

Einiges
über
Regeneration im Tierreiche.

Von
Prof. Dr. Theodor Pintner.

Vortrag, gehalten den 8. März 1905.

(Mit Demonstrationen.)

Mit 16 Abbildungen im Texte.

Wenn wir im Frühjahr in den Donauauen einen Spaziergang machen, so finden wir zahlreiche Tümpel an der Oberfläche mit einer dichten grünen Decke von Wasserlinsen überzogen oder am Grunde eine üppige Vegetation von Algen. Diese Pflanzenwelt des Wassers beherbergt ein ebenso reiches und lebhaftes Tierleben wie die Bäume über uns, das Gebüsch zu unserer Seite, die Rasendecke zu unseren Füßen. Die größten Bewohner der Tümpel, die Frösche, haben schon bei unserer Annäherung die Flucht ergriffen; treten wir heran, so bemerken wir bunt gefärbte Wassermolche, die *Triton*-Arten, mit ihren zierlichen, fahnenähnlichen Schwänzen, und beugen wir uns zum Wasserspiegel herab, so erkennen wir nach einiger Übung im Hineinsehen ein Gewimmel der mannigfachsten Insekten und Insektenlarven, Krebschen, Schnecken und Würmer.

Schöpfen wir vollends mit einem größeren Glasgefäße eine Probe, tragen sie nach Hause und lassen sie eine Zeitlang ruhig stehen, so erblicken wir eine Zahl merkwürdiger Tiere, die vorher zwischen den Blättern und Stengeln der Wasserpflanzen, an und in angefalteten Holzstückchen und Zweiglein verborgen waren und nun erst hervorkriechen oder sich ausstrecken: so z. B. die grünen und grauen Süßwasserpolyphen, die Hydren, ferner zierliche Moostierchen u. dgl.

Fast immer werden wir da auch zahlreiche schwarze, dunkelbraune oder graue Gebilde wahrnehmen, die bewegungslos auf Wasserlinsen, auf Stengeln oder auf Holztrümmern kleben. Es sind flache, schleimige Massen von etwa ovalem Umriß und der Größe von $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ cm.

Haben wir Geduld und warten länger zu oder berühren wir eine solche Masse, so sehen wir, wie plötzlich Leben in sie hineinkommt, sie beginnt sich zu strecken, in die Länge zu dehnen und gleitet nun gleichförmig dahin, unter sehr geringen, wenig auffälligen Körperbewegungen. Wenn wir aber leise an das Glasgefäß klopfen, so sinken sie in Mengen langsam zu Boden, und während des Heruntersinkens bemerken wir, wie sie sich wellig hin- und herwinden und drehen, bis sie unten angekommen sind und nun wieder in jener äußerlich ruhigen Körperhaltung über die am Boden liegenden Gegenstände dahingleiten. Sie erreichen dann wohl auch bald die Wand des Glasgefäßes und kriechen nun an ihr empor. Dabei bekommen wir die Unterseite zu Gesicht: wir sehen, daß sie etwas heller ist als die Oberseite, der Rücken, und sehen ferner etwa in der Mitte einen länglichen, hellen oder völlig weißen Flecken. Hat das Tierchen den oberen Rand des Wassers erreicht, so tritt eine den ungewohnten Beobachter ziemlich überraschende Erscheinung ein: das Tierchen macht nämlich keineswegs Halt, sondern es schlägt sich so zurück, daß es die Unterseite nach oben kehrt, den Rücken nach unten, und nun bewegt es sich, am Wasserspiegel hängend, ruhig genau so weiter wie zuvor an der Glasfläche. Es klebt also,

vorwärts gleitend, der Oberfläche des Wassers an, die Tragfähigkeit genug besitzt, um diese Last schwebend zu erhalten. Wir können übrigens, nebenbei gesagt, die gleiche Beobachtung auch an noch viel umfangreicheren Tieren machen, z. B. an ziemlich großen Wasserschnecken, die dasselbe Kunststück zusammenbringen, indem sie, mit dem Fuße nach aufwärts gekehrt, die Schale in das Wasser herab hängen lassen und verkehrt am Wasserspiegel entlang schwimmen.

Wie geht nun bei der äußerlich ruhigen Körperhaltung die Fortbewegung des Tieres vor sich? Wenn wir eines von ihnen unter das Mikroskop legen, so ist das Rätsel bald gelöst.

Wir finden die gesamte Körperoberfläche des Tierchens mit zahllosen, dicht wie ein Pelz beisammenstehenden Härchen bedeckt, und diese Härchen sind in immerfort andauernder Bewegung, die wellenförmig fortschreitet, genau wie die Wogen eines Ährenfeldes. Sie schlagen alle nach derselben Richtung und sind die lebendigen Fortsätze von Zellen, die die äußere Körperbedeckung unserer Tiere bilden, der sogenannten Epithelzellen. Solche immerfort bewegte Härchen heißen Wimperhaare oder Flimmerhaare. Es sind tausende von kleinen Rudern, die dicht neben- und übereinander sitzen, wie die Reihen von Rudersklaven in den großen Schiffen der alten Völker, und dieselbe Wirkung haben wie sie: die Vorwärtsbewegung des Körpers, mit dem sie fest verbunden sind. Sie sind im Tierreiche weit verbreitet, bei Wassertieren an der äußeren Körperfläche, sonst auch

im Innern, z. B. beim Menschen in den kleinen Bronchien, in den kleinen Zweigen, die die Luftröhre in der Lunge bildet. Hier haben sie ja die Aufgabe, den Schleim aus der Luftröhre nach außen zu befördern.

