

# Zur Regeneration des Schwanzes der urodelen Amphibien.

Von

**S. Prowazek.**

(Mit 3 Tafeln und 3 Textfiguren.)

Im Herbste 1899 wurde eine grössere Untersuchung über die Regeneration und die mit ihr im Zusammenhange stehenden Vorgänge sowohl am zoologischen als botanischen Gebiete unternommen und ich erlaube mir, hier die ersten Ergebnisse dieser Arbeit, die sich vornehmlich auf die feineren cytologischen Erscheinungen bei der Regeneration des Amphibienschwanzes beziehen, mitzutheilen. Ich beabsichtige in möglichst gedrängter Weise die Resultate der Untersuchung hier zu schildern und werde demnach nicht die ganze äusserst umfangreiche ältere Literatur besprechen, zumal dieses schon in den grundlegenden Arbeiten von P. FRAISSE und BARFURTH im ausserst reichendsten Masse geschah; die mir zugänglich gewesene Literatur ist in einem Verzeichniss, das der Arbeit am Schlusse beigefügt ist, citirt. Das Untersuchungsmaterial bildeten wie gewöhnlich die Salamanderlarven, dann Axolotllarven und junge Triton alpestris. Bezüglich der Salamanderlarven, die frühzeitig im Herbst dem Uterus eines getödteten trächtigen Weibchens entnommen wurden, sei zunächst folgende vom vergleichend psychologischen Standpunkt vielleicht nicht uninteressante Notiz gestattet: Die jungen Larven nahmen die erste Nahrung erst vom 6. Tage, da sie dem Uterus entnommen wurden, an; von da an gingen sie auf alles los, was sich bewegte, während sie sonst ruhig und träge in dem Porzellanbecken lagen. Sie wurden mit frisch geschabtem Fleisch fast täglich zu derselben Zeit gefüttert, doch zeigten sie erst in der 4. Woche die

ersten Spuren eines associativen Gedächtnisses, das wohl mit Unrecht J. LOEB geradezu als eine Art von Criterium des psychischen Epiphänomens hinstellt, da es für diesen Zweck zu complicirt ist.

**Epidermis.** Histologische Bemerkungen über das normale Gewebe. Die Epithelzellen der Salamanderlarve besitzen einen dichten, gleichmässigen, netzwabigen, protoplasmatischen Aufbau, in welchem zähen Gerüstwerk hie und dort aber noch Fibrillenelemente, die besonders peripher gut zum Ausdruck kommen, oder sonstige mehr eindimensionale Differenzirungen eingelagert zu sein scheinen; in den paraplastischen, etwas röthlich erscheinenden Hohlräumen findet sich zuweilen glänzende, rundliche Granula, während in den Netzknoten, ja oft in den Verbindungsbrücken selbst Granulationen viel niedrigeren Grades sich unter günstigen Bedingungen feststellen lassen; das Plasma erfährt gegen die Peripherie zu eine Veränderung und Verdichtung, die bei normalen lebenden Zellen in eine anscheinend zähflüssige, homogen aussehende, intercellulare Grenzschicht übergeht, in der aber schon beim geringsten Druck nach einiger Zeit feinste Vacuolen, die in seiner interessanten Schrift (65) F. E. SCHULZE auch schildert, auftreten, die sich sodann vergrössern und lamellenartige Brücken zwischen den Zellen entstehen lassen, welche oft theilweise durchreissend sich zu blossen Intercellularsträngen umbilden; auf Grund dieser Beobachtungen und anderweitiger Ueberlegungen müssen wir diesen Grenzschichten doch eine, wenn auch in vivo nicht sofort wahrnehmbare Heterogenität im inneren Aufbau zuschreiben. An Schnitten gehen diese Lückensysteme der Grenzschicht gegen die Oberfläche zu in immer kleiner und kleiner werdende Räume und Vacuolen über, deren letzte terminal schliesslich ein feines dunkles Körnchen trägt, das an lebenden Objecten grünlich, länglich, glänzend erscheint, aber nur der optische Querschnitt von oberflächlichen dicken Linien-systemen ist, die die einzelnen Epithelzellen einschliessen. Sie stellen die Kittleisten dar, die TH. COHN beschrieben hat und die die Intercellularräume nach aussen zum Abschluss bringen. Die obersten, oft linsenartig geformten Zellen führen einen Cuticularsaum, in dessen Bereich seitlich die oben erwähnten intercellularen letzten Vacuolen hineinragen. Der Cuticularsaum ist eine Differenzirung des Plasmas, die mit manchen Alveolarsäumen der Protozoen eine gewisse Aehnlichkeit hat; es sind dies vor allem paraplastische Hohlräume, die eine horizontale Basis und eine Art von Kuppeldecke besitzen; die Seitenwände bilden plasmatische, einen polygonalen

