© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

beobachten wir eine durch die Adern in Flecken zerlegte Zeichnung (*Platisamia cecropia*). Im späteren Wachstum vereinigen sich diese Fleckenbinden in kontinuierlichen Längsbinden von geradem oder zackigen Verlauf und eine solche Bindenbildung schildert auch A. G. Mayer als eine sehr häufige Erscheinung in der Puppenentwicklung der Heliconier-Zeichnung.

Bei allen Schmetterlingen, deren Puppenentwicklung ich verfolgt habe, treten die Längsbinden nur selten von Anfang an in ihrer ganzen Länge auf. Sie sind zuerst weit kürzer (*Eupithecia tamarisciata*), wachsen in die Länge, werden aber am Schluss der Puppenentwicklung sehr häufig durch Schuppen der Grundfarbe an ihrem hinteren Ende verkürzt.

Ueberall besitzen die Längsbinden die Neigung breiter zu werden und seitlich zu verschmelzen, so dass sehr breite Binden, Eimer nannte sie Bandbinden, zu stande kommen (*Platisamia cecropia*). Belege für diese Entwicklungsrichtung finden wir in allen Gruppen sowohl der Tag- als auch der Nachtschmetterlinge.

Schließlich entstehen auf diese Weise einfarbige Formen oder nahezu einfarbige, wie uns die Entwicklung von *Platisania cecropia* und noch deutlicher diejenige von *Samia promethea* erkennen lässt.

(Fortsetzung folgt.)

Ueber Transplantationsversuche an Lumbriciden.

Von **Otto Rabes.**

(Aus dem zoologischen Institut der Universität Marburg.)

Seit längerer Zeit mit Transplantationsversuchen an Regenwürmern beschäftigt, möchte ich mir erlauben, über diese Versuche, sowie über die ihnen vorangehenden anderer Autoren zu berichten. Was die Benennung „Transplantationsversuche" betrifft, so wird dieselbe zwar von den Chirurgen für gewöhnlich in engerem Sinne gebraucht, doch erscheint sie auch für die hier vorgenommenen Verwachsungsversuche so bezeichnend, dass ich sie für dieselben beibehalten möchte.

Transplantationsversuche mit größeren Teilstücken von Tieren wurden zuerst von Born an Larven von *Rana*, sodann von Wetzel an *Hydra* angestellt. Im ersteren Falle handelte es sich dabei um Larven, die auf einem sehr frühen Entwicklungsstadium vereinigt wurden, im andern um höchst einfach organisierte Coelenteraten. Auf Anregung Professor Korschelt's führte Joest[1]) in umfang-

1) E. Korschelt. Bericht über die von E. Joest angestellten Transplantationsversuche an Regenwürmern. Sitzungsber. d. Ges. zur Beförderung d. ges. Naturw. z. Marburg 1895. — E. Joest. Transplantationsversuche an Lumbriciden. — Morphologie und Physiologie der Transplantationen. Arch. f. Entw. d. Organismen, 1897.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

reichem Maße ähnliche Verwachsungsversuche mit den so regenerationsfähigen Lumbriciden aus. Prof. Korschelt[1]) setzte dann selbst diese Untersuchungen weiter fort und modifizierte sie in bestimmten Richtungen, speziell auch mit Rücksicht auf das physiologische Verhalten der vereinigten Teilstücke. Die Versuche waren von bestem Erfolge begleitet und lieferten in sehr vielen Fällen eine dauernde Vereinigung der Teilstücke. Gegenüber den obigen Versuchen war dieser Erfolg nach zwei Richtungen nicht ohne Bedeutung; denn die Experimente wurden mit völlig entwickelten, geschlechtsreifen Tieren angestellt, die zudem auf einer relativ sehr hohen Organisationsstufe stehen.

Die erste Grundlage für das Gelingen der Transplantationen ist eine sorgfältige Beachtung der Methodik, die im wesentlichen darauf hinzielt, den Darm der zu operierenden Würmer von seinem erdigen Inhalte gänzlich zu befreien, damit derselbe das schnelle Verheilen der durch 3—4 Seidenligaturen verbundenen Wundränder nicht erschwert oder vereitelt.

Nach dem Vorgange von A. Giard teilte Joest seine Verwachsungsversuche ein in „autoplastische" — Teilstücke eines und desselben Individuums sind vereinigt — „homoplastische" — die Vereinigung betrifft Teilstücke verschiedener Individuen derselben Species — und „heteroplastische" —, die vereinigten Teilstücke entstammen verschiedenen Individuen, die zugleich verschiedenen Arten angehören.

Was die heteroplastischen Vereinigungen anbetrifft, um diese gleich vorweg zu nehmen, da es sich in den meisten Versuchsreihen vorwiegend um auto- und homoplastische handelt, so fällt zuerst auf, dass sie ziemlich schwer zu erhalten sind. Auch eigneten sich dazu bei weitem nicht alle Lumbricidenarten; am besten gelangen heteroplastische Vereinigungen zwischen *Allolobophora terrestris* und *All. foetida*, sowie zwischen *Lumbricus rubellus* und *All. terrestris*. Bei allen anderen Vereinigungen, die mit den verschiedensten Species (*All. caliginosa, All. subrundica, All. chlorotica*) noch vorgenommen wurden, blieb ein dauernder Erfolg aus. Die Teilstücke blieben zwar während der ersten Tage, ja mitunter Wochen vereinigt, schienen auch recht gut zu verheilen, bis beide Hälften dann plötzlich und ohne erkennbare äußere Ursache sich genau an der Verwachsungsstelle trennten. Die gelungenen Vereinigungen aber zeigten, dass die Teilstücke, obgleich sie zu einem neuen, einheitlich organisierten Individuum verschmelzen, doch stets ihren Speciescharakter bewahren. Das tritt scharf und eigenartig in der Färbung der Teilstücke hervor und bezieht sich nicht nur auf große Teilstücke, sondern wird besonders durch das Verhalten

1) E. Korschelt. Ueber Regenerations- und Transplantationsversuche an Lumbriciden. Verhandl. deutsch. zool. Gesellschaft, 1898.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

kleinster Hautmuskelstücke, die auf Wunden normaler Tiere transplantiert wurden, zur Evidenz erhoben. Die Segmentgrenzen solcher Stückchen verschmelzen nach Möglichkeit mit denen des normalen Tieres, so dass in günstigen Fällen vollständige Einheit der Segmentierung entsteht. An der Färbung des transplantierten Stückes aber änderte sich selbst nach $8^1/_2$ monatlicher Beobachtung nicht das Geringste. Trotz der so innigen Vereinigung vermag kein Komponent den Speciescharakter des andern zu beeinflussen bezw. zu verändern. Zu demselben Resultate war schon früher Vöchting[1]) in seinen „Transplantationsversuchen am Pflanzenkörper" gekommen, während es Wetzel[2]) und Born[3]) nicht gelungen ist, dauernde heteroplastische Vereinigungen herzustellen.

Was nun die auto- und homoplastischen Vereinigungen bei Lumbriciden betrifft, so sind die einfachsten Versuche die, ungleichnamige Teilstücke, also Vorder- und Hinterenden in normaler Stellung zu vereinigen. Solche Teilstücke verwachsen am leichtesten und liefern nach einer verhältnismäßig kurzen Zeit Individuen, deren Organismus vollständig einheitlich funktioniert, die sich in nichts von normalen Würmern unterscheiden und, falls sie noch nicht vollständig ausgewachsen waren, auch dann zur definitiven Größe heranwuchsen.

