

Werk

Titel: Die Regeneration als allgemeine Erscheinung in den drei Reichen

Autor: Przibram, Hans

Ort: Braunschweig

Jahr: 1906

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021 | LOG_0508

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Je zwei der verwandten Basen unterscheiden sich nämlich nur durch ihren sterischen Bau und können in einander übergeführt werden. So entsteht z. B. bei längerem Kochen mit amyalkoholischem Kali aus Cinchonin Cinchonidin. Daß hier sterische Isomere vorliegen, zeigt sich darin deutlich, daß aus den beiden Isomeren dasselbe Toxin, ferner derselbe ungesättigte Körper (Cinchen oder Chinen) entsteht, weil dabei das die Verschiedenheit verursachende asymmetrische Kohlenstoffatom verschwindet. Hingegen bilden sich je zwei isomere Desoxykörper. Das asymmetrische Kohlenstoffatom muß demnach hier erhalten geblieben sein, womit gleichzeitig bewiesen ist, daß die mit ihm verbundene Hydroxylgruppe nicht in dem Methylenrest, sondern direkt am Pyridinkern sitzt. Da Chinin und Cinchonin je drei asymmetrische Kohlenstoffatome besitzen, so sind nach der Theorie im ganzen acht Isomere vorzusehen, von denen einige schon bekannt sind. Die Konfiguration und die Beziehungen der Stereoisomeren zu einander konnte man aber bisher noch nicht bestimmen.

Wegen dieser komplizierten Verhältnisse haben wir auch eine Synthese des wichtigen Chinins (die anderen genannten Pflanzenbasen stehen wegen ihrer unangenehmen Nebenwirkungen meist weit hinter dem Chinin zurück) nicht allzu bald zu erwarten. Da die physiologische Wirksamkeit eng mit der sterischen Konfiguration zusammenhängt, so dürfte, falls es möglich sein sollte, eines der sieben Isomeren des Chinins zu synthetisieren, die praktische Verwendbarkeit eines solchen wissenschaftlichen Erfolges wahrscheinlich nur gering sein. Vielleicht aber gelingt es, herauszufinden, welche Gruppe im Chinin für die spezifische Wirkung gegen Malaria maßgebend ist. Durch Einführung derselben in ein einfacheres Molekül ließe sich dann möglicherweise ein leichter darstellbares Fiebermittel gewinnen. D. S.

Die Regeneration als allgemeine Erscheinung in den drei Reichen.

Von Privatdozent Dr. Hans Przibram (Wien).

(Vortrag, gehalten am 19. September 1906 in gemeinsamer Sitzung der Abteilungen Zoologie und Physiologie auf der 78. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Stuttgart.)

(Schluß.)

3.

Gerade die auffallende Parallele, welche zwischen der Erreichung des enderwachsenen Zustandes und dem Erlöschen des Regenerationsvermögens besteht, scheint mir den Schlüssel für das Verständnis dieser Erscheinung überhaupt abzugeben. Wenn die Regeneration überall fehlt, wo Wachstum fehlt, so kann daraus auf die Abhängigkeit der Regeneration von dem normalen Wachstum geschlossen werden. Da die vollständige Regeneration in kürzerer Zeit ihr Vorbild erreichen muß, so muß als Art der Abhängigkeit eine Beschleunigung des Wachstums angenommen werden. Diese Beschleunigung des Wachstums gerade an den Wundstellen ist dem ersten Beobachter der Kristall-

regeneration, Jordan, bereits als die wesentliche Eigenschaft dieser Erscheinung aufgefallen.

Die bei manchen Pflanzenregenerationen beobachteten Wachstumshemmungen stehen, wie bereits Barfurth bemerkt hat, nicht im Widerspruche mit unserer Theorie, da bei den betreffenden Wurzeln die normale Spitze aus jugendlichem, die regenerierende aus älterem Gewebe gebildet wird.