Querschnitt darbietende (Fig. 48, 47) Lamellen, in denen man ab und zu feine Granulationen, ja selbst Pigmentkörnchen wahrnimmt; von manchen dieser Pigmentkörnchen des Epithels kam es mir sogar vor, als ob sie nach aussen hin vorgeschoben und ausgeschieden würden. Die Knotenstellen dieser Lamellen sind nach oben zu oft etwas verdichtet, und zwar besonders dort, wo früher die Epithelwimpern inserirten. Bei hoher oberflächlicher Einstellung erscheint dann jeder derartige halbkugelförmige, plasmatische Abschluss eines solchen Cuticularraumes als ein grünliches Punkt-scheibchen, dessen Peripherie undeutlich abgegrenzt ist. Unterhalb dieses Cuticularsaumes, der bei schwacher Vergrößerung einfach gestrichelt erscheint, ist ein dunkler sich färbendes Protoplasmastratum, das zähflüssig, fast homogen erscheint und zahlreiche, mit Neutralroth sich färbende Granulationen neben an Ort und Stelle entstehenden Pigmentkörnchen führt; die Zellkerne sind oft eigenartig blasig und tingiren sich mit Hämatoxylin in einer eigenen Nuance; der obere Theil dieser Zellen scheint der Ort ganz spezifischer minder mannigfacher Stoffwechselvorgänge zu sein.

An einzelnen Epithelzellen kann man in vivo gelegentlich die von S. MAYER erschlossenen Flimmercilien direct beobachten; Fig. 2a stellt eine derartige Zelle dar, die ca. 24 stumpfe, mässig gebogene Cilien führte; unter dem Cuticularsaum wurden keine neutrophilen Körnchen und nur wenige Pigmentkörnchen gefunden, die schon Zellen ihrer Nachbarschaft (siehe Zelle rechts), welche oft grössere fettropfenartige Einschlüsse im Plasma hatten, besaßen. Der Kern dieser Zellen schien auch etwas tiefer eingeschnürt zu sein.

Die Cilien sitzen direct den Lamellen des Cuticularsaumes an und haben basalwärts eine mässige, nicht bestimmt abgegrenzte, basal-körperartige protoplasmatische Verdichtung. Sie schlagen ziemlich lebhaft und selbst dann noch, sobald sie in Degeneration begriffen sind und nur noch plasmatische Spitzchen, die central etwas verdichtet sind, darstellen; zum Schluss werden sie, distal oft knopfartig vorquellend, ganz rückgebildet; sodann scheint auch die neutrophile Granulation viel reichlicher aufzutreten. Vom besonderen Interesse sind die sogenannten LEYDIG'schen Zellen der unteren, stets mächtigeren Schichten der Epidermis; ihre feinere Structur und Gesamtorganisation kann man bequem bei den Axolotllarven studiren; ihr Kern liegt central und ist entweder rundlich oder morgesternartig gestaltet, beim Salamander ist er noch mehr gelappt und eingebuchtet; sein Inhalt scheint dichter als sonst zu sein und färbt sich mit Hämatoxylin anscheinend in einer anderen Nuance als die