Etwas anders schon verhielten sich Vereinigungen, deren Teilstücke in der Längsrichtung gegeneinander gedreht wurden. Bei geringer Längsdrehung und bei solcher bis zu 90° verwachsen die Teilstücke noch fast ebenso schnell und gut wie bei den Vereinigungen in normaler Stellung, Darm und Blutgefäßkommunikation tritt ein, während bei Drehung um 180°, also so, dass die Rückenseite des einen Teilstückes mit der Bauchseite des anderen vereinigt wird, die beiden Komponenten weit seltener und auch bedeutend langsamer verwachsen. In diesem Falle verbinden sich von den inneren Organen nur die Darmenden, was durch Vergleichung der abgegebenen Exkremente bewiesen wurde, während bezüglich der Vereinigung des Blutgefäß- und Nervensystems die makroskopische Besichtigung keine sicheren Schlüsse gestattet. Reizversuche machten es wahrscheinlich, dass bei Drehung um 90° in einigen Fällen, bei Drehung um 180° niemals nervöse Verbindung eintritt, da in letzterem Falle die Bauchmarkenden an den beiden entgegengesetzten Seiten der Peripherie der Vereinigungsstelle liegen.

Durch Vereinigung zweier passend zugeschnittener Teilstücke in normaler Lage stellte Joest auch verkürzte bezw. verlängerte Tiere

---

1) F. Vöchting. Ueber Transplantation am Pflanzenkörper. Tübingen, 1892.

2) G. Wetzel. Transplantationsversuche mit Hydra. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 45, 1895 u. Bd. 52, 1898.

3) G. Born. Ueber Verwachsungsversuche mit Amphibienlarven. Arch. f. Entwicklungsmech. d. Org., 1897.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

her; selbst mit drei Teilstücken konnte er sehr stark verlängerte Tiere erhalten; doch bieten diese Versuche, abgesehen von dem eigenartigen Aussehen, das diese Vereinigungen zeigen, kaum etwas besonders Bemerkenswertes dar.

Recht eigenartige Bilder boten auch jene Fälle, in denen es gelang, nach Entfernung einer Anzahl Kopf- und Schwanzsegmente, die orale und aborale Wundfläche eines entsprechend groß gewählten Wurmes zu vereinigen und zur Verheilung zu bringen. Die so entstandenen Ringe trennten sich aber fast stets in den folgenden Tagen an der Wundstelle, wohl infolge heftiger Bewegungen, die dort in entgegengesetzter Richtung aufeinanderstoßen mussten und das Zerreißen bewirkten. Nur in einem Falle wurde ein Ring drei Wochen so am Leben erhalten, dann aber an der der Vereinigungsstelle entgegengesetzten Seite durchtrennt. Das Tier streckte sich wieder gerade, bewegte sich in fast normaler Weise, bildete schon nach vier Tagen an dem einen Ende eine Afteröffnung, nach weiteren drei Wochen ein viele Segmente umfassendes Schwanzregenerat, während die Neubildung eines Kopfstückes unterblieb. — In mehreren Fällen gelang die Darstellung eines Ringes aus zwei Teilstücken, die mit ihren gleichnamigen Enden vereinigt wurden. Ein solcher Ring wurde nach $1^1/_2$ Monaten ohngefähr in der Mitte des einen Teilstückes wieder durchtrennt. Dadurch wurde ein Wurm erhalten, bei dem das mittlere Teilstück umgekehrt gegen die beiden Endstücke orientiert war. Trotz dieser entgegengesetzten Orientierung war aber doch nervöse Verbindung eingetreten, wie durch Reizversuche ermittelt werden konnte. Eine Neubildung des Kopfes oder Schwanzes aber trat nicht ein, obgleich das Tier 11 Monate am Leben blieb.

Mit diesem letzten Experimente aber sind wir schon zu der anderen Hauptgruppe von Versuchen gekommen, in denen es sich um Vereinigung gleichnamiger Teilstücke handelt. Von diesen gelingt die Vereinigung zweier oraler Pole (Vereinigung zweier Schwanzstücke) verhältnismäßig recht leicht. Interessant ist, dass solche Transplantationen, obgleich wegen des Mangels einer Mundöffnung an jeglicher Nahrungsaufnahme verhindert, doch dauernde Vereinigungen ergeben, die nicht selten ein Alter von einem Jahre erreichten und dann wohl nur aus Nahrungsmangel zu Grunde gingen. Diese Beobachtung liefert einen schlagenden Beweis für die große Lebenszähigkeit unserer Regenwürmer. Bemerkenswert an diesen Vereinigungen ist ferner, dass hier ziemlich häufig Regenerationsknospen an der Wundstelle auftraten. Auf dieses Verhalten wird weiter unten näher eingegangen.

Die meiste Schwierigkeit von allen Versuchen bereitete die Vereinigung zweier aboraler Pole (zweier Kopfstücke). Während bei der Transplantation zweier Schwanzstücke die entgegengesetzt gerichtete Lokomotion zu einem Aneinanderpressen der Wundflächen führt, was

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die schnelle Verheilung wesentlich erleichtert, wirkt sie hier umgekehrt: die Kopfstücke drängen sich auseinander und bewirken dadurch ein Ausreißen der Nähte, was die vollständige Trennung der Teilstücke zur Folge hat. Ganz analoge Beobachtungen machte auch Born bei der Vereinigung der Teilstücke von Amphibienlarven: die Vereinigung von Hinterstücken gelang leicht, die von Kopfstücken jedoch recht schwer, da die Flimmerhaare bewirkten, dass sich die Teilstücke stets nach vorn bewegten, wodurch die Hinterstücke stets gegeneinander, die Kopfstücke aber voneinander weggetrieben wurden. Nur durch Anwendung besonderer Vorsichtsmaßregeln gelang es Joest, die Vereinigung mehrere Wochen, in dem günstigsten Falle etwas länger als zwei Monate zu erhalten.

Die dritte Gruppe von Versuchen bezog sich auf die Einpflanzung von Teilstücken in normale Tiere. Auch diese Versuche waren recht erfolgreich. Joest pflanzte Kopf- oder Schwanzenden in entsprechend angebrachte Wunden normaler Würmer ein; Professor Korschelt variierte die Versuche späterhin noch insofern, als er ein Kopfstück mit zwei Schwanzstücken und umgekehrt ein Schwanzstück mit zwei Kopfstücken vereinigte. So entstanden Tiere mit zwei Köpfen, bezw. zwei Schwänzen — letztere bei weitem leichter als erstere — und in relativ recht zahlreichen Fällen ergaben die Experimente dauernde Vereinigungen (bis drei Jahr fünf Monate). In welcher Weise bei diesen Tieren die inneren Organe verwachsen waren, werden wir unten sehen.

