

tische Generationen das phylogenetische Bindeglied zum niedrigeren Cladom darstellen.

Die Anthophyten werden als die Descendenten der Lycopodarien aufgefasst, mit denen sie durch die *Cycadeae* verknüpft erscheinen.

Der Umfang eines Referates gestattet natürlich nicht auf alle wesentlichen Punkte, die bisweilen eben gerade in der Detailbehandlung zum Ausdruck kommen, einzugehen. Wenn nach dieser Richtung unsere Darstellung viele Lücken aufweist, so hoffen wir doch in großen Zügen ein Bild von Haeckel's Werk gegeben zu haben, das uns zeigt, wie von der Warte des bedeutendsten Entwicklungstheoretikers aus auch das System des Pflanzenreiches zu einer natürlichen Geschichte desselben wird. Wenn wohl in den Einzelheiten die eine und andere Auffassung, die eine und andere Art der Interpretation des Thatachenmaterials nicht als die einzig zutreffende allgemein anerkannt werden wird, so wird doch zweifellos manche wertvolle Anregung zu weiteren Forschungen in Haeckel's Phylogenie ihre Quelle haben.

Robert Keller (Winterthur). [10]

Aus den Verhandlungen gelehrter Gesellschaften.

Niederrhein. Gesellsch. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn.

(Allgemeine Sitzung vom 5. November 1894).

M. Nussbaum, Die mit der Entwicklung fortschreitende Differenzierung der Zellen.

Alles Lebende stammt vom Ei ab. Die Eier der verschiedenen Wesen sind aber schon von vornherein so sehr verschieden, dass eine Art aus den Eiern der andern nicht gezüchtet werden kann. Es haben sich im Laufe der Stammesgeschichte durch Vererbung die aufgetretenen verschiedenartigen Eigenschaften der einzelnen Species oder Gattungen so sehr befestigt, dass vorläufig keine äußeren Bedingungen bekannt sind, aus einem Hühnerei etwa eine Ente zu züchten.

Und doch sind wir im Stande, den normalen Gang der Entwicklung des Eies durch äußere Bedingungen zu beeinflussen. Die Grenze zu ziehen, wo der experimentelle Eingriff erfolglos verlaufen wird, ist naturgemäß schwer. Daher die Verschiedenheit der Auffassung, je nachdem für die theoretische Vorstellung der positive, oder negative Erfolg in den Vordergrund gerückt wird. Die Wahrheit liegt auch hier in der Mitte. Das Experiment hat zu entscheiden. Verallgemeinerungen, die nicht der zusammenfassende Ausdruck der Resultate aller denkbaren Eingriffe sind, werden stets der Abänderung durch erweiterte Einsicht unterworfen sein.

Dieselbe Verschiedenheit, wie sie zu gewissen Zeiten der Stammesentwicklung in den Geschlechtsprodukten der einzelnen Species auftritt, besteht auch für die Zellenarten im Leibe jedes einzelnen Individuums. Von gewissen Zeitpunkten an sind sie untereinander verschieden. Aus einer bestimmten Zellgruppe können immer nur bestimmte Organe hervorgehen und regeneriert werden.

Ich glaube kaum, dass das von den Eiern der Tiere und Pflanzen Gesagte von irgend einer Seite auf Widerspruch stoßen wird. Dagegen soll nach der

Ansicht vieler und mancher recht berühmten Autoren nicht allein aus den ersten Teilprodukten des Eies, sondern aus allen Abkömmlingen dieser ersten Zelle im fertigen Organismus unter der variierten Einwirkung äußerer Einflüsse nach Belieben Alles erzeugt werden können.

Wenn Sie das befruchtete Ei betrachten, so ist in dasselbe eine Samenzelle eingedrungen. Die Zelleuleiber und ihre Kerne sind mit einander verschmolzen. Es ist eine neue Zelle entstanden. Das Ei teilt sich. Aus dem befruchteten Ei entstehen durch Teilung zwei, entstehen vier Zellen u. s. f., bis schließlich eine große Zahl von Zellen vorhanden ist, die sich zu einer Hohlkugel an einander legen. Die Hohlkugel wird später an einer bestimmten Stelle eingestülpt. So ist es wenigstens für die meisten Organismen. In diesem Gastrulastadium unterscheidet man ein äußeres und ein inneres Keimblatt, zu denen später noch ein mittleres Keimblatt hinzutritt.

Die Versuche Pflüger's am befruchteten, aber noch ungefurchten Ei haben eine völlige Isotropie des Eies ergeben. Der Experimentator hat es nach Belieben in der Hand, auf der schwarzen oder der weißen Kugelhälfte des Froscheies das zentrale Nervensystem entstehen zu lassen.