übrigen Kerne: um ihn breitet sich in diesen normal fast isodiametrischen Zellen eine hohlkugelförmig gebildete dichte, fein netzige, gleichmässige Protoplasmaansammlung aus, die gegen die Peripherie zu in ein eigenartiges Schaumgerüste übergeht; an den Netzknoten oder aber an der Wand dieses Wabengerüstes treten granulaartige Verdichtungen auf, die mit der Vergrösserung der einzelnen Räume auch selbst wachsen und schliesslich mit zunehmender Spannung dieser und infolge eigener Oberflächenvergrösserung ganz oder theilweise in das Lumen gedrängt werden; in den lebenden Schleimzellen sehen sie gallertig fast fettropfenartig aus, glänzen etwas und unterliegen nicht den wogenden Bewegungen, die DRASCH an den Granulationen einzelner lebender Drüsen beobachtet hat. Mit Neutralroth färben sie sich nach längerer Einwirkung des Farbstoffes und unter gewissen Umständen in einem zinnober- bis orangegelben Farbenton, der übrigens vielfach variirt; zuweilen färbt sich in ihnen auch eine centrale Partie etwas anders (dunkler). An Präparaten erscheinen diese Körnchen mässig glänzend (mattirt) und nehmen manchmal in der Mitte eine Färbung im Sinne der Spiegelfärbungen von FISCHER an; dieselbe hat aber keine weitere Bedeutung und ist als ein Kunstproduct aufzufassen. Die Substanz dieser Körnchen scheint infolge ihres optischen Verhaltens nicht einheitlich zu sein, sondern sie dürfte sich aus einer festeren und einer mehr flüssigen Substanz noch zusammensetzen; die letztere nimmt nun unter gewissen Umständen und zu bestimmten Zeiten an Menge zu und führt zu einer Art von Vacuolisation der besagten Körnchen, die gegen den Kern zu meist kleiner, gegen die Peripherie aber grösser sind; diese letztere Erscheinung dürfte ein Ergebniss eigenartiger Stoffwechselvorgänge sein, die das Wechselverhältniss zwischen Kern und Plasma mit sich bringt, andererseits aber vielleicht die Folge des Umstandes, dass die peripheren protoplasmatischen Theile eine höhere Sauerstoffsättigung besitzen als die centralen.

Die „Vacuolen“ treten in den Körnchen entweder central oder mehr peripher auf und führen eine eigenartige röthlich erscheinende „dichtere“ Flüssigkeit; zuweilen tritt die Verflüssigung in der Gestalt einer Hohlkugel um ein Centralkorn auf, das, sobald die Spannung die äussere festere Kornumhüllung zersprengt, durch den entstandenen Spalt unter eigenthümlichen Gestaltveränderungen hinausgedrängt wird; auf diese Weise entstehen Bilder, wie sie in Fig. 35 dargestellt wurden. Durch einen derartigen fortgesetzten Vacuolisationsprocess werden die Körnchen oft zu Stäbchen, Halbringen, Hohlkugeln,

Halbmonden, Sichelu etc. umgeformt, bis sie schliesslich ganz schwinden und verschleimen, vorerst aber noch einen Lösungsschaum bilden. Sobald die Körnchen schwanden, färbte sich der Inhalt des Wabenwerkes der LEYDIG'schen Zellen mit Neutralroth bloss rosa (Fig. 30).

Die beschriebenen Körnchen darf man wohl nicht ohne weiteres als bloss todte Abscheidungs- und Stoffwechselproducte der Zelle auffassen; sie bilden sich in der Gerüstwand oder in einem Gerüstwinkel der Zelle aus aggregirten Plasmaelementen, deren biotonischer rhythmischer Vorgang eine gewisse Einseitigkeit und Einfachheit erlangt hat; sie wachsen und degeneriren gleichsam unter Vacuolisationserscheinungen, denen sie oft wie das in Fig. 35 abgebildete Centalkorn auf eine einfache Art rechtzeitig noch „entrinnen“ können, um vielleicht noch weiter zu wachsen. Spielen hier zwar vielfach niedere physikalische Gesetze eine Rolle, so kann man bei vorurtheilsloser Betrachtung und Erwägung aller dieser Prozesse doch das Eingeständniss machen, dass neben diesen wohl die complicirteren chemisch-physikalischen Gesetze, die die eigenartige höhere Erscheinungsmannigfaltigkeit des Organischen charakterisiren, ihre Hand noch im Spiele haben. — Die LEYDIG'schen Zellen scheiden zuweilen dann diese „Flüssigkeiten“ nach aussen ab, so dass ihre Peripherie infolge der äusseren Flüssigkeitstropfen nach innen vorgewölbt und eingebuchtet erscheint. Diese Flüssigkeit circulirt mit anderen lymphoiden Flüssigkeiten am Wege der Diffusion oder Imbibition langsam successive in den intercellulären Bahnen, die im normalen Zustande auch nicht als rein homogen sich darstellen, sondern centralwärts eine etwas anders lichtbrechende Partie führen und der Wanderung von Leukocyten, Wander- und Pigmentzellen, sowie der Abscheidung gewisser Umsetzungs- und Degenerationsproducte bei der Regeneration, von denen noch später die Rede sein wird, auch kein Hinderniss entgegenzusetzen. Im regenerirenden Gewebe beobachtete ich übrigens in vivo das Auftreten von Lacunen und Bläschen in der Nähe der LEYDIG'schen Zellen, die sich successive veränderten (Fig. 5 u. 6).