Erwähnenswert sind auch die Parallelvereinigungen zweier Individuen. Die Anordnung des Versuches erfolgte in der Weise, dass zwei möglichst gleich großen Würmern (*All. terrestris*) im vorderen Körperteile eine etwa 10—15 Segmente umfassende seitliche Hautmuskelschlauchwunde angelegt wurde. Durch 8—10 Seidenligaturen wurden die entsprechenden Wundränder hierauf vereinigt. Nach der Verheilung sind die Würmer durch ein breites Band, vermittelst welchem die Leibeshöhlen beider Individuen kommunizieren, vereinigt und kriechen meist in paralleler Stellung vorwärts. Dieser Versuch ist recht schwierig auszuführen und gelingt selten; merkwürdigerweise wurde er allein von allen Transplantationsversuchen schon 1829 von Morren mit Erfolg vorgenommen.

Zuletzt beschäftigte sich Joest mit Uebertragung kleinerer, allein nicht existenzfähiger Teilstückchen auf größere, existenzfähige. Unabsichtlich traten solche Vereinigungen in den früheren Versuchsreihen dann ein, wenn das Vorderstück sich willkürlich abtrennte, dabei aber einige Segmente an der Wundfläche des Hinterstückes zurückließ. Durch die Nähte mit dem Hinterstücke in engster Verbindung erhalten, verwuchsen diese kleinen Stücke nicht nur meist sehr schnell mit dem größeren, sondern begannen in vielen Fällen auch nach kurzer Zeit

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Regenerationsknospen zu entwickeln. Dies ist um so bemerkenswerter, als die Teilstückchen oftmals nur zwei bis vier Segmente umfassten, was von vornherein ausschließt, dass sie aus sich heraus das Material zum Aufbau langer Regenerate könnten produziert haben. Interessant ist in dieser Beziehung ein Fall, in dem drei Segmente mit dem Hinterstück vereinigt blieben. Nach einiger Zeit erzeugten sie ein aus acht Segmenten bestehendes Kopfregenerat, aus dem etwas später ein neues, aus 37 Segmenten bestehendes Regenerat hervorsprosste. Hier kam es also zu einer zweimaligen Regeneration. Doch auch absichtlich wurden solche Transplantationen vorgenommen. Die Anordnung der Versuche erinnert dann am meisten an die von den Chirurgen als „Transplantation" bezeichneten Experimente. Mit der Schere wird ein kleines Stück Hautmuskelschlauch herausgeschnitten und auf eine Quer- bezw. Längswunde eines normalen Wurmes übertragen. Diese kleinen Stücke wachsen leicht und schnell an und verschmelzen sehr innig mit dem Hauptstücke, was sich besonders darin zeigt, dass schließlich die Segmentgrenzen des eingepflanzten Stückes in die des normalen Wurmes einbezogen werden, so dass die Segmentierung an der Operationsstelle nach genügend langer Zeit wieder eine möglichst einheitliche wird. Entstammten die übertragenen Stücke anders gefärbten Species, so änderten sie selbst nach langer Beobachtungszeit ihre Eigenfärbung absolut nicht.

Dieses sind in ihren Hauptzügen die Ergebnisse der bisherigen Experimente. Sie hatten gezeigt, dass sich Teilstücke von erwachsenen Individuen dauernd vereinigen lassen und zwar so, dass sie nach ziemlich kurzer Zeit wieder ein einheitlich funktionierendes Individuum ergeben. Joest's Untersuchung berücksichtigte zunächst fast ausschließlich die Ergebnisse, die durch makroskopische Besichtigung gewonnen sind; es galt nun, durch genaue mikroskopische Untersuchung zu ermitteln, in welcher Weise die Vereinigung der Teilstücke erfolgt und wie sich die einzelnen Organe und Gewebe dabei verhalten Diese Untersuchungen habe ich vor kurzem abgeschlossen und ihre Ergebnisse in einer ausführlicheren Arbeit, die demnächst in Roux's „Archiv für Entwicklungsmechanik" 13. Bd. 1901 erscheinen wird, dargestellt. Hier sollen nur die Befunde, die mehr von allgemeinem Interesse, insbesondere biologischer Natur sind, kurz zusammengefasst werden.

Was zunächst den Prozess der Wundheilung betrifft, so tritt darin sehr stark das Bestreben des Wurmes hervor, die Wunde schnell nach außen abzuschließen und sodann möglichst bald epithelial zu überhäuten. — Durch die Nähte werden die Wundränder einander möglichst genähert, so dass nur ein sehr schmaler Wundspalt zwischen ihnen bleibt. Der letztere wird recht bald (in günstigen Fällen schon 1 Stunde nach der Operation) durch Lymphzellen ausgefüllt, die von allen Seiten der Wundstelle zufließen und vermöge ihrer schleimartigen Konsistenz recht

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gut geeignet sind, die Lücke auszufüllen und zu verstopfen. Ist auf diese Weise das Innere des Körpers nach außen abgeschlossen, so wird der Wundspalt auch bald durch Epithelzellen überdeckt. Recht bemerkenswert ist dabei, dass letzteres nicht durch Neubildung von Epithelzellen, sondern allein durch die alte Hypodermis bewirkt wird. Nach der Operation ist die Hypodermis infolge einer starken Kontraktion der Ringmuskulatur stark nach innen gekrümmt und gefältelt; bald aber lösen sich ihre Zellen von der Basalmembran und werden durch das von den Lymphzellen gebildete Wundgewebe emporgehoben, so dass sie auf dasselbe zu liegen kommen; die von beiden Wundflächen kommenden Ränder der Hypodermis berühren sich nach kurzer Zeit über dem Wundgewebe und verschmelzen fest miteinander. Dieser ganze Vorgang läuft in zwei bis drei Tagen ab. Die Epithelschichten scheinen im allgemeinen sehr leicht zu verwachsen, wird doch von Rievel[1]), Haase[2]), Michel[3]), Schultz[4]) und v. Wagner[5]) berichtet, dass bei der Regeneration des Hinterendes bei verschiedenen Anneliden das Körperepithel an der Durchtrennungsstelle anstandslos und leicht mit dem Epithel des Darmes verschmilzt und bei den Anurenlarven, denen Born ein geradezu „phänomenales Wundheilungsvermögen" zuschreibt und bei welchen in gewissen Fällen auch ein Verwachsen ektodermaler und entodermaler Epithelien eintrat, überdeckte das Körperepithel die Wundflächen mit einer Schnelligkeit, wie ich sie bei Lumbriciden niemals beobachtet habe.

Nachdem durch das Wundgewebe die primäre Vereinigung der Teilstücke erfolgt ist, werden in demselben durch Zellen, die teils aus der Hypodermis, teils aus der Muskulatur einwandern, Neubildungszonen der Ring- und Längsmuskulatur angelegt. Erst durch die dort gebildeten Muskelfibrillen erfolgt die endgültige Verwachsung der Teilstücke. Während hier also erst sekundär die definitive Vereinigung erfolgt, tritt sie bei den Anurenlarven stets primär, durch einfaches Verwachsen der einander genäherten Enden ein, ein Verhalten, das wohl in der erst in der Entwicklung begriffenen Differenzierung der Gewebe bedingt ist.

---

1) F. Rievel. Die Regeneration des Vorderdarmes und Enddarmes bei einigen Anneliden. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, 1896.

2) F. Haase. Regenerationsvorgänge bei *Tubifex rivulorum* Lam. mit besonderer Berücksichtigung des Darmkanales und Nervensystemes. Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie, 1898.

3) A. Michel. Recherches sur la régénération chez les annelides. Bullet. scientif. de la France et de la Belgique. Paris, 1898.

4) Eugen Schultz. Aus dem Gebiete der Regeneration. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, 1899.