Bei den blättertragenden Pflanzen erhalten wir durch die Beachtung der normalen Wachstumsarten die Erklärung für die geringe Ausbildung der Regeneration; nur jene Blätter, die ein Spitzenwachstum besitzen, wie die Farne, vermögen an der Spitze zu regenerieren, jene, die von der Basis aus immer nur gewissermaßen sich vorschieben, regenerieren nur an der Basis (Monophyllaea, Streptocarpus); werden Blätter ihrer Spitze durch einen queren Schnitt ganz beraubt, so ist ihnen bei Spitzenwachstum durch Entfernung der wachsenden Zone auch die Möglichkeit zur Regeneration benommen, bei basalem Wachstum findet wie sonst das Vorschieben von der Basis statt, wobei die ursprüngliche Wundfläche unverändert sich erhält (W. Figdor). Hierbei ist jedoch nicht gesagt, daß damit auch die Form des ganzen Blattes unverändert bleibt; es können bei bestimmten Operationsarten, z. B. Abtragen der halben Blattfläche an jungen Blättern der genannten Gesneriaceen solche Verschiebungen der Blatteile stattfinden, daß die Form eines ganzen Blattes in etwas verkleinertem Maßstabe annähernd erreicht wird. Diese Erscheinung erinnert an die Morphallaxis der Tiere und an andere Kompensationserscheinungen. So konnte ich nachweisen, daß Kristalle auch in der vor dem Verdunsten geschützten Mutterlauge ihre Form ohne Gewichtszunahme zu regulieren vermögen, gleichwie die niedrigen Tiere ohne Nahrungsaufnahme aus kleinen Teilstücken eine verkleinerte Ganzform herstellen. Bedingung ist eine gewisse Möglichkeit der freien Verschiebung ihrer Teile, welche die Hilfe des flüssigen Aggregatzustandes erheischt. Bekanntlich nimmt ein jeder Teil eines zerteilten Wassertropfens wieder durch die Wirkung der Oberflächenspannung Kugelform an (Fig. 7). Dasselbe gilt von den flüssigen Kristallen O. Lehmanns, die dabei ihre Anisotropie aufrecht erhalten, was unter dem Polarisationsmikroskop herrliche Bilder gibt.

Auch die fast gänzlich flüssigen Eier, z. B. der Seeigel, nehmen zerteilt wieder die Kugelform an, in der nach Boveris Entdeckung des orangeroten Pigmentringes bei *Strongylocentrotus lividus* die Wiederherstellung der aus verschiedenen chemischen Stoffen gebildeten Struktur ersichtlich wird. Ist die ideale Flüssigkeitsgestalt (die Kugel) nicht rein realisiert, wie z. B. bei sehr zähflüssigen Stoffen, so kann dennoch, wenn auch etwas langsamer, bei Zerteilung die ursprüngliche Form bald wieder erreicht werden; ein Gummifaden stellt, entzwei gerissen, an allen Endpunkten dieselbe Form her. Die fließendweichen Kristalle Lehmanns, z. B. Chloresterylbenzoat, erhalten, zerteilt, neue Endspitzen der langen Achse.

Auch bei den Einzelligen spielt die Oberflächenspannung eine große Rolle, und bei allen Vorgängen der Morphallaxis haben wir es mit noch plastischen, nicht starr differenzierten Teilen zu tun.

Morphallaktische Prozesse sind auch überall dort möglich, wo die starren Gebilde periodisch wieder abgeworfen und erneuert werden, so namentlich bei den Gliederfüßlern. Wird irgend ein Bein einer Gottesanbeterin nahe am Körper innerhalb des Hüftgelenkes abgeschnitten, so bildet sich der Rest der Hüfte zu einem ganzen, verkleinerten Beine um (Fig. 5), und ebenso verhält es sich bei den Krebsen.

Fig. 8.

Mechan. Schema	Zell-Schema		
(Balken)	am Beginne ← am Ende des seitlich bezeichneten Prozesses		
			Normales Wachstum
			Restitution
			Formwandlung (Morphallaxe)
			Doppelbildung durch Spaltung
			Dreifachbildung nach Bruch

An manchen Krebsen, die normalerweise die rechte und linke Schere typisch verschieden gestaltet haben, z. B. *Alpheus* (Fig. 6), konnte ich beobachten, daß nach Entfernung der größeren, reicher ausgestatteten Schere die kleinere zu einer solchen umgestaltet wurde, während an Stelle der abgeschnittenen eine kleine nachwuchs. Diese Erscheinung der „kompensatorischen Hypertypie“ steht nicht vereinzelt da: außer bei vier europäischen *Alpheus*-arten, wozu noch die Bestätigung der Scherenumkehr durch Wilson an einer amerikanischen Art kommt, habe ich dieselbe in den letzten zwei Jahren bei dem schwambewohnenden *Typton*, bei vier Krabbenarten und dem Maulwurfskreb *Calianassa* experimentell festgestellt; Zeleny beobachtete Ähnliches an den asym-

metrischen Kiemendeckeln mancher Röhrenwürmer; Gesneriaceen, welche ein großes und ein kleines Keimblatt besitzen, bilden letzteres nach Entfernung des ersteren zum großen um (Hering, Pischinger).

Die Erscheinung der kompensatorischen Hypertypie hat mich zur Vermutung geführt, daß wir es mit der Wiederherstellung eines Gleichgewichts dynamischer Art zu tun haben, indem nach Formstörung auf dem kürzesten Wege, demjenigen „geringsten Widerstandes“, der stabile Formgleichgewichtszustand wiederhergestellt wird. Es ist möglich, Gleichgewichtsformeln aufzustellen, die mit den verschiedenen beobachteten Fällen — es kommt z. B. auch direkte Regeneration der großen Schere, nämlich bei Hummer und Einsiedlerkreb vor — übereinstimmen.