Nach den Roux'schen Ermittlungen hängt es vom Ort des Eindringens des befruchtenden Samenfadens ab, wo Kopf- und Schwanzteil des entstehenden Embryo sich anlegen werden. Da dieser Ort variabel ist, so wird auch durch diese Form des Experiments die völlige Gleichwertigkeit der einzelnen entwicklungsfähigen Massenteilchen im ungefurchten Ei nachgewiesen. Denn sobald es gleichgiltig ist, ob diese oder jene Masse Kopf- oder Schwanzteil, diese oder jene Partikel Nervensystem oder Darm werde, so muss im Anfang der Entwicklung in den kleinsten Teilen des Eies die Fähigkeit zur Erzeugung des Ganzen gegeben sein. Es können nur unter der Einwirkung ganz bestimmter äußerer Einflüsse die Organe aus bestimmten Teilen entstehen. Sie würden bei der Variierung dieser äußeren Einflüsse eben so gut aus andern Teilen des Eies entstanden sein.

Die äußeren Bedingungen drücken demgemäß den einzelnen Portionen des Eiinhaltes und des Kernes einen bestimmten, mit den äußeren Bedingungen aber veränderlichen Stempel auf.

So haben neuere Beobachter, unter ihnen namentlich Driesch und Wilson gezeigt, dass wenn man ein Ei aus dem Zweizellenstadium der Furchung, aus dem Vierzellenstadium und gar aus dem Achtzellenstadium schüttelt, so dass das Ei in zwei bis acht Zellen zerlegt wird, dann durch fortgesetzte Teilung jeder einzelnen dieser Zellen ein ganzer Organismus, also zwei bis acht Embryonen aus einem Ei entstehen. Solche Versuche waren mit Eiern von Seeigeln und selbst von *Amphioxus* gelungen. Während früher aus der ganzen Zellgruppe der ersten Furchungskugeln nur ein Organismus hervorging, ist durch die Versuche von Driesch und Wilson erwiesen worden, dass man diese Zellen auch von einander trennen kann, ohne ihre Entwicklungsfähigkeit aufzuheben. Es entwickelt sich im Gegenteil jetzt jede der einzelnen Zellen zu einem vollständigen Ganzen.

Oscar Schultze hat es durch eine sinnreiche Einrichtung erreicht, auf das eben in zwei Zellen geteilte befruchtete Froschei so einzuwirken, dass sich regelmäßig zwei Embryonen entwickeln. In seinem Versuche waren die Zellen durch langsame Umdrehung von einander so weit unabhängig geworden, dass die beiden ersten Furchungskugeln sich wie zwei befruchtete ungefurchte Eier verhielten, und aus jeder ein ganzer Embryo entstand.

Die Isotropie des Eies bleibt also unter besonderen, günstigen Bedingungen mindestens bis zum Achtzellenstadium der Furchung bestehen.

Der Zeit nach früher, als die Ergebnisse von Driesch und Wilson gewonnen wurden, hat Roux beim Froschei nach Zerstörung einer der beiden ersten Furchungskugeln Embryonen erhalten, die nur eine der symmetrischen Hälften eines normalen Tieres darstellen; aus der rechten ersten Furchungskugel einen rechten Halbembryo, aus der linken ersten Furchungskugel einen linken Halbembryo. Da aber nach Zerstörung einer der ersten Furchungskugeln auch ganze Embryonen zu erzielen sind, so müssen auch in den beiden ersten Furchungskugeln des Froscheies die Elemente zum Aufbau des ganzen Tieres vorhanden sein und durch geeignete Bedingungen zu einer von der normalen Entwicklung abweichenden Entfaltung gebracht werden können. Die normale Entwicklung ist die Entstehung eines Halbembryo; die abweichende, die durch Regeneration erzielte Entwicklung eines ganzen Embryo aus einer der beiden ersten Furchungskugeln.

Wenn Sie die Entwicklungsgeschichte der Tiere weiter verfolgen, so finden Sie, dass aus den einzelnen Keimblättern ganz bestimmte Organe hervorgehen; aus dem äußeren Epithelien der Oberfläche, Gehirn und Rückenmark, Sinnesorgane; aus dem innern Drüsenschicht des Darmes; aus dem mittleren der Bewegungsapparat, die Harn- und Geschlechtsorgane. Betrachten Sie die Ergebnisse des Studiums der Entwicklung des Auges, so finden Sie Linse und Glaskörper, die später im Innern des Auges liegen, von vornherein nicht an dieser Stelle. Am fertigen Tiere erkennt man nicht mehr, dass die Teile von zwei Keimblättern abstammen, und dass sowohl der Kern des Auges, der Glaskörper, wie die äußeren Augenhäute sich vom mittleren Keimblatt ableiten; während Linse und Netzhaut, die zwischen Glaskörper und den äußeren Augenhäuten sich finden, vom äußeren Keimblatt gebildet werden. Wie der Name sagt, liegt das äußere Keimblatt außen, das innere innen, das mittlere zwischen beiden. Im Auge liegt aber der Abkömmling des mittleren Keimblatts, der Glaskörper, innen; Linse und Netzhaut, aus dem äußeren Keimblatt entstanden, in der Mitte und die Chorioidea und Sclera mit der Cornea, wiederum Derivate des mittleren Keimblatts, außen.

Wenn die Zellen des gefurchten Eies sich einmal in den Keimblättern geordnet haben, so müssen diese sich durch Einstülpungen und Durchwachsung verschieben, um diejenige Lage zu einander einnehmen zu können, die man am fertigen Organe findet.