5) Fr. v. Wagner. Beiträge zur Kenntnis der Reparationsprozesse bei *Lumbriculus variegatus*. Zool. Jahrb. v. Spengel, 1900.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Einseitig und stark spezialisierte Zellen, wie es z. B. die Drüsenzellen der Hypodermis sind, scheinen im Prozesse der Wundheilung störend zu wirken, da sie sehr bald aus der die Wundspalte überdeckenden Hypodermis ausgestoßen werden. Ihre Membran platzt an der an das Wundgewebe grenzenden Seite und entleert ihren Inhalt in Form von tief und gleichmäßig sich färbenden Körnern in dasselbe. Diese Körner sowie auch die aufgebrauchten Lymphzellen werden von Leukocyten zu den in den benachbarten Segmenten liegenden Nephridien transportiert, deren Kanäle dann von solchen Ueberresten dicht erfüllt sind.

In derselben Weise verläuft die Wundheilung auch in allen übrigen Versuchsreihen, so dass wir im nachfolgenden nur die Verwachsung der inneren Organe zu berücksichtigen brauchen.

Bei allen Versuchen, mag es sich um Vereinigung von Teilstücken oder um Einpflanzung handeln, tritt ganz einheitlich hervor, dass in erster Linie die Lumina des Darmes und sodann auch die Blutgefäße vollständig oder doch zum größten Teile miteinander kommunizieren. Durch die Vereinigung dieser beiden Organsysteme wird die Gemeinsamkeit der Nahrung und die Gemeinsamkeit bezw. der Austausch des Blutes in den Teilstücken gesichert, sie werden eine vegetative Einheit, was für ihre weitere Existenz die erste Grundlage sein muss.

Vollständige und glatte Vereinigung der Darmenden tritt in allen Fällen ein, was durch den Umfang und die centrale Lage des Darmrohres wesentlich erleichtert wird. Mögen die Teilstücke in normaler Stellung oder unter Längsdrehung vereinigt werden, immer müssen die Darmenden gegeneinander zu liegen kommen, so dass sie verwachsen können. Dieses erfolgt in der Weise, dass die Ränder zunächst verkleben, dann aber unter Zuhilfenahme neugebildeter Epithelzellen definitiv verwachsen, die etwa vom 12. Tage an von den alten Epithelzellen der Darmenden durch mitotische Teilung erzeugt werden. Analog berichtet Schultz von der Regeneration des Hinterendes verschiedener Anneliden, dass der Enddarm durch einfaches Auswachsen des Mitteldarmes, der durch mitotische Teilung seiner Epithelzellen das nötige Material liefert, gebildet wird. — Es ist dabei durchaus nicht nötig, dass stets genau sich entsprechende Teile des Darmes vereinigt werden, sie können vielmehr den verschiedensten Abschnitten des Darmrohres angehören und verwachsen doch anstandslos und glatt. Das gilt sowohl für die Lumbriciden, als auch für die Anurenlarven und wurde nicht nur am Darm, sondern auch am Blutgefäß- und Nervensystem beobachtet.

Komplizierter gestaltet sich die Vereinigung der Blutgefäßenden. Bei Vereinigungen in normaler Stellung der Teilstücke kommen die Gefäßenden gegeneinander zu liegen und verwachsen leicht und glatt; sind sie dagegen in der Längsrichtung gegeneinander gedreht, so liegen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die Gefäßenden mehr oder weniger weit voneinander entfernt. In diesem Falle biegen die freien Enden sich einander zu; die Gefäßvereinigung zeigt dann einen geknickten, „bajonettförmigen" Verlauf. Die Vereinigung der Gefäßenden geht in der Weise vor sich, dass der Blutstrom zunächst vom Wundgewebe eingedämmt und abgegrenzt wird. Ist so die neue Bahn an der Vereinigungsstelle vorgezeichnet, so werden aus dem Wundgewebe heraus die Gefäßwände gebildet. Bei einer Längsdrehung der Teilstücke um 180°, wo also die Rücken- mit der Bauchseite vereinigt wird, kommen die Enden der Rückengefäße gegen die der Bauchgefäße zu liegen, die, trotz der Ungleichheit im Lumen und im histologischen Baue der Gefäßwände, schon nach zwei Wochen glatt miteinander verwachsen. Das Verwachsen ungleichnamiger Gefäßenden konnte auch bei Einpflanzungen beobachtet werden, wo in einem Falle z. B. das Rückengefäß des eingepflanzten Seitenstückes mittelst mehrerer stärkerer und schwächerer Anastomosen sich mit dem ihm am nächsten liegenden Bauchgefäße vereinigt hatte.

Die Gefäße vereinigen sich also stets direkt, auch wenn sie nicht gleicher Art sind. Für den letzten Fall erhebt sich nun sofort die wichtige Frage, in welcher Weise dann das Blut in den vereinigten Teilstücken cirkuliert. Am a. O. habe ich ausführlicher nachzuweisen gesucht, dass es jedenfalls unter Zuhilfenahme einer der Kollateralbahnen geschieht, die in jedem Segment das Rückengefäß mit dem Bauchgefäße verbinden. Indem die dem freien Gefäßende zunächstliegende Seitenbahn zur Verbindungsbahn der entgegengesetzt liegenden Rückengefäße wird, die dann auch im Lumen und im histologischen Baue der Gefäßwände sich ihrer neuen Funktion anpassen muss, kann die ursprüngliche Strömungsrichtung des Blutes wieder hergestellt, die Cirkulation in beiden Teilstücken wieder eine einheitliche werden.

Aehnlich verhält es sich mit der Bluteirkulation bei der Vereinigung zweier gleichnamiger Teilstücke. Werden z. B. zwei Hinterenden in normaler Stellung verbunden, so verwachsen die Rücken- und Bauchgefäßenden. In diesem Falle müssten, wegen der entgegengerichteten Strömung des Blutes, an der Vereinigungsstelle der Rückengefäße die Blutwellen gegeneinander stoßen, was eine Anstauung des Blutes an dieser Stelle zur Folge hätte, während andererseits aus demselben Grunde an der Vereinigungsstelle der Bauchgefäße eine blutleere Region entstehen würde. Hier zeigte nun die Untersuchung, dass die der Operationsstelle benachbarten Kollateralbahnen teilweise in ihrem Lumen stärker ausgebildet waren, während die Rückengefäße nicht glatt in einem einzigen, gleich starken Rohre kommunizierten, sondern durch mehrere schwächere Anastomosen und mitunter gewundene Seitenzweige verbunden waren. Diese Abweichung in der Verbindungsweise ist wohl nur so zu deuten, dass sie allein den Zweck hat, eine Stauung

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

des Blutes zu verhindern und das Blut von der Vereinigungsstelle der Rückengefäße nach den Bauchgefäßen zu leiten.

Ist so durch die Verwachsung der im Dienste der Ernährung stehenden Organe (Darm und Blutgefäße) die vegetative Einheit der Teilstücke, durch die ihre weitere Existenz gewährleistet ist, hergestellt, so können sie zur vollständigen physiologischen Einheit doch nur erst dann werden, wenn auch die Teile des dritten der longitudinalen Organe, des Nervensystems, sich verbinden. Eine solche Verbindung fehlt vollständig nur den Vereinigungen zweier Teilstücke unter Längsdrehung von 180°, während sie bei den Einpflanzungen stets teilweise fehlt, insofern nämlich, als hier sich regelmäßig nur die Bauchmarkenden zweier Teilstücke verbinden, das dritte aber nervös isoliert bleibt. In allen übrigen Fällen aber wird sehr frühzeitig — schon nach 9—12 Tagen — die nervöse Einheit hergestellt.