Wir erkennen sie an unseren Tierchen schon mit freiem Auge an dem feinen samtartigen Schimmer, den der Härchenpelz an der Körperoberfläche hervorruft.

Die unermüdliche Bewegung des Flimmerkleides dieser Tierchen erzeugt nun im Wasser um sie herum einen Wirbel, eine strudelnde Bewegung, und darum werden sie Strudelwürmer oder von ihrer gleitenden Bewegung Schleichwürmer genannt. Die Arten der Strudelwürmer aber, mit denen wir uns hier beschäftigen, gehören dem Geschlecht der Planarien an; es ist auf der ganzen Erdoberfläche verbreitet und bevölkert in zahlreichen Gattungen und Arten das Süßwasser stehender Tümpel, Teiche, Seen, Brunnen, aber auch das langsam oder rasch fließender Quellen und Bäche. Sie erreichen oft eine sehr ansehnliche Größe, zumal in den Tropen, wo es auch merkwürdig gezeichnete und lebhaft gefärbte Landbewohner unter ihnen gibt, die Landplanarien, die an unsere heimischen Nacktschnecken erinnern und ein tiergeographisch wichtiges Element der Fauna der Tropenländer bilden.

Wir müssen nun noch kurz einige Punkte des Körperbaues einer solchen Planarie betrachten (Fig. 1). Wir haben schon erwähnt, daß wir auf der Unterseite, etwa in der Mitte des Körpers, einen hellen Fleck wahrnehmen, in günstigen Fällen sehen wir da auch eine

Öffnung (*o*). Diese Öffnung nun führt in einen Sack und in diesem Sack liegt ein zylindrisches Rohr (*r*).

Wir nehmen eine kleine Wasserschnecke, zertrümmern ihr zartes Gehäuse und zerreißen sie mit zwei Präpariernadeln ein wenig, so daß sie getötet ist. Wir legen die Schnecke nun in die Nähe einer solchen Planarie. Sie wird sie alsbald wittern, auf sie loskriechen und sich mit ihrem Körper auf das getötete Tier legen. Und wenn wir genau zusehen, bemerken wir folgendes: die Öffnung, die wir zuvor wahrgenommen haben, erweitert sich ganz unglaublich, das in dem Sacke gelegene Rohr stülpt sich aus, verbreitert sich wie die Mündung einer Trompete (Fig. 2), überdeckt allmählich die ganze Schnecke, umhüllt sie von allen Seiten und zieht sich dann mit seiner Beute durch die Öffnung wieder ins Innere des Körpers zurück. Kurzum, die Planarie hat die Schnecke gefressen und verdaut sie nun, indem sie lange Zeit, mehrere Tage lang, unbeweglich auf demselben Platze liegen bleibt.

Die Öffnung, die wir gesehen haben, ist also der Mund, das Rohr ist ein Rüssel, mit Hilfe dessen das Tier

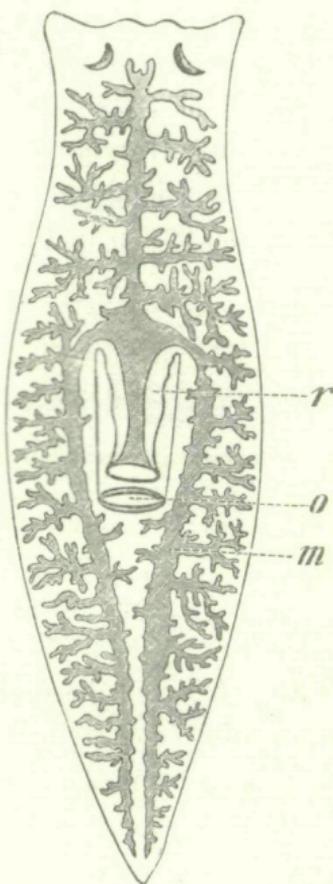


Fig. 1.
Anatomie einer Planarie.
o der Mund, *r* der Rüssel,
m der Magen, mit seinen
Ästen den ganzen Körper
ausfüllend.

frißt, und der Sack, in dem das Rohr liegt, ist eine Rüsseltasche. Die Rüsselröhre führt geradeaus in den Magen und den Magen können wir sehr deutlich sehen, wenn wir das Tier unter der Lupe vorsichtig zwischen zwei Glasblättchen quetschen (Fig. 1, *m*). Er besteht aus drei langen Rohren, von denen eines nach vorne, zwei nach hinten ziehen. Sie sind allenthalben blind geschlossen und mit zahlreichen verzweigten kleinen Blind-

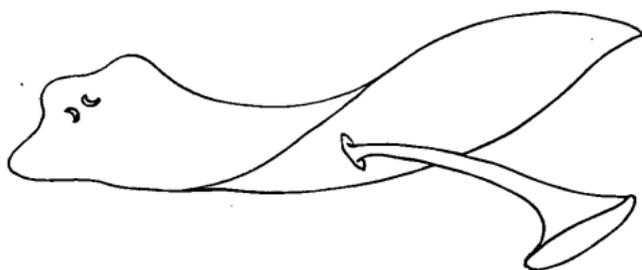


Fig. 2. Eine Planarie mit ausgestülptem Rüssel.
Die hintere Hälfte des Körpers nach oben umgeschlagen.

säckchen besetzt, die den ganzen Körper ausfüllen. In diesen Ästen des Magens verteilt sich allmählich der Nahrungssaft, der aus der Verdauung der Schnecke hervorgegangen ist, die unverdauten Reste, wie die Schnecken-schalentrümmer, werden wieder beim Munde mit Hilfe des Rüssels ausgestoßen.