Unter Druck und anderen Verhältnissen treten feinste Strömchen, die man unter dem Mikroskop manchmal beobachten kann, und die wohl schon PFITZNER in seiner bekannten Arbeit erwähnt aus den äusseren Intercellularen nach aussen hin aus. Die oben erwähnten Kittleisten bilden für sie kein besonderes Hinderniss, da sie ja doch nicht ganz homogen undurchlässig sind, sondern vielmehr nur dicht körnig erscheinen.

Die vielfach schon beschriebenen LANGERHANS'schen Netze dieser Schleimzellen dienen wohl nur zur Verfestigung dieser so vielen verschiedenen Spannungsverhältnissen unterworfenen Zellen; ihre Structur ist sehr dicht netzig, so dass sie manchmal gleichsam gekörnelt aussehen (Fig. 36); ein Hinweggehen dieses Gitterwerkes über mehrere Zellen, wie es PAULICKI beschreibt, konnte nicht constatirt werden. — Was schliesslich die Function der LEYDIG'schen Zellen anbelangt, so möchte ich vermuthen, dass sie eine secretartige Flüssigkeit, die durch die Intercellularen nach aussen abgeschieden wird, liefern, welche die Haut gegen mikrobenartige und sonstige Insulte schützen, andererseits eine gewisse Geschmeidigkeit ihr verleihen soll; in diesem Sinne ist es wichtig, dass die Tinction der Granulationen mit Neutralroth in vivo etwas variirt, ja dass diese Granulationen zuweilen spurlos schwinden oder wiederum mit dem besagten Farbstoff sich gar nicht recht färberisch nachweisen lassen.

Degeneration und Nekrobiose der Epithelzellen. Thiere, die längere Zeit hungerten und überdies fast 3 Wochen in einer Neutralrothlösung gehalten wurden, führten oft 2 Kerne in ihren kleinen Epidermiszellen; die Membran der Kerne war zu meist stark lichtbrechend, welches optische Verhalten auch die Nucleolen, die rund, oval oder ganz abenteuerlich gestaltet waren, an den Tag legten; sie besaßen in ihrem Inneren meistens verschieden geformte Lücken oder Systeme von solchen. Gegen diese Kerne war das Plasma von Alveolarräumen durchsetzt, die ihm gegen den Kern zu ein fast strahliges Aussehen verliehen; hierauf folgte erst eine Schichte von mannigfachen Körnchen, die zuletzt in die gewöhnliche, netzwabige Plasmastructur übergingen (Fig. 21). Die LEYDIG'schen Zellen tingirten sich auf diesen Stadien mit Neutralroth nicht mehr. — An abgeschnittenen Schwanzstücken werden bald die Zellen der obersten Zellenlagen gleichsam durch einen inneren Druck nach aussenhin vorgewölbt, so dass das ganze Epithel das idyllische Bild eines „Katzenbuckelpflasters“ unwillkürlich in der Erinnerung des Beobachters wachruft.

In mehr poetischer Weise nannte W. ROUX diese Erscheinung, da die Hautoberfläche eine gewisse Aehnlichkeit mit einer Himbeere erhält, bei den Embryonen die *Framboisia embryonalis finalis*; auch junge embryonale Epithelzellen verhalten sich nach den Angaben von ROUX bei Einwirkung von concentrirten Chemikalien (Kochsalzlösung, Glycerin, Borsäure, Wasserglas) derart und er spricht bezüglich der 3 Keimblätter von einer *Framboisia externa*,