In den ersten Tagen endet das Bauchmark etwas zerfasert in der Wundstelle, bald aber beginnen die alten Nervenfasern kräftig auszuwachsen. Sie durchsetzen von beiden Seiten her das Narbengewebe, stoßen dann aufeinander, und indem sie innig verschmelzen, stellen sie die nervöse Vereinigung der Teilstücke wieder her. Die Ganglienzellen des neugebildeten Verbindungsstückes werden von den Ganglienzellen der alten Bauchmarkketten durch mitotische Teilung geliefert; sie wandern also nicht, wie dies bei der Regeneration geschieht, zumeist direkt aus dem Ektoderm ein. Letzteres konnte nur in einigen wenigen Fällen, wo es sich um Wiederherstellung eines relativ langen Verbindungsstückes handelte (Vereinigung unter Längsdrehung), beobachtet werden. Was das Verhalten des Nervensystems betrifft, so befinden sich meine Angaben darüber in erfreulicher Uebereinstimmung mit denen Hescheler's[1]), der dieselben Vorgänge am durchschnittenen Bauchmarkende — Auswachsen der alten Nervenfasern, mitotische Teilung der Ganglienzellen in den der Wundstelle benachbart liegenden Ganglienhaufen, Einwanderung von Hypodermiszellen zur Bauchmarkanlage — bei seinen Regenerationsversuchen an Lumbriciden beobachtet hat.

Das Vorhandensein der nervösen Verbindung lässt sich meist schon äußerlich durch Reizversuche konstatieren. In diesem Falle tritt, sobald das Vorderstück gereizt wird, eine eigentümliche „Zuckbewegung" am Hinterende ein. Während nämlich der übrige Körper des Tieres vollständig in Ruhe verbleibt, blähen sich einige Segmente kurz vor dem After plötzlich seitwärts auf, gleichsam als würde mit einem Ruck Luft in dieselben hineingeblasen. Joest nahm diese Reizung noch in primitiver Weise vor, indem er Pinzette oder Nadel dazu benützte. Professor Korschelt verbesserte die Methode, indem er sich zur

1) K. Hescheler. Ueber Regenerationsvorgänge bei Lumbriciden. Jenaische Zeitschr. f. d. ges. Naturwissensch. II. Teil, 1898.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Reizung eines Schlitteninduktors bediente, der es gestattet, die Stärke der Reize in genau abgemessener Weise zu variieren. Dasselbe Instrument wurde sodann auch von mir angewandt, und wie die mikroskopische Untersuchung bestätigte, lieferte diese Methode meist recht zuverlässige Resultate.

Das Auftreten der Reizbewegung so nahe vor dem After führte anfänglich auf Grund der Arbeiten Friedlaender's und Cerfontaines über das Centralnervensystem von *Lumbricus* zu der Annahme, dass die sogenannten Leydig'schen Fasern, jene Riesenröhren, die das Bauchmark der meisten Anneliden ununterbrochen in seiner ganzen Länge durchziehen, die Reizleitung vermitteln und so die Zuckbewegung hervorrufen. Der ganze Verlauf der Verwachsung der Bauchmarkenden zeigte aber bei der mikroskopischen Untersuchung bald, dass die auswachsenden Nervenfasern die erste nervöse Verbindung herstellen, dass also auch die Zuckbewegung nicht durch die Leydig'schen Fasern bewirkt wird und dass letztere nicht die Funktion haben können, Reize möglichst schnell von einem Körperende zum andern zu übertragen. Die Leydig'schen Fasern verwachsen von allen nervösen Elementen am spätesten; erst nachdem das Verbindungsstück fast vollständig ausgebildet ist, sind sie darin deutlich nachweisbar. Dadurch aber wurde auch die zu Anfang der Untersuchung gehegte Hoffnung, experimentelle Beweise für oder gegen ihre nervöse Natur erhalten zu können, leider vereitelt.

Bezüglich der nervösen Verbindung zweier vereinigter Hinterenden muss ich hier noch etwas näher auf eine interessante Beobachtung eingehen, die zuerst von Prof. Korschelt gemacht wurde. Es „zeigte sich, dass am Anfang eine Reizübertragung von einem Endstück zum anderen nicht vorhanden war und dass sie in einigen Fällen auch dauernd ausblieb, in anderen hingegen und zwar in der größeren Mehrzahl von Fällen ergab sich eine Reizübertragung. Dieselbe konnte entweder von jedem der beiden Enden zum anderen Ende erfolgen oder aber nur von dem einen zum anderen Ende, nicht aber in umgekehrter Richtung". Ein und derselbe Reiz wurde hier also in dem einen Teilstücke von hinten nach vorn, im anderen in genau entgegengesetzter Richtung von vorn nach hinten geleitet. Die gleiche Beobachtung ließ sich auch dann noch machen, wenn beide Hinterstücke durch ein eingeschaltetes Mittelstück getrennt wurden. Nach den bisherigen Kenntnissen über den Bau des Centralnervensystems der Lumbriciden lag es sehr nahe, den Grund für diese in dem einen Teilstücke gleichsam umgekehrte Reizleitung in einem für diesen Fall verschiedenen Verhalten der Leydig'schen Fasern zu suchen. Man könnte annehmen, „dass die Verwachsung der Leydig'schen Fasern teilweise unterblieben oder aber in differenter Weise erfolgt ist". Unterstützt wird der letztere Gedanke besonders durch die Erwägung, dass die Fasern

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

untereinander vielleicht durch ein verschiedenartiges Leitungsvermögen ausgezeichnet sind, da die Ganglienzellen der mittleren Faser im Kopfabschnitte, die der seitlichen aber nahe dem Schwanzende gelagert sind. Genauere Aufklärung über die nervöse Verbindung konnte aber erst von der mikroskopischen Untersuchung erwartet werden. Betrachten wir daher einige Fälle in Bezug auf die Ergebnisse, die durch die Reizversuche und die histologische Untersuchung gewonnen wurden.

Vereinigung zweier Schwanzenden von *All. foetida*; zeigte Reizleitung sicher nach der einen Seite; nach 127 Tagen wurde das Stück konserviert. Histologischer Befund: die Fasern der Bauchmarkenden sind stark ausgewachsen, haben sich aber nicht direkt vereinigt, sondern gehen zunächst ein Stück nebeneinander und verbinden sich dann von der Seite her. In der Verwachsungsstelle liegen Haufen kleiner Ganglienzellen.

Vereinigung zweier Schwanzenden von *All. terrestris;* deutliche Reizleitung nach beiden Enden; nach zwei Monaten konserviert. — In der Verwachsungsstelle treten auf mehreren Querschnitten die beiden Bauchmarkenden nebeneinander auf und sind dann seitlich verwachsen; Vereinigung der Leydig'schen Fasern ist nur undeutlich vorhanden; Verbindungsstelle mit Ganglienzellen besetzt.