Erwähnen müssen wir noch, daß sich am Vorderende des Körpers auf der Rückenseite in zwei hellen, farblosen Höfen zwei halbmondförmige schwarze Flecken, zwei Augen, vorfinden. Andere Arten haben zahlreiche Augen, welche in einer Reihe geordnet den ganzen Vorderrand des Körpers umsäumen.

Wir nehmen nun eine solche Planarie her und schneiden sie mit einem scharfen Skalpell in der Mitte quer durch (Fig. 3, I). Die beiden Hälften ziehen sich zusammen und bleiben längere oder kürzere Zeit unbeweglich liegen. Als bald aber sehen wir sie, wenigstens das vordere Stück, sich in Bewegung setzen und lustig fortschwimmen. Wir nehmen die beiden Stücke auf und isolieren sie in einem besonderen Gefäß. Sie sitzen hier abwechselnd ruhig, abwechselnd schwimmen sie lebhaft umher. Das dauert so eine Woche etwa. Wir untersuchen sie nun und finden zu unserem Erstaunen zwei ganze Tiere. Es hat also die vordere Hälfte ein neues Schwänzchen, einen neuen Mund und einen neuen Rüssel gebildet, die hintere Hälfte dagegen einen neuen Kopf mit neuen Augen. Beide sind, wie gesagt, ganz und vollständig, allerdings bedeutend kleiner als das ursprüngliche Tier, nicht einmal halb so groß. Aber wenn wir sie füttern, werden sie bald wachsen und es wird nicht die kleinste Spur darauf hinweisen, daß die zwei Tiere einem künstlichen Eingreifen von Menschenhand ihre Entstehung verdanken.

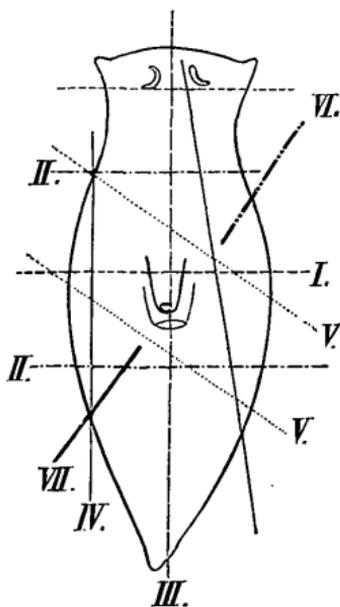


Fig. 3.

Wir nehmen nun ein zweites Tier und schneiden durch zwei parallele, quere Schnitte (Fig. 3, *II*) aus der Mitte ein queres Stück heraus. Wir setzen die Stücke wieder in besondere Gläser. Vom vordersten und vom hintersten Stücke wissen wir schon, daß jedes von ihnen wieder zu einem ganzen Tiere heranwachsen wird. Wir beobachten daher hauptsächlich das mittlere Stück. Nach einiger Zeit bemerken wir, daß sich an dem herausgeschnittenen Stücke, das lange Zeit unbeweglich und

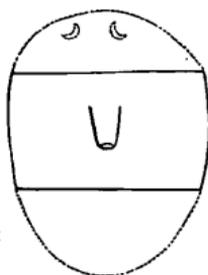


Fig. 4.

zusammengezogen an demselben Flecke gelegen hat, neue Substanzstücke vorne und hinten angesetzt haben. Wir erkennen diese neue Substanz leicht, weil sie viel heller gefärbt ist als die alte. Nach kurzer Zeit bemerken wir leichte Bewegungen, wir sehen, das Stück beginnt zu kriechen, es hat Augen, es hat einen Rüssel bekommen (Fig. 4), kurz es wird nach und nach ein vollständiges Tier. Wir haben also hier drei Tiere aus einem fabriziert, könnten wir sagen — aber nicht das interessiert uns am meisten, sondern daß das Mittelstück ohne natürliches Vorder- und Hinterende die beiden Teile zu ergänzen imstande war.

Wir schreiten zu einem dritten Versuche. Wir halbieren ein Tier durch einen Längsschnitt (Fig. 3, *III*). Auch hier finden wir, daß sich alsbald neue Körpermasse an den Schnittflächen anzusetzen beginnt, daß sie fortwächst und endlich wieder zwei vollständige Tiere entstehen. Sie sind anfangs einseitig, schief (Fig. 5), aber

allmählich werden sie wieder regelmäßig. Jedes der neuen Tiere aber ist wiederum kaum halb so groß, als das zerschnittene gewesen ist.

Nun nehmen wir ein Tier und schneiden ihm seitlich ein Längsstück ab (Fig. 3, IV). Das ganze Tier schwimmt natürlich eiligst davon, und wir haben nach dem, was wir nun schon wissen, nicht die mindeste Sorge,

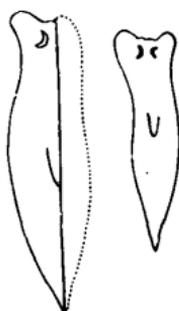


Fig. 5.