interna und intermedia. Der Cuticularsaum wird sodann undeutlich und aus den wabigen Zwischenräumen treten zuweilen bruchsackartig nach aussen hyaline, homogen aussehende Protoplasmatropfen. Das Zellplasma sieht anfangs zart körnig aus, dann wird es successive gerüstwabig, worauf später in den plasmatischen Wänden feinste, nicht scharf abgegrenzte Granulationen auftauchen. Inzwischen bildeten sich in den zunächst homogen aussehenden Intercellularen Vacuolen aus, die mit einer flüssigen, röthlich schimmernden Flüssigkeit erfüllt waren und durch brückenartige Lamellen, die beim Triton besonders dicht erscheinen und zuweilen eine Art von Körnelung in sich bergen, von einander getrennt wurden. Auch die innere Contour des Zellkernes wurde vor allem schärfer, wogegen die äussere erst später sich deutlicher abhob, sodann wurden die Nucleolen auch besser wahrnehmbar. Der Kern ist eben weniger empfindlich als das Plasma, wie man auch aus anderen Experimenten mit Recht schliessen darf. In den absterbenden LEYDIG'schen Zellen treten gleichfalls grössere Alveolen auf. Die Leukocyten sterben nicht immer in der bekannten Kugelform wie die Amöben ab, sondern es treten auch peripher „Vacuolen“ auf, worauf die pseudopodienartigen Fortsätze körnig zerfallen. — In Methylenblaulösungen nahm das Plasma beim Absterben einen bläulichen Hauch an, im Kern färben sich alsdann die Nucleolen dunkelblau, später erscheinen die abgestorbenen Kerne blauröthlich, die Nucleolen dunkel, das Plasma aber blau; es findet hier successive eine Farbänderung statt. Die Cilien schlugen an den Zellen des abgeschnittenen Schwanzes oft noch eine Stunde lang.

Vorgänge in der regenerirenden Epidermis. Der Schnitt der Scheere oder des Messers schafft eine Art von Auslösungsfläche eines entwicklungsmechanischen Reizes; der physiologische Gleichgewichtszustand der Zellen, der in einem jeden Moment des Lebens besteht, wenn er sich auch successive fortwährend infinitesimal ändert, wurde mit einem Schlage gewaltig geändert und das Wechselverhältniss des Kernes zum Plasma, dieses zur Aussenwelt und zu den nächsten und weiteren Zellen, ferner wiederum die noch nicht näher definirbaren Beziehungen der Kerne untereinander erhielten einen ganz anderen, neuen Charakter; Stoffe und Verbindungen dieser, die früher in einer fortwährenden stoffwechselartigen Circulation begriffen waren, kamen infolge des Schnittes zu keiner weiteren Verwendung, die „Strömungen“ wurden gleichsam durchschnitten und jene Stoffe häuften sich zeitweilig in den nächst betroffenen Zellen an; die Kerne, die früher in den Stoff-

wechselzustand der Zellen in besonderer Weise eingreifen mussten, wurden etwas von dieser schwierigen Aufgabe, die nun geändert wurde, abgelenkt, wogegen ihnen vom Körper aus fortwährend neue Stoffe zugeführt wurden; die Zellen, deren actuelle Differenzirung eben weiter ging als die potentielle, wuchsen und nahmen infolge jener Aenderungen einen embryonalen Charakter an. Diejenigen Zellen, die unter normalen Umständen ihren derart entwickelten, einseitigen Fähigkeiten entsprechen mussten, reagiren nun nothwendigerweise unter den geänderten äusseren Bedingungen anders. Vor allem scheinen zunächst die Kerne, die hier unregelmässig gestaltet sind und so die Feststellung des Vorganges erschweren, zu wachsen; sie vergrössern sich oft recht auffallend; dasselbe konnte ich an regenerirenden Algen wie an der *Ulva lactuca* beobachten, wo der Kern sogar gegen die blossgelegte Seite der Zellplatte constant hinwanderte und dort sich anlegte. Auch L. LOEB beobachtete eine Zunahme der Grösse der Zellkerne und ZACHARIAS fand beim Zellwachsthum eine Zunahme der Kernmasse, die mit einer Massenzunahme der Nucleolen verbunden war. Die Folge dieser Vorgänge ist eine lebhaftere Theilungsthätigkeit, die so lange andauert, bis sich die alten physiologischen Gleichgewichtszustände wiederum etablirt haben. Die Zellen scheinen anfänglich eine gewisse grössere Selbständigkeit zu haben; sie vermehren sich so lebhaft, dass sie über das „geforderte“ Mass hinaus an Zahl zunehmen und sodann vielfach wiederum zugrunde gehen. Zunächst wird aber von den benachbarten Zellen aus der Defect geschlossen; dies könnte entweder durch eine lebhaftere Vermehrung der Zellen oder durch ihre Wanderung geschehen. Anfangs tritt das letztere einzig und allein ein und erst später findet eine Zellvermehrung statt. Nach BARFURTH'S grundlegenden Untersuchungen collabiren zunächst die in der Nähe der Wunde gelegenen Gewebetheile und der Defect wird durch eine Verschiebung der Epidermiszellen geschlossen. „Es scheint aber, dass der „stetige einseitige Druck“ die Zellen bald „zu einer Art activer Umordnung“ veranlasst“ (BARFURTH). Auch L. LOEB ist der Ansicht, dass die Deckung der klaffenden Wunde durch eine active Wanderung der Epithelzellen hervorgebracht wird. Bei einer 4.9 mm langen Salamanderlarve bewegte sich, eigenen Untersuchungen zufolge, das Epithel bei 17° C. in 6 Minuten durchschnittlich 0.016 mm weit. Die Zellen werden flacher, kuchenförmig, die Grenzschichten zwischen ihnen vergrössern sich, so dass infolge der eintretenden Lücken die lymphoiden Flüssigkeiten leichter zu den Zellen gelangen können und ihr Wachsthum fördern. Die cuticularen Alveolar-