Vereinigung zweier Schwanzenden von *All. terrestris*; deutlicher Reizausschlag an beiden Enden; Alter 3 Monate 14 Tage. — Die Verwachsungsstelle zeigt deutlich die Mitbeteiligung der Hypodermis an der Neubildung des Bauchmarks. Hypodermiszellen, die schon gänzlich das Aussehen von Ganglienzellen haben, wandern in ziemlich großer Zahl direkt zur Bauchmarkanlage; dort befinden sich viele große und kleine Ganglienzellen (cf. Fig. 37 meiner Arbeit a. a. O.). Die Leydig'schen Fasern sind nicht verbunden.

Vergleichen wir die drei Fälle, so ergiebt sich zunächst, dass eine Verwachsung der Leydig'schen Fasern auch in dieser Versuchsreihe nicht die Ursache der Reizleitung sein kann. Sodann aber tritt in dem teilweisen Nebeneinander der Bauchmarkenden die starke Tendenz der letzteren, nach Möglichkeit auszuwachsen, recht deutlich hervor. Und dieses Bestreben scheint für die obige Erscheinung von Bedeutung zu sein; denn in allen den Fällen, wo durch das Auswachsen ein möglichst langes Verbindungsstück hergestellt wurde, das eine Besetzung mit neuen Ganglienzellen erforderte, konnte Reizübertragung von einem Teilstücke auf das andere beobachtet werden. Wurde hingegen dieses starke Auswachsen durch ganz dichte Anlagerung der Bauchmarkenden aneinander unterdrückt, so dass also letztere sich durch ein nur ganz minimales Verbindungsstück vereinigten, das nicht mit neuen Ganglienzellen versehen wurde bezw. zu werden brauchte, so unterblieb auch die Reizleitung. — Der letzte Grund aber für das eigenartige Verhalten bezüglich der Reizleitung ist wohl darin zu suchen,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dass, wie auch Born und Wetzel gezeigt haben, das Gesetz der Polarität, wie es besonders Vöchting auf botanischem Gebiete feststellte, im Tierreiche nicht gilt. Tritt dieses schon äußerlich durch das schnelle und glatte Verwachsen von Teilstücken der Lumbriciden, die mit ihren gleichen Polen zusammengefügt werden, hervor, so findet es seinen evidentesten Ausdruck eben in dem festen Verschmelzen des Bauchmarkes, das so innig wird, dass derselbe Reiz, der das eine Teilstück von hinten nach vorn durchläuft, vom andern in entgegengesetzter Richtung geleitet werden kann.

Die interessantesten Ergebnisse bezüglich der Verbindung des Nervensystems der Teilstücke lieferten die Vereinigungen unter Längsdrehung um 90°, wo also die Bauchmarkenden bei der Vereinigung um den Viertelumfang des Wurmkörpers voneinander getrennt waren. Auf Grund der makroskopischen Beobachtung war Joest bei diesen Vereinigungen zu dem Resultate gekommen, „dass eine nervöse Verbindung der Teilstücke meist fehle". Die mikroskopische Untersuchung aber zeigte, dass in den allermeisten Fällen eine nervöse Verbindung eintritt, wenn nicht äußere Umstände — wie z. B. Gewebeteile, die sich zwischen die Bauchmarkenden legen können — dieselbe verhindern, was zuweilen eintreten kann. Die Vereinigung selbst geht in der Weise vor sich, dass die freien Bauchmarkenden und die energisch auswachsenden alten Nervenfasern sich gegeneinander umbiegen, sich auf diese Weise treffen können, verschmelzen und so die nervöse Einheit wieder herstellen. Durch dieses Umbiegen der auswachsenden Bauchmarkenden aber kommt jene Bajonettform des Verbindungsstückes zu stande, wie wir sie schon von der Vereinigungsstelle der Gefäße kennen. Bei geringerer Längsdrehung der Teilstücke kommt zwar diese Erscheinung auch schon vor, doch ist sie dort weniger deutlich, während bei Längsdrehung um 180° das Umbiegen der freien Nervenenden zwar auch auftritt, aber nervöse Vereinigung wegen der zu großen Entfernung der Bauchmarkstümpfe nicht mehr stattfinden kann.

Fragen wir nun nach der Ursache dieses Umbiegens, so können wir eine hinreichende Erklärung nur in der Annahme finden, dass richtende Reize dabei thätig sind. Dass richtende Reize im Leben frei beweglicher Organismen und wachsender Organe eine wichtige Rolle spielen, ist auf botanischem Gebiete schon seit längerer Zeit bekannt. Herbst[1]) suchte sodann nachzuweisen, dass „Richtungsreize" auch im Gebiete der Zoologie in mannigfaltiger Weise wirksam sind; Driesch[2]) stellte solche bei der Mesenchymbildung in der Gastrula der Echiniden fest. Auch die oben angegebenen Erscheinungen, das scharfe Umbiegen der freien Bauchmarkenden, das ge-

1) C. Herbst. Ueber die Bedeutung der Reizphysiologie für die kausale Auffassung von Vorgängen in der tierischen Ontogenese. Biol. Centralbl., 1894.

2) F. Driesch. Resultate und Probleme der Entwicklungsphysiologie der Tiere. Ergebn. d. Anat. u. Entw. v. Merckel u. Bonnet, 1898.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

schlossene, gleichsam zielbewusste Auswachsen der Nervenfasern zeigen deutlich an, dass richtende Reize bei der Vereinigung des Nervensystems thätig sind. Welcher Art diese Reize im vorliegenden Falle sind, hat Forsmann[1]) gezeigt. Durchschnitt er den Peroneus oder Tibialis des Kaninchens, so zerfiel der periphere Teil der Nerven, während die Fasern des centralen Teiles stark auswuchsen. Letztere schlugen nun nicht die Bahn des geringsten Widerstandes ein, zerstreuten sich auch nicht in das angrenzende Wundgewebe, sondern wuchsen in geschlossenen Bündeln in den zerfallenden peripheren Teil hinein. Der für dieses Verhalten maßgebende Reiz ging von der zerfallenden Substanz des peripheren Nerven aus und wurde von Forsmann als Neurotropismus bezeichnet. Analog diesen Beobachtungen müssen wir auch für unsern Fall annehmen, dass zerfallende Nervensubstanz, die bei der Durchtrennung des Bauchmarks in kleiner Menge an beiden Bauchmarkenden entstehen muss, jene richtende Kraft ist, die das knieförmige Verwachsen der Bauchmarkenden bewirkt. Derselbe Chemotropismus, der die Wachstumsrichtung der Nervenfasern der Vertebraten beeinflusst, ist auch bei den Lumbriciden thätig.

Von vornherein ist anzunehmen, dass die Wirkung des Richtungsreizes sich nur auf geringe Entfernungen erstrecken kann. Die Vereinigungen unter Längsdrehung der Teilstücke bestätigen diese Annahme vollständig. Bei Längsdrehung um 90° tritt die Wirksamkeit des Richtungsreizes am augenscheinlichsten hervor; übersteigt aber die Drehung den Viertelumfang des Wurmkörpers, so ist seine Kraft nicht mehr ausreichend, die nervöse Verbindung zu bewirken. Die Maximalentfernung der Bauchmarkenden darf also nicht mehr als etwa das vier- bis fünffache ihres Durchmessers betragen, d. h. nicht größer als der vierte Teil des Körperumfanges sein. Darum können bei einer Längsdrehung um 180° die Bauchmarkenden sich nicht mehr beeinflussen, was durch das stete Fehlen der nervösen Verbindung bei solchen Vereinigungen bewiesen wird.