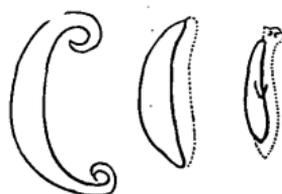


Fig. 6.

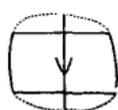


Fig. 8.



Fig. 7.

daß es nach kurzer Zeit sich nicht völlig wiederherstellen würde — nur wird es kleiner sein als die ursprüngliche Masse nach der Operation. — Was aber macht das kleine, an der Seite abgeschnittene Stück? Es hat sich zunächst wie eine von einem Brett abgehobelte Holzlocke nach der Wundfläche zu heftig eingerollt (Fig. 6) und so bleibt es eine Zeitlang unbeweglich liegen. Nach einigen

Tagen sehen wir, daß es sich langsam ausbreitet und schon bemerken wir neue, helle Körpersubstanz an der Wundfläche. Die neue Substanz nimmt immer mehr zu, eines schönen Tages erscheinen in ihr Augen, wir bemerken einen neuen Rüssel und bald ist ein kleines Tierchen fertig (Fig. 6), das nun hurtig davonschwimmt und auf Raub ausgeht!

Wir wollen unsere Versuche nun noch dahin vervollständigen, daß wir aus einer Planarie ein schiefes Mittelstück ausschneiden (Fig. 3, V) und daß wir ein quer herausgeschnittenes Mittelstück, unmittelbar nachdem sich neue Substanz an beiden Schnittflächen gebildet hat, nochmals der Länge nach durchschneiden (Fig. 8). In beiden Fällen sehen wir wieder ganz ähnlich wie vorhin erfolgende Neubildungen von ganzen Tieren (Fig. 7 und 8).

In allen diesen Versuchen nun, meine Damen und Herren, haben wir eine merkwürdige Fähigkeit der Planarien kennen gelernt, nämlich die Fähigkeit, einen verlorenen Teil ihres Körpers durch natürliches Wachstum wieder zu ersetzen oder aus einem Teile ihres Körpers einen vollständigen, neuen, normalen Tierkörper zu erzeugen. Diese Wiederherstellung, Neubildung, Neuerzeugung nennt man *Regeneration* und die Fähigkeit zur *Regeneration* ist im Tierreiche weit verbreitet, ja wir können sagen allgemein — aber sie ist höchst verschieden in ihrer Intensität. Tiere, die sie in so ausgezeichnetem Maße besitzen, wie unsere Planarien, sind verhältnismäßig selten — in geringem Grade aber besitzt sie jedes Tier, jede Pflanze.

Wenn sich eine Stichwunde schließt, wenn die Ränder einer Schnittwunde miteinander verwachsen, wenn über einer abgeschürften Stelle die Haut neu wächst, so sind alle diese Fälle mit Gewebeneubildungen verbunden, die nichts anderes sind als Regeneration. Und es existiert wohl kein ausgewachsener Organismus und kein Entwicklungsstadium eines Organismus, das nicht die Fähigkeit hätte, kleine Verletzungen wieder ausheilen zu lassen, und so dürfen wir die Regenerationsfähigkeit als eine allgemeine, charakteristische Eigenschaft der Organismen bezeichnen. Ihrem Wesen nach ist sie nichts anderes als ein Wachstumsprozeß, als ein Weiterwachsen, sie ist genau eben so sehr oder so wenig wunderbar als der Wachstumsprozeß selbst, und unsere Aufmerksamkeit wird nur darum von ihr besonders in Anspruch genommen, weil dieser Wachstumsprozeß in unerwarteter Weise durch äußere Eingriffe von neuem ausgelöst wird, d. h. weil der Organismus veranlaßt wird, etwas nochmals zu leisten, was bereits einmal geleistet worden ist. Unser Erstaunen wächst aber, wenn wir die Regeneration Dinge leisten sehen, die man ihr nach dem, was wir jetzt gesehen haben, nicht ohne weiteres zumuten dürfte.

Dies ist schon zum Teile der Fall bei einer Reihe von Versuchen, die ich Ihnen nun zunächst, und zwar wieder an unserem bisherigen Versuchstiere, schildern möchte.

Wir durchschneiden ein Tier wiederum der Länge nach, wie bei einem früheren Versuche, durch einen Längsschnitt in der Mittelebene des Tieres, nur führen

wir jetzt diesen Schnitt nicht durch das ganze Tier hindurch, sondern nur bis in die Gegend des Rüssels vom Vorderende her. Das Streben der Regeneration würde hier zunächst auf Verheilung der Wunde ausgehen. Das kann man aber künstlich verhindern — und dann regenerieren beide Wundflächen nach der Medianebene zu durch Neubildung von Substanz selbständig; und das Resultat ist ein Tier mit zwei — und zwar mit zwei gleich großen Köpfen (Fig. 9).



Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.

Ein ähnliches Resultat erhalten wir bei Führung eines schiefen Schnittes in eine Körperseite, wobei es sehr auf die Richtung des Schnittes ankommt. Ein schief von vorn nach hinten gerichteter Schnitt (Fig. 3, VI) führt zur Bildung eines neuen Kopfes an der vorderen Wundfläche, der nun aber kleiner sein wird als der alte (Fig. 10). Ein schief von hinten nach vorn gerichteter Schnitt (Fig. 3, VII) zur Neubildung eines Schwänzchens an der hinteren Wundfläche (Fig. 11). Es kann aber in beiden Fällen zu einer doppelten Regeneration

kommen: zur Neubildung eines Schwänzchens an der nach hinten und gleichzeitig zu der eines Kopfes an der nach vorne gewendeten Wundfläche (Fig. 12).