Wenn die Entwicklung nicht an bestimmte Gesetze gebunden wäre, wenn aus jeder Zelle Alles werden könnte, so würde die komplizierte Einstülpung und Umwachsung der einzelnen Schichten bei der Entwicklung des Auges nicht nötig sein. Dann könnte einfach aus einer Retinazelle eine Linsenfaser, das Gewebe des Glaskörpers, der Accomodationsmuskel entstehen.

Vergleicht man die Organe der fertigen Tiere, so zeigt sich, dass bei den niedersten von einer Lunge noch nicht die Rede ist. Die Atmung geschieht durch Kiemen oder durch den Darm. Leber und Pankreas sind noch nicht getrennte Drüsen; die Funktion dieser Organe wird durch eine einzige Drüse, das Hepatopankreas geleistet. Bei höheren Tieren sind Leber und Pankreas gesonderte Drüsen.

Werfen Sie einen Blick auf die Entwicklungsgeschichte der Zähne. Die Zähne sind zum Teil auf dieselbe Weise entstanden, wie die Linse des Auges; nur kommt noch ein bindegewebiger innerer Kern hinzu. Ein Säckchen, aus-

gehend vom embryonalen Mundhöhlenepithel, hat sich von der Oberfläche in die Tiefe gesenkt und einer dort entstandenen, bindegewebigen Papille aufgelagert. Am fertigen Zahn überzieht der Schmelz die Krone des Zahnbeines. Wäre kein Unterschied in den Zellen der verschiedenen Keimblätter vorhanden, so würde es unverständlich sein, dass zur Bildung des Schmelzes die Einstülpung des Epithels nötig wäre, dass der Schmelz nicht zugleich aus denselben Zellen wie das Zahnbein entsteht.

Wenn Sie die Entstehung der Geschlechtsorgane verfolgen, so sehen Sie bei manchen Tieren schon vor der eigentlichen Furchung kleine Zellen vom Ei abgeschieden, die nachher wieder in den werdenden Organismus einwandern und die Anlage der Geschlechtsorgane bilden. Stellen Sie sich demgemäß das Stadium der Gastrula vor, so würden diese Zellen zwischen die beiden Keimblätter einwandern und, ganz im Innern des Leibes gelagert, sich zu den Geschlechtsorganen entwickeln. Hier ist also vor jeder weiteren Differenzierung durch die Abscheidung der Geschlechtszellen eine Sonderung des Eimaterials in Fortpflanzungszellen und Körperzellen eingetreten.

Bei andern Tieren werden, wie die Beobachtungen lehren, die Geschlechtsorgane viel später angelegt. Bei allen aber entstehen sie aus ganz bestimmten Zellen.

Wenn man ein Wirbeltier kastriert, so hört die Fortpflanzungsfähigkeit auf. Die Pflanzen und niederen Tiere sind anders organisiert. Sie bilden neue Eierstöcke, neue Hoden, wenn man sie der alten beraubt. Wenn Sie von einem Baume eine Blüte abbrechen, so wird die Fruchtbarkeit desselben nicht im mindesten verändert. Pflanzen und niedere Tiere sind teilbar und diese Eigenschaft hängt in letzter Instanz damit zusammen, dass an allen Stellen des Leibes Zellen vorhanden sind, die wie die Geschlechtszellen der höheren Tiere durch Teilung ein neues ganzes Individuum zu bilden im Stande sind.

Wir gelangen an der Hand dieser Betrachtungen zu Experimenten, die man an fertigen Pflanzen und Tieren angestellt hat.

Ein Vergleich zwischen den beiden Gruppen von Beobachtungen wird nicht ohne Interesse sein.

Die Versuche am ungefurchten Ei sind mit den Versuchen an Protozoen, den Infusorien und Amöben, einzelligen Tieren, zu vergleichen. Durchschneidet man ein Protozoon, so wird aus jeder Hälfte ein ganzes neues Tier. Durchschneiden Sie es wie Sie wollen, der Quere nach, der Länge nach, schräg, in zwei oder mehrere Stücke: jedesmal regeneriert sich, wenn in dem Stück Protoplasma und Kernbestandteile vorhanden sind, das ganze Tier. Das fehlende Protoplasma, die entfernten Kernbestandteile, Wimpern, Schlund, selbst Muskeln, wenn solche vorhanden waren, werden ersetzt.

Aber der Wert eines Infusor erhebt sich nicht über die Bedeutung einer einzigen Zelle. Man kann demgemäß von den Erfolgen der Versuche an Protozoen nur Schlüsse ziehen auf das Regenerationsvermögen der Zelle überhaupt. Der Versuch an einem Protozoon beweist nur, dass vor jeder Teilung die das Ganze aufbauenden Teile im Zelleib und im Kern als Multipla vorhanden sind. Das gilt in der That für alle Zellen wie für die Protozoen und das Ei. Sie erzeugen durch Teilung Gleiches. Daraus resultieren die Erscheinungen der Regeneration, die aus einer Zelle, sobald sie dem korrelativen Einfluss der ihr benachbarten gleichen Zellen entzogen wird, diese durch Teilung neu bildet oder bei Teilen einer Zelle die fehlenden Stücke aus den Resten ergänzt. Deshalb bildet das zerschnittene einzellige Protozoon den ganzen Leib aus

seinen Teilstücken wieder, erzeugen die ersten Furchungszellen ganze Embryonen.