Wenn der Formzustand überhaupt auf einem Gleichgewicht zwischen den spezifischen Wachstumsbestrebungen verschiedener Chemismen und den Oberflächenspannungen beruht, so erhalten wir für die Kristalle ebenfalls eine Erklärung ihrer Regulationsfähigkeit. L. Pfaundler war es, der zuerst die dynamische Theorie der Kristallbildung vertrat, indem er darauf hinwies, daß nach der kinetischen Wärmetheorie auch von dem in gesättigter Lösung befindlichen Kristall stets Teilchen abgelöst und wieder zugeführt werden müssen, wenn auch in gleicher Anzahl. Curie hat dann ausgesprochen, daß sich die Form des Kristalls als Resultante zwischen den Wachstumsrichtungen und den Oberflächenspannungen ergeben muß.

Wir erhalten auf diese Art die Erklärung für die Beschleunigung des Wachstums an den Verletzungsstellen: Teilchen werden solange übergeführt werden, bis die Allgemeinform wieder dem Gleichgewichtszustande entspricht. Auch beim Kristall braucht dieser Gleichgewichtszustand nicht dem ursprünglichen durchaus gleich zu sein; es kommt vor, daß eine andere für die betreffende Substanz mögliche Kristallform auftritt, wenn dieselbe rascher gebildet werden kann als die Ausgangsform (z. B. beim Alaun Ausbildung einer zu einer angeschliffenen Hexaederfläche parallelen Fläche an einem ursprünglichen Oktaeder). Die Verhältnisse liegen beim Kristall insofern einfacher, als derselbe nur aus einem einzigen Stoffe besteht.

Bei den Organismen komplizieren sich die Erscheinungen durch den Stoffwechsel, der verschiedenartige chemische Stoffe zur Grundlage und wieder zu Produkten hat.

Allein auch hier gestattet uns die durch Störung des Wachstumsgleichgewichts den verletzten wachstumsfähigen Teilen zukommende Beschleunigung eine analoge Erklärung der Regenerations- und morphallaktischen Erscheinungen.

Die Wachstumstheorie der Regeneration bringt die Konsequenz mit sich, daß es für wachstumsfähige Formen möglich sein muß, nicht nur größer, sondern auch „kleiner“ zu wachsen. Da nämlich bei der Morphallaxis aus ganz kleinen Stücken ganze Tiere entstehen, müssen manche alte Teile hierbei eine Verkleinerung erleiden, weil ja meist mangels

jeder Nahrungsaufnahme die neuen Teile aus dem alten Material entnommen werden. Es ist bekannt, daß Polypen, Planarien und Tunicaten im Hungerzustande sich außerordentlich verkleinern können und hierbei ihre Proportionen annähernd wahren. Daß jedoch tatsächlich bei Wachstumsprozessen Verkleinerungen eintreten können, fand ich bei den erwähnten Umkehrversuchen an Krebsen: bei ungenügender Nahrung werden diese Tierchen im Verlaufe der Häutungen immer als Ganzes kleiner, während die Scheren wieder dem formalen Gleichgewicht zustreben.

Läßt man einen Kristall z. B. von Rechtsweinsäure, in einer vor dem Verdunsten geschützten, nicht ganz gesättigten Lösung, so wird er zunächst unter Abrundung und Ausnagung so lange aufgelöst, bis die Lösung eben gesättigt ist, dann bildet sich aber der verbleibende Kristallrest wieder zu einem kleinen Kristall ohne Vermehrung seiner Masse — also ein völliges Gegenstück zum „Kleinerwachsen“ der Tiere.

Es wird vielleicht Manchen befremdet haben, daß ich ohne Rücksicht auf die Zellen als Bestandteile bloß die Organismen als Ganzes betrachtet habe. Ich will also hinzufügen, daß zur Formbildung bei der Regeneration nicht andere Mittel als beim normalen Wachstum verwendet werden: Zell- und Kernteilungen, Imbibitionen, Abscheidungen, sog. Apoplasmen.