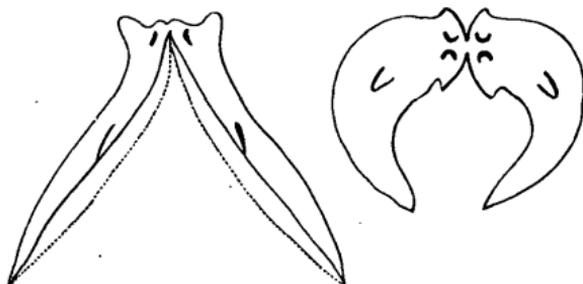


Fig. 13.

Führen wir den Schnitt als Längsschnitt in der Mittelebene des Tieres von hinten bis nahe an die vordere Körpergrenze, so entsteht ein Doppeltier, das mit den Stirnspitzen verbunden ist (Fig. 13).

Ein ähnliches Resultat liefert ein Versuch, bei dem der Schnitt von rückwärts her nicht in der Medianebene, sondern asymmetrisch geführt worden ist — nur daß hier die beiden Teile des Doppeltieres eben ungleich groß ausfallen (Fig. 14).



Fig. 14.

Solche Operationen mit schiefen Einschnitten lassen sich aber an einem entsprechend großen Tiere mehrmals ausführen und wenn sie gelingen, erhält man eine Neubildung mit zahlreichen Köpfen (Fig. 15).

Sie fragen nun nach dem Schicksale solcher künstlichen Gebilde. Gelingt es, die Tiere zur Futteraufnahme zu bewegen, sie überhaupt unter günstige Ernährungs- und Existenzbedingungen zu bringen, so wird sich bald zeigen, daß einer der Köpfe der stärkste, der am kräftigsten entwickelte ist. Dieser gibt nun



Fig. 15.

die Bewegungsrichtung des Tieres an — und diese Richtung paßt natürlich dem zweiten oder den anderen Köpfen nicht. Diese werden also nach einigem vergeblichem Widerstande geschleift, mitgezerrt, dann verletzt, abgeknickt, abgerissen — die ganze Neubildung löst sich vom Muttertiere, aber nach und nach. Deshalb wird die letzte Wundfläche nur klein sein und zu keiner Neubildung führen, sondern einfach vernarben. Dabei können aber auch die abgeknickten

Stückchen unter Umständen schon so kräftig sein, daß auch sie regenerieren und so gleichsam eine Anzahl Junge auf künstlichem Wege entstehen.

Schon ein flüchtiger Überblick über die wenigen Fälle, die ich Ihnen als Beispiele tierischer Regeneration hier vorführen durfte, ergibt, daß das, was geschieht, nicht ein regelloses, willkürliches Spiel ist, sondern daß es nach bestimmten Gesetzen, nach von inneren und äußeren Faktoren bestimmten Wachstumsgesetzen vor sich geht.

So sehen wir z. B. in allen Fällen, daß die Summe der neuentstandenen Produkte, was ihre Körpermasse

anlangt, kleiner ist als das Ausgangstier. Das ist auch ganz natürlich. Schon die Sistierung der Nahrungsaufnahme, die ja mindestens so lange dauern muß, bis das Tier wieder einen gebrauchsfähigen Mund und Rüssel erlangt hat, deutet darauf hin. Während der ganzen Regenerationsperiode muß also das Tier von sich selbst, von seiner im eigenen Körper aufgespeicherten Reserve (abgesehen vom Atmungsprozesse) leben, „von seinem Fett zehren“, ja aus dieser Quelle sämtliche Neubildungen bestreiten, und es ist natürlich, daß das nur auf Kosten der gesamten Körpergröße möglich ist, die langsam, stetig abnimmt, so lange der Regenerationsprozeß anhält.

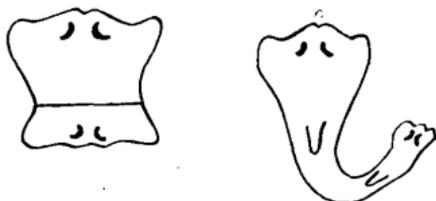


Fig. 16.

Ein zweites Gesetz, das aus unseren Versuchen

in die Augen springt, ist, daß die Regeneration zunächst das wieder herstellt, was verloren gegangen ist.

Da gibt es aber merkwürdige Fälle, bei denen — jedenfalls wiederum gesetzmäßig, aber beeinflusst von Faktoren des organischen Wachstums, die uns noch völlig unklar sind — eigentümliche Umkehrungen der Wachstumsrichtung stattfinden.

Wenn wir z. B. bei einer Planarie einen Querschnitt dicht hinter den Augen machen (Fig. 16), quer durch das hier gelegene Gehirn des Tieres hindurch, so kommen Fälle vor, in denen ein überraschendes Resultat eintritt. Wir sehen nämlich, daß von der Schnittfläche

nach hinten zu statt eines neuen Körpers ein neuer Kopf in umgekehrter Richtung zu wachsen beginnt, neue Augen entstehen usf. Das Stück geht mit der Zeit zugrunde, oder unter Umständen kann es vielleicht auswachsen, wie in der Fig. 16, und es geht dann in Fälle über, wie wir sie bereits betrachtet haben.