säume schwinden theilweise und die polare Differenzirung erfährt durch dieses seitliche Vorrücken gewissermassen eine Degradation. Diese Erscheinung könnte man mit dem von ROUX vorgeschlagenen Terminus: Cytolisthesis (Zellengleiten) bezeichnen. In seiner interessanten Arbeit über die Parenchymhaut bezeichnete E. KROMAYER die Epithelzellen als epitheliophil, indem sie durch Cytotropie stets geschlossene Verbände zu bilden bestrebt sind, andererseits sind sie aber desmophil, indem das in der Wunde freiliegende Bindegewebe eine Art Anziehung auf die Epithelien ausübt. Kaltes Leitungswasser fördert diese Verheilung und die Anfangsstadien der Regeneration überhaupt; es scheint aber nicht so sehr die Temperatur als der grössere Sauerstoffreichthum dieses das fördernde Moment zu sein, da doch bei diesen Vorgängen synthetische Processe mit lebhaften Oxydationen verbunden sich abspielen. —

Durch die Störung der normalen Verhältnisse zwischen Abgabe und Aufnahme der Stoffe vergrösserten sich zunächst, wie schon erwähnt wurde, die Kerne, veranlassten aber sodann entweder dadurch, dass sie an das Plasma gewisse spezifische Bildungstoffe abgaben oder das Wachstum nur indirect anregten und eine Flüssigkeitsaufnahme des Plasmas förderten, eine lebhafte Theilungsthätigkeit des Epithels, von der die ersten Spuren oft schon nach 24 Stunden sich bemerkbar machten, die aber schliesslich so weit ging, dass der physiologisch-dynamische Gleichgewichtszustand, der für jeden Organismus bestimmt ist und durch den die Zellen bezüglich ihrer Masse und Zahl fixirt erscheinen, indem sich bestimmte cubische und quadratische Verhältnisse zwischen Aufnahmeflächen und Massen herausstellen, weit überschritten wurde. Eine Folge davon ist, dass zunächst gewisse Zellen oder Gruppen dieser im Epithel zugrunde gehen und dann als eine Art vom Fremdkörper durch die epitheliophilen Seitenkräfte nach gewissen noch näher zu schildernden Veränderungen nach aussen abgestossen werden, andererseits aber gerade am Ende des Schwanzes, wo eine grössere Freiheit den einzelnen Constituenden des Gewebes eigen zu sein scheint, zur allerhand Wucherung und Entstehung von vorübergehenden oder als dauernd sich herausstellenden Neu-Achsen den Anlass geben (Fig. 55, 56). Bei der Axolotllarve Fig. 55 gaben einzelne Zellen des Schwanzrandes ihre polare Differenzirung auf (im Sinne des Cuticularsaumes und des darunterliegenden dichteren Plasmas einerseits und der unfreien Fläche andererseits) und einer Art von Tropismus folgend, legten sie sich an die Nachbarzellen an, worauf durch eine weitere in dieser Richtung vor sich gehende Wucherung

eine wulstige Verdickung des Schwanzendes erzielt wurde. Bei dem Salamander (Fig. 56) entstand seitlich durch die lebhaftes Epithelvermehrung eine Art neuer Achse und bei anderen Thieren verschmolz wiederum basalwärts infolge der Epitheliophilie das Epithel zu einem Wall.