Für das Zustandekommen einer dauernden Vereinigung, die sich auf alle Organe erstreckt, besteht sonach die Bedingung, dass die gleichartigen Gewebe und Organe einander soweit genähert sind, dass für sie die Möglichkeit einer Verwachsung gesichert ist. Bei den Anurenlarven bezog sich dieses gegenseitige Aufsuchen der Organenden nicht nur auf das Nervensystem, sondern auch auf die Vornieren- und Urnierengänge, ein weiterer Beweis für die Wichtigkeit von Richtungsreizen bei Verwachsungsvorgängen.

---

1) F. Forsmann. Ueber die Ursachen, welche die Wachstumsrichtung der peripheren Nervenfasern bei der Regeneration bestimmen. Beitr. z. path. Anat. v. Ziegler, 1898.

F. Forsmann. Zur Kenntnis des Neurotropismus. Beitr. z. path. Anat. u. z. allgem. Pathologie v. Ziegler, 1900.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Auch bei den Einpflanzungsversuchen scheinen Richtungsreize eine bemerkenswerte Rolle zu spielen. Schon oben war darauf hingewiesen, dass die vollständige Vereinigung sich in diesen Fällen stets nur auf zwei Teilstücke erstreckt, während das dritte nervös isoliert bleibt und nur vegetativ mit der normal funktionierenden Vereinigung verbunden ist. Interessant ist hierbei, dass die durch die Operation getrennten Bauchmarkteile desselben Tieres nicht stets sich wieder vereinigen, dass vielmehr oft der umgekehrte Fall eintritt, indem das eingepflanzte Seitenstück mit einem der Teilstücke des normalen Tieres nervös verschmilzt. In solchen Fällen ergiebt die Verwachsung ein normales Individuum, das aus zwei Teilstücken verschiedener Tiere entstanden ist, die sich erst sekundär vereinigten, während das andere Teilstück, obgleich noch primär durch Hypodermis und Muskulatur mit dem neugebildeten normalen Individuum verbunden, nervös vollständig isoliert bleibt, nur in vegetativer Kommunikation mit letzterem steht und gleichsam zu einem bloßen Anhange desselben degradiert wird. Der maßgebende Grund dafür, welche Bauchmarkenden verwachsen, scheint nun offenbar nur in der Lagebeziehung derselben gegeben zu sein: Die einander am nächsten liegenden Bauchmarkenden verwachsen infolge des Richtungsreizes, den sie aufeinander ausüben, und dadurch wird das Bauchmark des dritten Teilstückes isoliert. Absolut sicher freilich kann die Frage, ob in diesem Falle Richtungsreize allein maßgebend sind, hier noch nicht entschieden werden, weil es dazu noch an umfassenden experimentellen Studien, die in dieser Richtung liegen, mangelt.

Endlich sei noch darauf hingewiesen, dass auch bei der Transplantation das so ungemein stark ausgebildete Regenerationsvermögen der Lumbriciden ebenso klar hervortritt wie in den eigentlichen Regenerationsversuchen. Nicht nur in dem schnellen Verheilen der Wundflächen und dem gelegentlichen Auftreten von Regenerationsknospen an der Vereinigungsstelle tritt es uns entgegen, sondern wird auch durch das Verhalten kleinster Teilstücke, die transplantiert wurden, in ganz überzeugender Weise demonstriert. An und für sich zwar viel zu klein, um selbständig existieren zu können, bleiben jene Teilstücke nicht nur am Leben, sobald sie mit einem größeren, lebensfähigen Teilstücke vereinigt werden, sondern fangen dann auch meist recht bald an, Regenerate zu bilden, indem sie das Material zum Aufbau der letzteren aus dem größeren Teilstücke beziehen, so dass dieses als Mutterboden der Neubildung angesehen werden muss.

Dass auch im Gebiete der Botanik diese Verhältnisse ganz ähnlich liegen, haben Vöchting's Transplantationsversuche gezeigt. Als er einen Zweig von *Rhipsalis paradoxa* in den Stamm einer *Opuntia Labouretiana* einpfropfte, blieb das transplantierte Stück nicht nur am Leben, sondern wuchs auch kräftig weiter, indem es lange Wurzeln in seine Unterlage trieb, diese also gleichsam als Nährboden benutzte.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Im übrigen aber bewahrte der *Rhipsalis*-Zweig, trotz des innigen Verbandes mit der *Opuntia,* vollständig seine individuelle Eigenart, was recht gut mit der Thatsache übereinstimmt, dass auch in den heteroplastischen Vereinigungen bei Lumbriciden die Teilstücke stets ihren Speciescharakter völlig beibehalten, mögen auch die Größenunterschiede zwischen beiden noch so beträchtlich sein.

Was das oben erwähnte Auftreten von Regenerationsknospen an der Verwachsungsstelle betrifft, so pflichte ich darin Joest's Ansicht bei, dass ihr Auftreten durch das Nervensystem insofern bewirkt wird, als die Bauchmarkketten auch nach der Vereinigung bestrebt sein werden, die ihnen verlorenen Teile zu ersetzen, was möglich wird, sobald locker angelegte Nähte ein seitliches Auswachsen gestatten. Dieses Verhalten beweist, dass bei den Lumbriciden die so stark ausgeprägte Tendenz, fehlende Teile des Nervensystems zu ergänzen, von der größten Bedeutung für die Regeneration überhaupt ist; das Nervensystem scheint einer der wichtigsten Faktoren zu sein, die im Regenerationsprozesse wirksam sind. Sehr deutlich traten diese Verhältnisse hervor auf den mikroskopischen Bildern der Schnittserien durch die Regenerationsknospen, die an der Vereinigungsstelle zweier Schwanzenden und in einem Falle bei einer seitlichen Einpflanzung gebildet waren. Im ersten Falle zog sich das Bauchmark in normal ausgebildetem Zustande in die Knospe und hatte dort auch in ganz typischer Weise die beiden Schlundganglien nebst den verbindenden Schlundkommissuren angelegt. Hier ging von der Vereinigungsstelle ein gemeinsamer Nervenstrang in das Regenerat; doch treten bei der Vereinigung zweier Hinterenden mitunter auch zwei Regenerationsknospen auf, deren Nervensystem in diesem Falle von je einem Bauchmark der beiden Teilstücke aus erzeugt wird. Die beiden Regenerate stehen dann seitlich nebeneinander. Bei einer Einpflanzung war an der Operationsstelle eine kleine Regenerationsknospe angelegt, in die vom benachbarten Bauchmark aus, das in diesem Falle nervös isoliert geblieben ist, die auswachsenden Nervenfasern in geschlossenem Zuge und scharf umbiegend eintraten. Die ganze Beschaffenheit der Vereinigungsstelle ließ mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, dass dort die Wundränder nicht ganz dicht zusammengefügt waren, so dass die Nervenfasern nach dieser Richtung auswachsen und die Anlage eines Regenerates bewirken konnten.