In einem höhern Organismus sind aber so viele morphologisch und funktionell verschiedene Zellenarten vorhanden, dass die theoretische Verwertung der Versuche an Protozoen und an den ersten Furchungsstadien des Eies für sie nicht statthaft ist. Es ist durch die Versuche an Protozoen und am eben gefurchten Ei keineswegs erwiesen, dass durch die Teilung einer beliebigen Zelle in einem hoch differenzierten Organismus das Ganze mit allen seinen verschiedenen Formen und Leistungen gebildet werden könnte. Die Erfahrung widerlegt diese Annahme geradezu. Die Gewebezellen erzeugen ebenfalls ihresgleichen. Eine Epidermiszelle aber nur Epidermiszellen, eine Muskelzelle nur Muskelzellen u. s. f.

Wenn man Eier noch auf dem Achtzellenstadium durch geeignete Eingriffe in acht sich selbständig entwickelnde Teile zerlegt hat, so fehlt vorläufig doch das Experiment, ob bei ausgebildeten Keimblättern der Verlust eines Keimblattes ebensowenig störend in die Entwicklung eingreife, als die Entfernung einer oder mehrerer Furchungskugeln. Man wird mir erwidern, dass doch das, was für die eine Zelle gelte auch für die andere richtig sein muss. Ich wage zu behaupten, dass das keineswegs nötig ist. Es gibt sicher, wie ich schon vor vielen Jahren ausgesprochen habe, eine additionelle und eine differenzierende Teilung der Zellen. Sucht man nach einem greifbaren Ausdruck einer differenzierenden Teilung, so dürfte das Ei von *Pollicipes polymerus* und anderer Cirripeden dafür nicht ungeeignet sein. Das befruchtete Ei, dessen Dotterplättchen vorher im ganzen Protoplasma verteilt waren, wird durch die erste Furchung in eine dotterhaltige und eine dotterfreie Zelle zerlegt. Die Beobachtungen Boveri's am *Ascaris*-Ei konstatieren eine andere Kernteilung für die Geschlechtszellen als für die Körperzellen. Es wird aber gewiss noch eine große Zahl von differenzierenden Teilungen ohne einen grobsinnlich wahrnehmbaren Ausdruck verlaufen.

Verfügen wir nun auch vorderhand über kein Experiment an einer Gastrula, der eines der Keimblätter genommen wurde, so gibt es in der Natur, nach der Entdeckung Bischoff's ein Experiment, das die Unabhängigkeit der Keimblätter von äußeren Bedingungen bis zu einem gewissen Grade deutlich genug darthut. Bei einigen Nagern findet eine Umdrehung der Keimblätter statt, und doch entsteht aus ihnen dasselbe, was bei anderen Tieren ohne die veränderte Lage gebildet worden wäre. Die Isotropie des Eies besteht auf dem Stadium der Gastrula, so scheint es wenigstens, nicht mehr fort.

Auch die Experimente an Tieren, die auf der Stufe der Gastrula zeit lebens verharren, beweisen, dass durch Variation der äußeren Bedingungen bisher aus Entoderm nicht Ektoderm gemacht werden konnte.

Dies sind die Versuche an *Hydra*.

Sie mögen einen Süßwasserpolyphen, wie Trembley zuerst gezeigt hat, zerschneiden wie Sie wollen; immer regeneriert jedes Teilstück das Ganze. Bei dieser Gelegenheit möchte ich darauf hinweisen, dass, wenn auch Trembley vor 150 Jahren der Erste gewesen ist, der diese Versuche angestellt und durch klassische Klarheit und Einfachheit die Grundlage geschaffen hat, seine Schlüsse sich doch nicht durchweg auf Beobachtung gründen. Wie die weitere Erfahrung gelehrt hat, treffen sie, wo sie des Bodens der Thatsachen entbehren, nicht das Richtige.