Zugrundegehen der Zellen im regenerirenden Gewebe. Einzelne Zellen gehen, wie schon erwähnt, im regenerirenden Epithel zugrunde, sei es, dass sie infolge von noch nicht aufgeklärten Verhältnissen in den Gewebeverband nicht passen, sei es, dass sich an ihnen der Theilungsvorgang in einer extrem atypischen Weise abgespielt hat. Manchmal gehen sie auf einem karyokinetischen Stadium zugrunde (Fig. 45 links). Das Plasma erscheint zunächst grob maschig alveolar und ist mit zahlreichen Granulationen durchsetzt, im Kern heben sich die Nucleolen als stark lichtbrechende Körper ab; manchmal erscheint der Kern selbst homogen glänzend und vielfach geknittert.

Auf den Präparaten treten zunächst in den Zellen und in den einzelnen Grenzschichten (Fig. 45 *ch*) zahlreiche, lebhaft sich färbende, zähflüssige Granulationen auf, die oft zu eigenen hirschgeweihartigen Gebilden zusammenfliessen; ich möchte sie zu der Chromatinderogeneration in Beziehung setzen. Der Kern büsst rasch seine Structur ein und wird entweder zu einer dunklen, stark sich färbenden Chromatinansammlung umgebildet (50 *a*), oder es treten in ihm Lücken auf, in denen sich anfangs mit VAN GIESON'schem Farbgemisch nicht färbende Kugeln aus geronnenen achromatischen Substanzen, in denen zuweilen der Nucleolus noch als ein dunkles Körperchen nachweisbar ist, ausbilden. Diesen letzteren Typus der Zell-, beziehungsweise der Kerndegeneration werden wir noch später einer genaueren Betrachtung unterziehen. Ausserdem entstehen im nun körnigen, stark deformirt aussehenden Plasma mehrere verschieden gross gestaltete, mässig sich färbende Kugeln von plasmatischen degenerativen Stoffwechselproducten (50 *a* u. *b*). Von nun an geht eine lebhaftes Pigmentbildung in dem degenerirenden Zellgebiete vor sich, so dass manchmal der Kern selbst verdeckt wird und man nur einen dunklen Pigmentkörper zur Ansicht bekommt. Oft suchen die umgebenden Zellen diesen degenerirenden Zellkörper zu entfernen oder zu verdauen, gehen aber selbst zugrunde (Fig. 44 *K*); indem aber der Verband mit solchen absterbenden Zellen gelockert wird, bilden sich um diese besondere Vacuolen aus, in denen schliesslich eine Art von Protoplasmamagma mit zahlreichen verschieden degenerirenden Kernen ruht (Fig. 50 *a* u. *b*); zuletzt färbt sich von der Peripherie angefangen auch der Plasmarest, so dass

man bei der eintretenden Pigmentbildung die einzelnen Elemente nicht mehr unterscheiden kann. Im Epithel gehen aber auch einzelne Wanderzellen zugrunde, so dass es schwer ist, die letzteren von den Epithelzellen, zumal diese aus dem Zellenverbände schon ausgetreten sind, und in einer Art von Vacuole ruhen, streng zu unterscheiden. Die verflüssigten Substanzen aus dem Plasma und dem Kerne werden wohl von den umgebenden Epithelzellen direct aufgenommen, worauf der restliche Krümelkörper, von seiner Umgebung gedrängt und geschoben, nach aussen hin abgestossen wird (Fig. 49 oben).

Der hier geschilderte Modus der Zelldegeneration wird nicht immer in dieser typischen Weise streng eingehalten, man findet vielmehr die mannigfachsten Abweichungen, die ja aus dem jeweiligen Zustand der Zellen, — ob sie nämlich vor der Theilung standen oder kurz vorher aus einer derartigen hervorgingen oder wiederum lange Zeit einem solchen Prozesse nicht unterworfen waren — bis zu einem gewissen Grade erklärlich ist. Immer scheint aber der Vorgang durch eine Vacuolisation des Zellenplasmas eingeleitet zu sein, die auf eine Dissociation der chemischen Constituenden zurückzuführen ist. Der Kern leistet auch hier längere Zeit einen Widerstand, ja er kann sogar noch Theilungsvorgängen unterliegen (Fig. 45). Zuletzt werden die meisten Bestandtheile des Zelleibes aufgelöst und es bleiben in einer Flüssigkeit dichte plasmatische Granulationen, die aus dem Plasmagerüst hervorgingen und sich tingiren, übrig. Die Zelldegenerationen gehen auch auf verschiedenen Stellen und zu verschiedenen Zeiten verschieden vor sich; vor allem findet man sie zu Beginn der eigentlichen Regeneration, da besonders die der Cytolisthesis unterworfenen Zellen wahrscheinlich zugrunde gehen. Diese Degenerationen findet man anfänglich hauptsächlich in den Ecken des Schwanzflossensaumes vor und hier treten zuerst auch die schon oben erwähnten, mit Hämatoxylin dunkel sich färbenden Körnchen auf, die vermuthlich mit der Chromatidegeneration im Zusammenhang stehen; um sie findet man oft einen ganzen Mantel von Degenerationspigment (108).