Solche Regenerationen nun, bei denen etwas Neues, etwas Fremdes gebildet wird, etwas anderes, als der verlorene Teil war, zumal aber ein Körperteil, dessen Wachstumsrichtung der regelmäßigen entgegengesetzt ist, bezeichnet man als Heteromorphosen.

Wir haben bis jetzt durchwegs mit Fällen von Regeneration zu tun gehabt, die auf künstliche Verletzungen zurückzuführen waren. Immerhin kann man sagen, daß nur bei solchen Tieren derartige Experimente gelingen werden, die schon im Naturzustande starke Regenerationsfähigkeit zeigen — und das kann ja wieder nur bei solchen stattfinden, die sie im Naturzustande nötig haben, die also oft und starken Verletzungen ausgesetzt sind.

Nun gibt es aber Tiere, die eine ganz merkwürdige Fähigkeit ausgebildet haben: kommen sie in Gefahr oder wirken plötzlich ungewohnte äußere Reize auf sie ein, so können sie ganze große Körperteile im Stich lassen, um sich solchen Einwirkungen zu entziehen. Es gibt Tiere, die diese Fähigkeit bis zu einer Art Virtuosität gesteigert haben, die einzelne oder mehrere Beine oder sonstige Körperanhänge abwerfen, abknicken, ja mit einer Art Heftigkeit von sich schleudern. Fast durchwegs ist das bei solchen Tieren der Fall, die wie-

der zu regenerieren vermögen, und mit solchen Körperteilen, die wieder nachwachsen.

Wenn wir einen der großen Seesterne, wie sie in der Adria vorkommen (*Asteropecten*), wenn er frisch und lebenskräftig ist, innerhalb des Meerwassers bei einem Arme festhalten oder fesseln, anbinden, so wird er nach einiger Zeit, nach sehr kurzer Zeit und einigen angestrengten Bewegungen, diesen Arm einfach im Stich lassen. Der Arm bricht an einer Stelle plötzlich ab und der Seestern kriecht davon. Der abgebrochene Arm wird noch lange Zeit hindurch Lebenszeichen von sich geben, aber endlich zugrunde gehen, dem Seestern aber wird der fehlende Arm langsam wieder nachwachsen. Auch zwei, drei, vier, ja alle seine Arme vermag der Seestern preiszugeben, ohne daß er zugrunde geht, alle wachsen ihm wieder nach. Wir können solche Seesterne mit regenerierten Armen leicht erkennen, weil die neuen Arme kleiner sind als die ursprünglichen. Es kommen zum Beispiel häufig Seesterne von sogenannter „Morgensternform“ vor, so genannt nach der bekannten Waffe aus den Hussitenkriegen. Das sind Individuen, denen vier Arme abgebrochen und wieder nachgewachsen, aber insgesamt kleiner geblieben sind als der fünfte, der einzige, der von den ursprünglichen fünf noch da ist.

Wenn wir einen Seestern knapp über der Wasseroberfläche rittlings auf einen Stab setzen, so daß er mit den Spitzen der Arme ins Wasser taucht, mit dem Mittelkörper aber in der Luft schwebt, so lösen die ins Wasser getauchten Arme Reflexe aus, die darauf berechnet sind,

das ganze Tier wieder möglichst rasch unter Wasser zu bringen — der Seestern ist aber nicht imstande, diese Reflexe in der Weise zu ordnen, daß sie ein Hinabkriechen von der Stange in der einen oder anderen Weise bewirken würden. Infolgedessen geschieht etwas Unerwartetes: es brechen zwei oder mehr Arme plötzlich ab und das Tier fällt nun einfach herunter.

Die Fähigkeit zu solchen Amputationen äußerer Körperteile nennt man Selbstverstümmelung oder Autotomie. Sie ist gleichfalls weitverbreitet im Tierreich und fast stets mit der Fähigkeit nachfolgender Regeneration der amputierten Körperteile verbunden.

Fast überall sehen wir, daß Körperteile, die die Tiere auf die geschilderte Weise leicht im Stich lassen können, weit vom Körper abstehen, daß es also Körperteile sind, an denen sie leicht von verfolgenden Feinden gepackt und festgehalten werden könnten, oder die leicht verletzbar sind. Die Autotomie ist also zu den Schutzeinrichtungen zu zählen. Wenn ein Tier auf einen Körperteil, der in bestimmter Lage sein Leben gefährdet, rasch und leicht verzichten kann, so ist das offenbar ein Vorteil für dieses Tier. Der biblische Josef, der seinen Mantel im Stiche lassen konnte, war ja jedenfalls besser daran als der unglückliche Graf von Genua, der seinem Mantel folgen mußte.

Wir finden die Fähigkeit, umfangreiche Körperteile im Augenblicke der Gefahr rasch abwerfen zu können, in hohem Grade ausgebildet beispielsweise bei zahlreichen Gliederfüßlern: Insekten, Spinnen, Krebsen;

dann bei zahlreichen Weichtieren, ja bis hinauf zu den Wirbeltieren, unter deren Organen das allbekannte Verhalten des [Eidechschwanzes als Autotomie in Anspruch zu nehmen ist.