Aus einem Süßwasserpolyphen schnitt Trembley einen Ring heraus, teilte

diesen Ring in mehrere Teile, so dass jedes Stück aus „der inneren und äußeren Haut“, aus Ektoderm und Entoderm bestand. Aus jedem dieser Teilstücke regenerierte sich ein vollständiger Polyp. Hierzu machte Trembley die Annahme, dass der obere Teil des kleinen Läppchens, der vorher äußere Haut gewesen war, bei den neugebildeten Polypen zur vorderen Wand würde. Aus dem unteren Teil des Läppchens, gebildet aus der inneren Haut des alten Polypen, sollte nach ihm die hintere Wand des neugebildeten Tieres entstehen. Trembley dachte sich den Vorgang derart, dass sich zwischen Entoderm und Ektoderm ein Hohlraum, der spätere Magenraum des jungen Polypen, gebildet habe. Diese Annahme mochte nahe liegen. Der Vorgang spielt sich aber in ganz anderer Weise ab. Was Ektoderm war, bleibt Ektoderm, mag es im Versuch oben oder unten gelegen haben; stets klappt sich auch das kleinste Stückchen von Entoderm und Ektoderm des Polypenleibes so um, dass es zuerst eine Hohlrinne und dann eine Hohlkugel bildet, an der wie am alten Polypen das Ektoderm außen und das Entoderm im Innern liegt. Dadurch ist die Trembley'sche Vorstellung, dass sowohl aus Ektoderm Entoderm, wie aus Entoderm Ektoderm werden könnte, widerlegt. Denn die hintere Wand des regenerierten Polypen ist nicht aus dem Entoderm und die vordere Wand nicht aus dem Ektoderm entstanden. Das Ektoderm und Entoderm der vorderen und der hinteren Wand stammen in gleicher Weise von dem Ektoderm und dem Entoderm des zum Versuche benutzten Läppchens ab. Die Hohlkugel, die auch Trembley gesehen hatte, und die ein Anfangsstadium jeder Regeneration bei Polypen ist, entsteht nicht durch Aufblähung, sondern durch Verwachsung der freien Ränder des Läppchens. — Auch die Umstülpung des Süßwasserpolyphen hat Trembley nicht richtig gedeutet. Trembley ließ, durch das Endresultat seiner nicht kontinuierlich beobachteten Versuche verleitet, das Entoderm zu Ektoderm sich umgestalten und das Ektoderm zu Entoderm, wenn er den umgestülpten Polypen nach seiner Meinung an der Zurückstülpung durch eine hindurchgestochene Borste hinderte. Aber auch die Umstülpung vermag diese zauberhafte Verwandlung von Entoderm und Ektoderm ebensowenig zu erzwingen, wie bei dem Regenerationsvorgang aus kleinen Teilen zerschnittener Polypen. Es gibt kein Mittel, den umgestülpten Polypen, falls er am Leben bleiben soll, an der Rückstülpung zu hindern.

Da man in neuerer Zeit die Sachlage zu verkennen scheint, so möchte ich bei aller Verehrung für die Leistungen Trembley's darauf hinweisen, dass ich Trembley's Anschauungen widerlegt und gezeigt habe, dass er in seinen Versuchen keineswegs Entoderm in Ektoderm umgewandelt habe. Meine Versuche beweisen geradezu, dass durch die bis jetzt angewandte Variation äußerer Bedingungen die Umwandlung ein Ding der Unmöglichkeit ist. Ich bin durchaus nicht damit einverstanden, dass man, nachdem ich die Möglichkeit des Trembley'schen Versuches nachgewiesen habe, nun auf meine Kosten Trembley Alles zuschreibt. Als wolle man ihn dafür entschädigen, dass man ihm über hundert Jahre gar nicht geglaubt, glaubt man ihm jetzt Dinge, die er gar nicht gemacht hat. Vielleicht komme ich aber auch noch einmal an die Reihe.

Untersucht man Pflanzen auf ihr Regenerationsvermögen, so wissen Sie, dass man eine Pflanze zerschneiden kann, wie man will; immer entsteht unter günstigen Bedingungen aus einem Teilstück eine neue Pflanze. Man kann sogar unter günstigen Bedingungen aus einer Galle eine neue Pflanze erzeugen. Geht doch ebenfalls unter geeigneten Bedingungen aus einer einzigen Zelle eines

Begonienblattes eine neue Pflanze hervor. Es müssen somit auch in den Gallen noch Zellen vorhanden sein, die wie eine Zelle des Begonienblattes die Fähigkeit das Ganze zu reproduzieren besitzen.

Sie kennen auch die Versuche, durch Variation der äußeren Bedingungen, einen Pflanzenteil bald zur Blüte, bald zum Laubspross, bald zum Dorn zu ziehen. Das wissen sogar Weinbauern und Gärtner ganz genau; sie brauchen nur die Zweige in ganz bestimmter Weise zu biegen, zu schneiden, um an denselben Stellen Blüten oder Blätter oder Dornen hervorzubringen. Die fundamentale Bedeutung der Vöchting'schen Arbeiten liegt in dem Nachweis, dass die Regeneration und Variation der Pflanzenteile unter dem Einflusse äußerer Bedingungen von undifferenzierten Zellen ausgeht.

Ähnlich wie bei den Pflanzen kann man auch an Polypen die Fortpflanzung beeinflussen. Wenn man Polypen hinreichend füttert, so knospen sie; lässt man in der Fütterung nach, so bilden sie Geschlechtsprodukte. — Man hat es also ganz in der Hand, die Polypen auf geschlechtlichem oder ungeschlechtlichem Wege zu vermehren. Die Willkür beim Eingreifen in die Art der Fortpflanzung ist nicht auf so tiefstehende Tiere wie die Polypen beschränkt. Man kann zwar durch äußere Eingriffe die Blattläuse nicht zur Knospung oder Teilung veranlassen. Wohl aber kann man bei ihnen durch Variation der Bedingungen Parthenogenese mit geschlechtlicher Fortpflanzung abwechseln lassen. Man kann in einer rein weiblichen Kolonie das Auftreten von Männchen erzwingen. — Doch davon ein anderes Mal. Bei dieser Gelegenheit habe ich nur darauf hinweisen wollen, wie der Erfolg des äußeren Eingriffes je nach der Entwicklungsstufe des Organismus sich abändert, und der Grad der Veränderlichkeit nach oben hin, das heißt mit weiterer Differenzierung, abnimmt.