Bezüglich dieser Regenerate konnte ich in einem Falle feststellen, dass an Stelle eines Kopfes ein typisches Schwanzende ausgebildet war. Es handelt sich hierbei um dieselbe Heteromorphose, die vor wenigen Jahren schon von Morgan an *Allolobophora*, zuerst aber von Spallanzani an demselben Objekte festgestellt worden ist. Dass das Auftreten von Heteromorphosen außer bei Würmern im Tierreich ziemlich verbreitet ist, haben die bekannten Arbeiten von Loeb (Coelen-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

teraten und Tunicaten), Herbst (Crustaceen), Colucci, Wolff und Erik Müller (Tritonlarven) hinreichend bewiesen.

Zum Schlusse möchte ich auszugsweise noch einige kurze Mitteilungen über das Alter der hergestellten Verbindungen machen. Um diese Frage zu ermitteln, wurden seit Beginn der Transplantationsversuche im hiesigen zoologischen Institute eine Anzahl gelungener Vereinigungen weiter beobachtet. Eine der ersten Vereinigungen, die Joest herstellte, erreichte ein Alter von etwa $5^1/_2$ Jahren; zwei andere werden jetzt noch weiter beobachtet und sind etwa $5^3/_4$ Jahre alt. Beide betreffen Vereinigungen in normaler Stellung. (Die bei der Korrektur eingefügten Zeitangaben beziehen sich auf Mitte September 1901.) Von Vereinigungen unter Längsdrehung befanden sich unter dem konservierten Materiale eine Anzahl Stücke von einem Jahre (1 Stück, Drehung um 180°, hat ein Alter von $2^1/_2$ Jahren erreicht). Aus diesen Versuchsreihen wurden aus dem Grunde keine Exemplare länger beobachtet, weil ein möglichst reichhaltiges Material zur Entscheidung der Frage, ob und in welcher Weise unter diesen Bedingungen eine Verbindung der Nervenenden stattfindet, gesammelt werden sollte. Nichts aber steht der Annahme entgegen, dass diese Vereinigungen nicht auch ein bedeutend höheres Alter erreicht haben würden. Aus Prof. Korschelt's späteren Versuchen entstammen Stücke, die verlängerte und verkürzte Tiere betreffen, jetzt ein Alter von $3^1/_2$—$3^3/_4$ Jahren haben und noch weiter beobachtet werden. Vereinigungen eines Kopfstückes mit zwei Schwanzstücken und Einpflanzungen eines Seitenstückes erreichten ein Alter von fast und teilweise auch über drei Jahren.

Ueber die Zeit, in welcher unsere Lumbriciden heranwachsen, machte Prof. Korschelt folgende Beobachtung: Am 23. März 1898 wurde in einem noch geschlossenen Cocon ein junger, vollständig ausgebildeter *Lumbricus rubellus* gefunden und zur Beobachtung in ein Glas mit Erde gesetzt. Am 16. Mai schon war der Wurm auf etwa ein Viertel seiner definitiven Größe herangewachsen und ein Jahr später groß und geschlechtsreif geworden, was besonders an dem deutlich ausgebildeten Clitellum zu erkennen war.

Diese Beobachtungen aber geben insofern einen ganz interessanten Beitrag zur Biologie der Regenwürmer, als sie gestatten, positive Angaben über die Lebensdauer derselben zu machen. Zu den Versuchen wurden meist mittelgroße Würmer bevorzugt, die nach obiger Beobachtung Professor Korschelt's etwa ein Alter von einem Jahr hatten. Da nun das älteste Versuchstier schon fast sechs Jahre erhalten worden ist, die Würmer aber in der Natur sicherlich noch günstigere Existenzbedingungen finden, als ihnen in der Gefangenschaft geboten werden können, so erscheint ein Alter von mindestens sieben Jahren durchaus nicht zu hoch gegriffen. Die weitere Beobachtung wird darüber noch mehr Gewissheit bringen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Diese letzten Mitteilungen mögen zwar etwas abseits vom eigentlichen Thema dieser Arbeit liegen, immerhin sind sie ihres allgemein biologischen Charakters wegen von einigem Interesse und wurden aus diesem Grunde hier angefügt. [83]

Marburg i. H. im Juni 1901.

Félix Plateau: Nouvelles recherches sur les rapports entre les Insectes et les fleurs.

3ième partie: Les Syrphides admirent-ils les couleurs des fleurs?[1])

Der Verfasser, welcher schon seit vielen Jahren den Sehorganen der Arthropoden seine besondere Aufmerksamkeit zugewendet hat[2]), ist in seinen neueren Arbeiten bemüht, auf experimentellem Wege endgiltig den Nachweis zu führen, dass es falsch ist, dem Gesichtssinn der niederen Tiere, speziell der Insekten, ohne weiteres eine gleiche Bedeutung für ihr Thun und Treiben zuzuschreiben, wie sie das Auge für uns Menschen hat, gleichsam als ob es nur graduelle Unterschiede im Sehvermögen der Tiere gäbe[3]).

Dass ein derartiges Bemühen nicht überflüssig, sondern mit Dank zu begrüßen ist, lehrt ein Blick in die einschlägige Litteratur. Man wird zugeben, dass man im allgemeinen immer noch zu sehr geneigt ist, die verschiedenen Gewohnheiten und Handlungen der Tiere auf gleichartige Sinneseindrücke, wie sie der Mensch unter den gegebenen Verhältnissen haben würde, zurückzuführen und dementsprechend psychologisch zu erklären. Man geht dabei von der in der Regel ganz unberechtigten Voraussetzung aus, dass die bei den Tieren vorgefundenen, ihrem Baue nach den unsrigen entsprechenden Sinnesorgane mit diesen auch gleichen physiologischen Wert haben. Ob dies aber der Fall ist oder nicht, darüber können einzig und allein fortgesetzte, planmäßig angestellte Beobachtungen der Tiere und geeignete Experimente Aufschluss geben. Da es nun an diesen noch sehr fehlt, so darf man sich nicht wundern, wenn mit der Zeit noch hier und da der eine oder andere Irrtum aufgedeckt wird.

Die bisherigen unermüdlichen Versuche des Verfassers haben es bereits ziemlich überzeugend dargethan, dass die Insekten nicht das ihnen früher zugetraute Sehvermögen, namentlich nicht einen dem unsrigen vergleichbaren Farbensinn besitzen, und dass demnach die von Ch. Darwin begründete „Blütentheorie“ im Irrtum ist, wenn sie lehrt, dass die bunten, leuchtenden Farben der Blütenhüllen und -anhänge dazu da sind oder wenigstens geeignet sind, die die Bestäubung vermittelnden Insekten von weitem anzulocken und zu orientieren.

Wenn aber die wichtige Thatsache, dass die Insekten die Farben nicht so wie wir zu unterscheiden vermögen, durch die Beobachtung hin-

---

1) Mémoires de la Société zoologique de France, Tome XIII, p. 266—285, 1900. Vergl. dazu Tome XI, Nr. 3, 1898 und XII, Nr. 4, 1899.

2) Félix Plateau, Recherches expérimentales sur la vision chez les Arthropodes. F. Hayez, Bruxelles, 1887/88.

3) Vergl. F. Plateau, Wodurch locken die Blumen die Insekten an? Biol. Centralblatt XVI, Nr. 11, 1896; XVII, Nr. 16, 1897; XVIII, Nr. 13, 1898.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: 21

Autor(en)/Author(s): Rabes Otto

Artikel/Article: Ueber Transplantationsversuche an Lumbriciden. 633-650