma vulgare* und *Aspidosiphon Mülleri*. Fünfen von jenen und dreien von diesen wurden im Juni vergangenen Jahres ein Stück des vollkommen ausgestreckten Rüssels abgeschnitten, es schwankte in seiner Länge zwischen drei bis sieben Millimeter. Jedenfalls war somit der Schlundring vom übrigen Körper getrennt, zudem fehlten die Tentakeln, die Mundöffnung, ein Teil des Schlundes, des Gefäßsystems, der Haken und ein Stück des Hautmuskelschlauches und des Retractors. Vergewärtigen wir uns nun einmal den Querschnitt durch den Rüssel der genannten Tiere; er ist ungefähr bei beiden gleich. Zu äußerst liegt die Haut, darunter die Muskulatur, an ihr befestigt der Nervenstrang, dann folgt ein konzentrisch freier Raum, der mit der Leibeshöhle kommuniziert und endlich in der Mitte liegt der durchschnittenen Retractor mit dem daran angehefteten Schlund und Blutgefäßsystem. Ein Längsschnitt würde ergeben, dass der Hautmuskelschlauch durch verschiedene Gewebsabstufungen in den Schlund und den ihn ganz vorne umschließenden M. retr. übergeht. Demnach wird durch Abtrennen des vordern Rüsselendes eine vollkommene

1) Wenn ich noch kurz an die gemeinsame Anatomie erinnern darf, so ist hervorzuheben, dass der vordere Teil des Tiers, der Rüssel, hervorgestreckt oder durch einen Rückziehmuskel vollkommen in den Körper eingestülpt werden kann. An seinem freien Ende findet sich die Mundöffnung, umstellt von Tentakeln; von da nach hinten zu sitzen der Haut meist Haken, reihenweise oder zerstreut, auf. Nicht weit von der Basis des Rüssels liegen dorsal der After und ventral die beiden Oeffnungen der zwei Segmentalorgane. Der Darm ist spiralgig aufgerollt und die Spira von einem Spindelmuskel durchzogen, welcher sich hinten an dem äußersten Ende des Hautmuskelschlauchs befestigt. Der Schlund ist eine Strecke weit mit dem Retractor verbunden; auf jenem verläuft ein Blutgefäß (kontraktiler Schlauch). Das Nervensystem besteht aus einem einfachen Bauchstrang, der sich durch den ganzen Körper und den Rüssel zieht und dicht hinter den Tentakeln einen Schlundring bildet, dem häufig Augenflecke aufsitzen.

Trennung der früher zusammenhängenden innern und äußern Gewebssysteme herbeigeführt. Trotzdem aber hatten sich alle operirten Tiere nach Verlauf von 3—5 Wochen zu vollkommenen Individuen regenerirt. Es unterschied sich das neue Vorderende des Rüssels nur durch seine hellere Farbe und die größere Durchsichtigkeit von dem übrigen Teil. — Wie ging das Zusammenwachsen der getrennten Teile vor sich, wie legten sich, histologisch betrachtet, Muskulatur, Zentralnervensystem, Gefäßsystem etc. an? Es mag noch angeführt werden, dass der Blutverlust nach der Durchschneidung des Rüssels ein ziemlich beträchtlicher ist, wemnschon die Ringmuskulatur sich möglichst schnell kontrahirt und so die Wunde schließt. Der Retractor zieht sich fast momentan ins Innere des Körpers zurück, nach mehreren Tagen hat unerklärlicherweise auch der Rüsselstumpf sich vollkommen eingestülpt. Bei *Aspidosiphon* konnte unzweifelhaft beobachtet werden, dass die Ausbildung der Haken von vorne nach hinten fortschritt (Anzeichen von Segmentation?). Nach welcher Regel die Tentakeln hervorsprossen, konnte leider nicht festgestellt werden; erst ziemlich spät hatte sich nach und nach die volle Anzahl ausgebildet.

Von einem höhern Typus als dem der Würmer sind sicher verbürgte Fälle über die Regeneration des Hauptteils des Zentralnervensystems noch nicht beobachtet worden, da der Beobachtung, dass eine Neubildung des Schlundrings bei Schnecken statthaben kann, von verschiedenen Seiten widersprochen wurde.

Literatur.

- 1) Thomé, Lehrbuch der Zoologie 1875. p. 376.
- 2) Dalyell, The Powers of the Creator. London, 1851—58.
- 3) Lütken, Description de quelques Ophiurides nouveaux ou peu connus avec quelques remarques sur la division spontanée chez les rayonnés. Aftryk af Oversigt over d. K. D. V. Selsk. Forhandl. O. S. V. Nr. 2. Kjöbenhavn 1872.
- 4) Greeff, Ueber den Bau der Echinodermen. 3. Mitteil. Sitzungsber. d. Gesellsch. zur Beförderung d. gesamten Naturw. zu Marburg. November und Dezember 1872 Nr. 11.
- 5) Kowalewsky, Sitzungsber. d. zool. Abt. d. 3. Versamml. russischer Naturforscher in Kiew. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXII.
- 6) Simroth, Anatomie und Schizogonie der *Ophiactis virens* Sars. Zweiter Teil. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXVIII. 1877.
- 7) Dugès, Recherches sur la circulation, la respiration et la reproduction des Annélides abanches. Ann. d. Sc. nat. 1828.
- 8) Bülow, Ueber Teilungs- und Regenerationsvorgänge bei Würmern. Arch. f. Naturgesch. Jahrg. 49 Heft 1.
- 9) Graf Zeppelin, Ueber den Bau und die Teilungsvorgänge des *Ctenodrilus monostylos* nov. sp. Zool. Anz. VI. Jahrg. Nr. 130.
- 10) Ehlers, Die Neubildung des Kopfes und des vordern Körperteils bei polychaeten Anneliden. Erlangen 1869.

C. Bülow (Erlangen).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1883-1884

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Bülow C.

Artikel/Article: [Ueber anscheinend freiwillige und künstliche Teilung mit nachfolgender Regeneration bei Coelenteraten, Echinoderinen u. Würmern. 14-20](#)