Bei den Polypen hat man auch noch folgende merkwürdige Thatsache beobachten können. Wenn man aus einem Süßwasserpolyphen einen Ring heraus-schneidet, so wird das vorher im ganzen Tier nach oben orientierte Ende dieses Tieres zum Kopf, das untere zum Fußende eines neuen Polypen. Nun hat aber Löb in seinen Versuchen an marinen Polypen gezeigt, dass dies Verhalten nicht immer bestehen bleibt; sondern gefunden, dass ein festsitzender Polyp durch äußere Bedingungen gezwungen werden kann, an ein und derselben Schnittfläche bald einen neuen Kopf, bald ein neues Fußende zu bilden. Schneidet man von solchen Polypen einen Ring heraus und richtet das Kopfende nach oben, so entsteht oben ein neuer Kopf und unten ein neuer Fuß. Dreht man das zum Versuch benutzte Stück um, so dass das Kopfende abwärts liegt, so entsteht ein Kopf an dem jetzt nach oben liegenden Fußpol und ein Fuß am Kopfpol.

Ob es erlaubt sei, nach diesen Versuchen jede Orientierung im Polypenleibe zu leugnen, scheint mir vorläufig unentschieden. Die Teilstücke müssen so lange hungern, bis sich ein neuer Mund gebildet hat. Lässt man Polypen verhungern, so werden sie nicht allein leichter, sondern schrumpfen allmählich mehr und mehr ein, bis schließlich auch der letzte punktförmige Rest ihres früheren Leibes völlig verschwindet. Sie zehren von ihrem eigenen Körper, wie die Kaulquappe ihren Schwanz verzehrt.

In beiden Fällen geht unter dem Einflusse äußerer Bedingungen eine große Zahl von Zellen zu Grunde und dient anderen zur Nahrung. Einem regenerierten Polypen kann man aber nicht ohne weiteres ansehen, welche von seinen alten Zellen erhalten geblieben sind, und welche neu gebildet wurden. Es wäre denkbar und könnte vielleicht durch eingehende mikroskopische Untersuchung

der einzelnen Stadien im Laufe der Regeneration nachgewiesen werden, dass der Polyp mit veränderter Polarität seines Leibes eine totale Neubildung darstellt, hervorgegangen aus der Teilung und dem Wachstum seiner intermediären Zellen. Die intermediären Zellen sind amöboid, haben keine histologisch differenzierte Form, können auf Grund ihrer Ortsbeweglichkeit ihre Richtung ändern. Wenn demgemäß in einem fertigen Organismus die Gewebezellen im Raume orientiert sind, wie das Ganze ein Vorn und Hinten, Rechts und Links, Außen und Innen aufweisen, so wird man von den zur Regeneration des Ganzen und seiner Teile bestimmten intermediären amöboiden Zellen eine Orientierung im Raum nicht erwarten können. Die Orientierung der geweblich differenzierten Zellen bedingt die Orientierung des ganzen Tieres. Daraus folgt aber nicht, dass die regenerationsfähiger Zellen schon vor der Umwandlung zu bestimmten und für den Kampf mit der Außenwelt histologisch differenzierten Gewebezellen orientiert seien. Diese Zellen orientieren sich erst unter dem Einfluss der äußeren Bedingungen zur Zeit ihrer geweblichen Differenzierung. Es ist daher verständlich, wenn eine frei lebende Form, wie der Süßwasserpolypp, am verletzten Kopfpol stets das Kopfende neu bildet. Hier fehlt die Möglichkeit der Variation der äußeren Bedingungen, die bei der sessilen marinen Form je nach der eingenommenen Zwangslage wirken können, so dass oben immer ein Kopf, unten immer ein Fuß entsteht, mag auch die Polarität vor der Verletzung eine entgegengesetzte gewesen sein.

Sehen wir vorläufig davon ab, auf welche Weise bei marinen Polypen unter dem Einflusse äußerer Bedingungen die Aenderung der Polarität zu Stande kommt und untersuchen wir, wie weit im Tierreich der Aufbau des Ganzen aus seinen Teilen möglich ist.