Die höchste Ausbildung findet sie außer in diesem Falle vielleicht bei Krabben. Hier ist ein ganz eigentümlicher Mechanismus entstanden, ein sogenannter „Brechmuskel“ ausgebildet, der die Aufgabe hat, durch eine krampfartige Kontraktion das gefährdende Bein rasch zum Abbrechen zu bringen, und zwar an einer genau bestimmten Stelle, zwischen zwei Gelenken, nicht im Gelenk. Dort findet sich auch am übrigbleibenden Fußstummel eine Membran, die das Tier vor Verblutung schützt, bis Vernarbung eingetreten ist. Unter dem Hautpanzer bildet sich allmählich ein neues Bein und wenn er bei der nächsten Häutung abgeworfen wird, kommt das neue Bein zum Vorschein. Es ist vollkommen, nur meist noch etwas kleiner, erst bei den folgenden Häutungen wird der Unterschied dann völlig ausgeglichen.

Wir wissen von den Krabben, daß sie die Lieblingsspeise der großen Meerespolypen, der Tintenfische, der *Eledone*- und *Octopus*-Arten sind. Diese Räuber nun erwischen die Krabben mit ihren saugnapfbewehrten Armen selbstverständlich zunächst an den Beinen. Und da gelingt es nun vielen der Taschenkrebse noch dadurch der tödlichen Umklammerung zu entkommen, daß sie dem Feinde eines oder mehrere ihrer Beine überlassen und rasch davoneilen.

Wie prompt dieses Abwerfen der Beine vor sich geht, erfahren zu ihrem Leidwesen oft die Sammler. Setzt man eine solche Krabbe lebend in Spiritus, so löst nämlich der Reiz der Flüssigkeit ganz dieselbe Erscheinung aus wie das Festgehaltenwerden durch den verfolgenden Tintenfisch. Die Beine knicken krampfhaft zusammen und eines nach dem andern fällt vom Körper, und der Sammler sieht mit Ärger, wie vor seinen Augen, ohne daß er eingreifen könnte, ein schönes, seltenes Stück fast ganz unbrauchbar wird.

Aber auch in der Natur beobachten wir, daß die Selbstverstümmelung in manchen Fällen sozusagen über das Ziel hinausschießt. Die Reflexe, die sich im Laufe der Zeit im Sinne einer Schutz Einrichtung für das Tier ausgebildet haben, haben in manchen Fällen gleichzeitig als Nebenerscheinung eine derartige Sensibilität in dem betreffenden Organismus gezeitigt, daß er, zumal unter ungewohnten Reizen, die Selbstverstümmelung bis zur Selbstvernichtung treibt. Der ganze Tierkörper geht unter tetanischen Erscheinungen derart in Stücke, daß keine nachfolgende Regeneration mehr helfen und retten kann.

Es kommen aber auch Fälle von Autotomie vor, die mit anderen Zwecken verbunden sind. Oft schon ist das Schauspiel des Erscheinens des Palolowurmes geschildert worden.

In den Morgenstunden der beiden letzten Nächte vor dem ersten Frühlingsvollmonde erscheint an den Küsten der Samoainseln ein Wurm an der Meeresober-

fläche, und zwar in solchen ungeheuren Mengen, daß, wie die Reiseberichte erzählen, „das Wasser mehr fest als flüssig“ scheint. Der Wurm wird von den Eingeborenen gegessen und als seltener Leckerbissen hochgeschätzt. So erscheint denn an den beiden Tagen seines Auftretens die von den Eingeborenen genau vorausberechnet werden, die gesamte Küstenbevölkerung vom Kinde bis zum Greise in zahlreichen Booten mit mannigfachen, meist den primitivsten Fangapparaten, um den Wurm in möglicher Menge zu fischen. Die Tage sind große Volksfeste, es werden Körbe mit Würmern weit ins Land hinein als Ehrengaben an die Häuptlinge, als Geschenke an befreundete Familien u. dgl. versendet. Die Eingeborenen müssen rasch arbeiten, denn mit Sonnenaufgang ist der Zauber vorüber, die außerordentlich lebhaften Tiere verschwinden wieder nach der Tiefe zu.

Was bedeuten nun diese Massen, die da an die Oberfläche des Meeres kommen? Die Zoologen hatten wohl bald herausgebracht, in welche Gruppe des Systems der Würmer die Tiere gehörten, aber der genaueren Bestimmung entzog sich der Palolo immer wieder, so viele Hunderte von Würmern Forschungsreisende auch zu Untersuchungszwecken an Museen versandt hatten. Denn, es war ganz erstaunlich, nie fanden sich unter diesen Mengen Exemplare mit Köpfen! Erst als die Samoainseln unter deutsches Protektorat kamen und der Oberstabsarzt Dr. A. Krämer, früher ein verdienter Zoologe, daranging, eine Monographie der Inseln herauszugeben, forschte er dem Palolo systematisch nach und

da stellte sich denn durch seine und die Untersuchungen anderer Forscher folgendes heraus: Der Wurm lebt für gewöhnlich tief in den Spalten und Löchern der Korallenriffe verborgen. Er gleicht sehr Würmern, die auch bei uns, zum Beispiel in der Adria, häufig vorkommen (Gattung *Eunice*). Er kommt aber nie aus seinen Verstecken heraus, so daß man große Korallenblöcke zertrümmern muß, um seiner habhaft zu werden. Aber einmal im Jahre, und zwar astronomisch genau an den angegebenen Tagen, da zerfällt jeder Wurm in zwei Teile, er zerstückelt, er autotomiert sich: der hintere Abschnitt, der um diese Zeit strotzend mit Eiern gefüllt ist, bricht vom vorderen ab und schwimmt in die Höhe und bietet das wunderbare Schauspiel des Auftauchens des Palolo — der vordere Körperabschnitt bleibt in seinem Versteck, regeneriert und ist nach Jahr und Tag wieder bereit, „Wurm-kaviar“ zu liefern, denn nichts anderes ist ja der Palolo.