Die Beachtung der Zellen gibt uns aber außerdem den Schlüssel für die Erscheinung der Polarität bei den Regenerationen in die Hand. B. Hatschek hat zuerst darauf hingewiesen, daß die Körperzellen eine ausgesprochene Polarität besitzen, und bei den Epithelzellen eine basale und eine freie Fläche unterscheiden. — Zur Straßens beobachtete bei der Entwicklung von *Ascaris*, daß stets der freien Fläche (schon der Blastomeren, später der Epithelzellen) das Zentrosom und darunter der Zellkern genähert liegt. Bei jeder Zellteilung erfolgt die neuerliche Einstellung. Zur Straßens führte dann weiter aus, wie der Epithelverband durch die gegenseitige Anziehung ähnlicher Schichten in den polar differenzierten Zellen seine Erklärung finde. Da nun mit der Polarität der Zellen infolge ihrer Schichtung aus verschiedenem chemischen Material (z. B. beim Seeigellei) die spätere Differenzierung zu den Wachstumsformen stattfindet, so können wir annehmen, daß mit einer Drehung der Zellen zugleich die Richtung des betreffenden Wachstums verändert wird. Nehmen wir den einfachen Fall einer queren Amputation (Fig. 8), so werden bei den folgenden Zellteilungen die an der Wundkuppe gelegenen Zellen sich so drehen, bis sie wieder die ursprüngliche Anordnung kopiert haben, d. h. es wird die Polarität am Regenerat aufrecht geblieben sein. Betrachten wir den Fall der Spaltung: hier wird an jeder der Spaltungsflächen so lange Drehung stattfinden, bis wieder die ursprüngliche Kuppe — aber jetzt an jeder Seite eine — entstanden ist: es resultiert Doppelbildung.

Bei sehr kleinen Stücken kann durch Drehung (ohne Mitosenbildung) auf beiden Achsenenden der gleiche (freie) Pol zu stehen kommen und hierdurch

zweiköpfige oder zweischwänzige sog. polare „Heteromorphosen“ entstehen, indem auch dort, wo der andere Körperpol zu erwarten, Materialanordnung für einen „falschen“ Pol regeneriert wird. Tatsächlich spielt gerade die Kleinheit des Stückes eine große Rolle beim Auftreten der polaren Heteromorphosen.

Verwandt mit dieser Erscheinung sind die namentlich systematisch von Bateson und dann experimentell von Tornier untersuchten Dreifachbildungen, die zumeist nach einem Bruche mit nachfolgender Regeneration aus jeder der Bruchflächen entstehen.

Hier liefert uns die Annahme der Einstellung der an den Wundflächen gelegenen Zellen nach Zur Straßens Theorie die Erklärung für das Stellungsgesetz der überzähligen Gliedmaßen: die dem Körper (proximal) genäherte Bruchfläche wird ebenso wie die an der Spitze des Gliedes wachsenden Zellen orientiert sein; hingegen wird die ihr gegenüberliegende Wundfläche ihre Zellen in entgegengesetzter Richtung zu drehen haben. Dies hat zur Folge, daß der distale Teil, jedoch als Spiegelbild, nochmals gebildet wird. Es liegen dann in einer Ebene zwei gleich orientierte Organe und ein verkehrt orientiertes zwischen beiden, wie wir es tatsächlich bei allen Dreifachbildungen sehen.

Daß Drehung der Zellen nach solchen Brüchen auf die regenerative Dreifachbildung folgt, hat Stud. Hadži bei uns an *Tubularia* direkt nachweisen können.

Bei den Pflanzen beschreibt Nemeč einen ähnlichen Fall an der Wurzel von *Vicia faba* und *Ricinus*.

Merkwürdigerweise ist selbst diese Erscheinung nicht ohne Analogie bei den Kristallen: von Baumhauer wurde entdeckt, daß man durch Eindringen einer stumpfen Schneide in einen Kalkspatkrystall bis zur Mitte eine Verschiebung des einen Kristallteiles erhält, der nunmehr eine auch in bezug auf optische Eigenschaften verkehrte Formpolarität aufweist. Nach Tschermak muß hierbei eine Drehung der Teilchen (Moleküle?) angenommen werden, die also hier gewissermaßen die Rolle der Zellen spielen.

Vieles könnte ich noch vorbringen, was im Einklange mit der Wachstumstheorie der Regeneration steht, während es sich mit den übrigen Regenerationstheorien nicht verträgt; namentlich sei darauf hingewiesen, daß durchaus kein notwendiger Zusammenhang zwischen der Wahrscheinlichkeit und Leichtigkeit des Verlustes einerseits, der vollständigen und raschen Regeneration andererseits besteht. Während der Weberknecht, die Schnake, das Heupferd die sehr leicht verlorenen Beine nicht zu ersetzen vermögen (da es sich um erwachsene Formen handelt), sind die Larven auch solcher Insekten hierzu imstande, die, wie viele Käferlarven, im Mulm versteckt keiner Verletzung ausgesetzt und auch bloß mit rudimentären Gliedmaßen ausgestattet sind. Auch werden, wie bereits besprochen, die Gliedmaßen bei den Gliederfüßlern nicht nur dann regeneriert, wenn sie an den vorgebildeten Abrißstellen durch den Reflexakt der sog. Autotomie abgeworfen, sondern auch wenn sie weiter gegen ihren Ursprung hin am Körper ab-