Sie sahen, dass man aus einem Infusor oder einem andern einzelligen Tier durch künstliche Teilung zwei Tiere machen kann, wenn nur Kernsubstanz und Protoplasma in den Teilstücken vorhanden ist. Sie hörten, dass unter entsprechenden Bedingungen aus einem Ei zwei Embryonen entstehen. Man braucht die Furchungskugeln nur durch Schütteln zu trennen oder gar nach dem Vorgange von Oscar Schultze das Ei langsam zu drehen. Diese Fähigkeit aus den Teilen eines Zellkomplexes oder aus den Teilstücken einer Zelle das Ganze wieder aufzubauen, habe ich früher mit dem Namen der Restitutionsfähigkeit bezeichnet. Die Pflanzen zeigen ähnliche Erscheinungen wie Eier und einzellige Tiere. Sie regenerieren sich aber nicht mehr aus allen Zellen. Auch bei den Polypen ist es nicht mehr möglich, aus einer beliebigen Zelle oder ihren Teilen einen neuen Polypen zu erzeugen. Bei den höheren Tieren ist die Restitutionsfähigkeit noch mehr beschränkt. Viele Würmer ergänzen das verlorene hintere Körperende, Schnecken die abgeschnittenen Fühler und Augen, Salamander und Tritonen ein verlorenes Bein, Kaulquappen den Schwanz, wenn er vor der Zeit der definitiven Resorption verletzt wurde. Sie können gelegentlich eine Eidechse sehen, der ein neuer Schwanz hervorgewachsen ist, wenn durch irgend einen Unfall der alte verloren ging. Aber da zeigt sich schon der große Unterschied zwischen der Restitutionsfähigkeit der Polypen und dem Regenerationsvermögen höherer Tiere. Bei den Polypen können Sie große oder kleine Stücke abschneiden; das Verlorene wächst wieder nach; die kleinen Stücke bilden neue ganze Tiere. Aber ein abgeschnittenes Molluskenauge treibt keinen neuen Körper; an einem Eidechsen Schwanz wächst kein neues Tier. Bei den höheren Wirbeltieren, speziell dem Menschen, tritt eine noch größere Beschränkung ein. Kein Chirurg wird einen Finger amputieren, weil er etwa erwartet,

der Stumpf werde sich regenerieren. Noch viel weniger wird der abgeschnittene Finger wieder zum vollständigen Menschen auswachsen. Nimmt man dem Polypen seinen Kopf, so geht er nicht zu Grunde; am alten Kopf wächst ein neuer Rumpf und am alten Rumpf ein neuer Kopf. Bei recht ungeschicktem Experimentieren kann das Fehlende sogar in der Mehrzahl wieder ergänzt werden. Wem würde es einfallen, durch das Abpflücken einer Rose den Rosenstock unfruchtbar machen zu wollen? Aber man kann keinen Stier, keinen Hahn, kein Huhn kastrieren ohne Unfruchtbarkeit zu erzielen. Im Rosenstocke sind die Zellen, die zum Aufbau des Ganzen geschickt sind, d. h. Zellen, die noch keine differenzierende Teilung erlitten haben, weit verbreitet; dieselben Zellen sind beim Wirbeltier auf Hoden und Eierstock beschränkt. Einen Polypen kann man in Stücke zerlegen: jedes Stück wächst wieder zum vollständigen Individuum heran; ein in kleine Teile zerlegtes Huhn gehört nicht mehr in den Hühnerhof, sondern in die Küche. Bei den höchsten Tieren hat sich das Regenerationsvermögen auf die Fähigkeit, Wunden zu heilen, beschränkt. Hierbei wird Epithel nur von Epithelzellen regeneriert, und was darunter liegt nur von Zellen des mittleren Keimblatts: Bindegewebe von Bindegewebszellen, Muskeln nur von Muskelzellen. Während demgemäß bei den niedern Tieren und den Eiern auch der höhern Tiere in ihren ersten Entwicklungsstadien Restitutionsfähigkeit vorhanden ist, während noch jede Zelle und selbst Teile von Zellen einen ganzen Organismus erzeugen können, ist es bis jetzt noch nicht gelungen, die Abkömmlinge eines bestimmten Keimblattes zur Regeneration von Zellen anzuregen, die aus einem andern Keimblatt abstammen. Beim gewöhnlichen Verlauf, abgängige Zellen in mehrschichtigen Epithelien zu ersetzen, schieben sich die neuen Zellen ungefähr senkrecht in die Höhe; jede Zelle der am tiefsten gelegenen Ersatzzellen- oder Keim-Schicht versorgt ihren bestimmten Bildungsbezirk. Legt man künstlich Epitheldefekte an, die bis auf das unterliegende Bindegewebe reichen, so bilden nicht etwa die freigelegten Bindegewebszellen, sondern die Epithelzellen vom Rande des Defektes her die zur Deckung der Lücke im Epithel nötigen Zellen. Auf den künstlichen Reiz hin wiederholt sich ein Vorgang, wie er beim embryonalen Wachstum vorkommt. Die vorhandene Zahl der Zellen wird nicht allein durch senkrechte, sondern auch durch wagerechte Verschiebung vermehrt. Die Bindegewebszellen bilden aber ebensowenig die zum Ersatz nötigen Epithelzellen, wie sie es im Embryo gethan hatten; trotzdem nach Entfernung der Epitheldecke die Gelegenheit hierzu die denkbar günstigste ist.

Woher kommt denn nun die Verschiedenheit des Regenerationsvermögens der einzelnen Tiere und der einzelnen Zellen eines Tieres auf den verschiedenen Stufen seiner Entwicklung?