Hier sehen wir also ein Beispiel von Autotomie mit regelmäßig nachfolgender Regeneration, das gar nichts Krankhaftes, nichts Pathologisches an sich hat, sondern ein rein physiologischer Prozeß ist, der sich regelmäßig, allgemein, alljährlich, notwendig an jedem Individuum vollzieht und in den Dienst der Erhaltung der Art getreten ist: er ist bestimmt, die Befruchtung der Eier, die Ausbreitung, die Verteilung und Zerstreung des Laiches zu besorgen.

Ich habe, meine Damen und Herren, nicht eine lange Reihe von Beispielen aus den verschiedensten

Tiergruppen an Ihren Augen vorübergeführt, sondern vorgezogen, wenige Fälle etwas ausführlicher zu erörtern. Die Seiten des tierischen Lebens, die wir hier besprochen haben, wurden vormals mehr als Curiosa angestaunt und beschrieben. Sie werden aber gerade an unseren Beispielen bemerkt haben, daß sie Gesetzen und Regeln unterworfen sind, wie auch sonst alles in der Natur.

Eine neue Schule in der Zoologie hat das Tierexperiment in erster Linie auf ihr Programm gesetzt, sie versucht von ihm aus den kausalen Gesetzen, nach denen Organismen werden und wachsen, auf die Spur zu kommen. Da gerade Tiere, die lebhafte und leichte Regeneration zeigen, dem Experimente, wie wir ja gesehen haben, in hohem Grade zugänglich sind, so hat sich diese neue Schule auch vielfach mit der Regeneration beschäftigt und hier manche schöne Resultate gewonnen. Das ist indessen kein Grund, die älteren Forschungszweige und Methoden geringzuschätzen oder ganz zu verwerfen, wie von Seite ihrer Anhänger bisweilen geschieht.

Ähnlich wie in der bildenden Kunst die Präaffaeliten knüpft diese Schule der „Entwicklungsmechanik“ oder der „Experimentellen Morphologie“ an sehr alte Vorgänger an.

Schon in den Vierzigerjahren des 18. Jahrhunderts saß in seiner Studierstube in Genf ein Gelehrter in Priestertracht eines Tages in heller Aufregung über eine Anzahl von Schälchen gebeugt.

Vor einigen Tagen hatte ihm sein Diener Wasserpflanzen aus dem Genfersee heraufgebracht und an diesen Pflanzen hatte er eigentümliche grüne Gebilde gefunden, die an einem langen stielrunden Körper einen Kranz feiner Fäden trugen. Er hatte solche Organismen noch nie erblickt: sie schienen Pflanzen, besonders weil sie grün waren und festsaßen, und doch zogen sie sich oft zusammen, konnten den Kranz von Fäden zu unglaublicher Länge ausdehnen und fingen mit diesen Fädchen kleine Krebschen und fraßen sie auf. Da sagte sich der Abbé Abraham Trembley — denn er war jener Gelehrte im Priestergewande —: „Wenn man Pflanzen zerschneidet und setzt die Teile in den Boden, so fassen sie Wurzeln und werden zu neuen ganzen Pflanzen — wenn man Tiere zerschneidet, so gehen sie zugrunde. Ich werde einen solchen Versuch machen, um zu sehen, ob ich Pflanzen oder Tiere vor mir habe.“ Er hatte die grünen Dinger zerschnitten und in Schälchen gesetzt, sorgfältig gepflegt und heute hatte er gefunden, daß aus jedem Teilstücke, so klein es auch gewesen sein mochte, ein neues Ganzes geworden war wie das ursprüngliche Gebilde. Er hätte also aus seinem Experiment schließen müssen: Es sind Pflanzen! Aber nach all dem, was er bereits beobachtet hatte, konnte und mochte er diesen Schluß dennoch nicht ziehen. Und das war es, was ihn so sehr in Erregung versetzte, denn er hatte damit die große Entdeckung gemacht: Es gibt auch Tiere, die man künstlich teilen kann und die dann doch wieder ein Ganzes bilden — kurz er hatte auf dem Wege des Tier-

experimentes, von einer ganz bestimmten Fragestellung ausgehend, die Entdeckung der Regeneration an einem klassischen Objekte, dem grünen Süßwasserpolypen, der *Hydra viridis*, gemacht.

Die Fragestellung und die Beantwortung seines Experimentes durch Abbé Trembley aber wird Ihnen angedeutet haben, wie die Erscheinungsreihen, die ich in kurzer Skizze hier gestreift habe, nicht bloß als Gegenstand der Neugierde und als sonderbare Naturspiele etwa zu betrachten sind, sondern daß sie eine Handhabe bieten, sie wissenschaftlich auszuwerten, und daß sie als kleines Glied in der großen Kette der Erscheinungen des tierischen Lebens uns mit fördern können zu neuen lichtvollen Stufen des Naturerkennens.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [45](#)

Autor(en)/Author(s): Pintner Theodor

Artikel/Article: [Einiges über Regeneration im Tierreiche. 363-389](#)