Wenn eine Zelle durch äußere Einflüsse variiert werden kann, so müssen entweder in der Lagerung ihrer Teile Aenderungen eintreten, oder ihre körperlichen Bestandteile müssen eine Vermehrung oder Verminderung erfahren. Ich bin nicht der Ansicht, dass im Ei und in der Samenzelle schon von vornherein die Stoffteilchen und die Kräfte vorgebildet sind, die dem fertigen Organismus oder den übrigen zwischenliegenden Entwicklungsstadien zukommen. Gerade so wie das Ei selbst ein Wachstum zeigt, Stoffteile aufnimmt, andere abgibt oder neu gruppiert, so wird auch bei der Entwicklung nach der Befruchtung eine stete Aenderung stattfinden; der folgende Zustand unter der steten Wirkung der Vererbung oder besonderer, abweichender äußerer Bedingungen aus dem vorhergehenden sich ableiten. Es scheint mir aber den Thatsachen zu

widersprechen, in jede Zelle durch irgend eine Teilung zu beliebigen Zeiten der Entwicklung gleich viele Arten verschieden begabter Massenteilchen gelangen zu lassen. Dann muss man freilich die Verschiedenheit der formalen und funktionellen Eigenschaften, die Auslösung ganz bestimmter Kräfte in den einzelnen Zellgruppen dadurch erklären, dass zwar alle Kräfte, vorhanden, aber die meisten mit Ausnahme der sichtbaren unter dem Einfluss äußerer Bedingungen latent geworden seien. Mir scheint es mit den Thatsachen mehr in Einklang zu stehen, wenn die Zellen mit fortschreitender Arbeitsteilung ihre Vielseitigkeit dadurch eingebüßt haben, dass in ihnen das Substrat für die von ihren Vorgängern besessenen Kräfte nicht voll und ganz, sondern nur zu dem Teil vorhanden sei, der ihrer Leistung entspricht und wegen der Ausschließlichkeit die Leistung selbst virtuoser gestaltet. Wenn die ersten Furchungskugeln ganze Embryonen zu bilden im Stande sind, so kann hier noch keine differenzierende Teilung aufgetreten sein; wenn aber Epithel nur Epithel regeneriert, so ist zwar das Teilungsvermögen der Zelle erhalten geblieben, aber nicht mehr die Fähigkeit, das ganze Tier durch Teilung neu zu bilden. Die differenzierende Teilung muss der ersten Bildung von Epithelzellen vorausgegangen sein.

Eine Zelle, die sich durch Aussenden von Fortsätzen kriechend weiter bewegt, leistet bei weitem nicht dasselbe, als ein vielzelliges Tier, von dessen Zellen eine bestimmte Gruppe Muskelfasern ausbildet, die auch für die übrigen Zellen die Aufgabe der Ortsbewegung übernehmen, während andere Zellgruppen ausschließlich mit andern Leistungen betraut werden, die dem Leibe der Amöbe neben der Fähigkeit zu kriechen zu gleicher Zeit zukommen. — Der Grad des Regenerationsvermögens der Organismen ist proportional der ihnen auf Grund ihrer Eigenschaften im System angewiesenen Stellung und nimmt nach oben hin ab. Wie wir annehmen, dass in der individuellen Entwicklung sich die bleibenden Zustände niederer Formen flüchtig und vergänglich wiederholen, so steigt dementsprechend das Regenerationsvermögen bei einem hoch organisierten Tier, je näher der befruchteten Eizelle es sich in seiner Entwicklung befindet. Hierfür hat Barfurth noch kürzlich einen schönen Beweis geliefert und die alten Angaben Spallanzani's bestätigt. Der Frosch steht auf höherer Entwicklungsstufe als der Salamander. Während bei dem Salamander die Fähigkeit abgeschnittene Gliedmassen zu bilden zeitlebens besteht, kann man nur bei Larven des Frosches und bei ihnen nur in sehr früher Zeit der Entwicklung diese Regenerationsfähigkeit beobachten.

Demnach nimmt das Regenerationsvermögen mit der phyletischen und individuellen Entwicklung Schritt für Schritt ab. Mit der auf Grund der Arbeitsteilung fortschreitenden höheren Entwicklung werden die Zellen nicht mehr einfach vermehrt. Die Summe der zur Bildung des Ganzen erforderlichen Massenteilchen, wie sie im Ei und in den ersten Furchungskugeln sich findet, geht nur auf bestimmte Zellen, die Geschlechtszellen über; in den übrigen Zellen sind nur Teile derselben vorhanden. Neben additioneller Teilung tritt zum ersten Male funktionelle Teilung auf. Die Teilung der Geschlechtszellen kann zur Bildung eines Ganzen führen. Die Teilung der übrigen Zellen dient nur zur Vermehrung der Zellenzahl in der bestimmten Gruppe. Jede Gruppe ist unter dem Einflusse äußerer Bedingungen befähigt sich weiter zu differenzieren, d. h. die in ihr enthaltenen Kräfte in Komponenten zerlegt, auf getrennte Zellgruppen zu übertragen.

[15]

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: [16](#)

Autor(en)/Author(s): Anonymos

Artikel/Article: [Aus den Verhandlungen gelehrter Gesellschaften. 71-80](#)