LEYDIG'sche Zellen. Diese findet man in den frühesten Perioden im Regenerationsepithel gar nicht; sie haben infolge ihrer Differenzirung die freie Beweglichkeit der Epithelzellen eingebüsst und werden höchstens von den langsam lavaartig sich vorwärtzenden Zellen passiv verschoben. Die von ihnen abgeschiedene Flüssigkeit findet man oft sodann in Tropfenform in ihrer Nähe und diese wandern nicht selten in den veränderten, erweiterten Intercellularen unter fortwährenden Veränderungen (Fig. 6 a, b, c, d). In ganz jungen

Larven differenzieren sich an der Regenerationsstelle bald in grosser Zahl aus kleinen jungen Epithelzellen neue LEYDIG'sche Zellen; die Zellen sind fast isodiametrisch oder eiförmig, ihr Plasma ist mehr wabig reticulär und hier tauchen mit Neutralroth sich anfangs röthlich färbende Granulationen auf, später nehmen sie den mehr rothgelblichen charakteristischen Farbenton der LEYDIG'schen Zellen an, oft findet man beide Granulationen auch nebeneinander. Auf späteren Stadien der Regeneration treten in den LEYDIG'schen Zellen zahlreiche karyokinetische Figuren auf; die Spindelachse ist an den Stellen, wo das Epithel nur zweischichtig ist, mit der Körperachse meistens parallel, in den mehrschichtigen Zellstraten stehen die Achsen der Spindeln zu ihr senkrecht. Manchmal führen diese Theilungen des Kernes nicht mehr zu definitiven Zelleibtheilungen, so dass man häufig auf zweikernige LEYDIG'sche Zellen stösst; nicht selten stellen sich auch abnorme Theilungen ein (Fig. 62).

Regeneration in Neutralrothlösungen. Beim Triton führt das Plasma der Epithelzellen nach ca. 23 Stunden auf der oberen Seite eine dichte Lage von carminrothen Granulationen, denen sich später auch solche von zinnoberrothem Farbenton hinzugesellen. Auch die Epithelzellen der Axolotllarven haben in einer eigenartigen polarperipheren Anordnung chromaffine Körnchen, die sich besonders an den Enden der jedesmaligen längsten Zellachse ansammeln. Die Körnelung häuft sich meistens derart an, dass die Regenerationswarze dunkelroth erscheint, welche Färbung gegen das Kopfende zu in einen mehr gelblichrothen Farbenton übergeht. (Ein Verhältniss, das für biochemische Schlussfolgerungen vielleicht wichtig ist.) Auch in den Epithelzellen der Salamanderlarve kann man dieselbe Körnelung beobachten, die in den tiefergelegenen Zellen nur mehr peripher vorkommt; vielfach lassen sich neben den runden carminrothen Körnchen noch flitterartige, platte, rosaroth Granulationen feststellen; bei schwächeren Färbungen nehmen vornehmlich die Zellen um die LEYDIG'schen Zellen den Farbstoff zuerst electiv auf. Die Tinction der Körnelung erhält sich ziemlich lange, so konnte selbst noch nach 14 Tagen, da die Thiere schon im reinen Wasser gehalten wurden, an der Regenerationsstelle in der Chordagegend und in den Flossenecken eine Röthung der Zellen constatirt werden (Fig. 34). Auch die Bindegewebszellen (Fig. 40) führen rothe Körnchen. Sehr intensiv sind die Färbungen der verschiedenen Wanderzellen, die man im und in der Nähe des Epithels mit Leichtigkeit wahrnehmen kann, sowie die Tinctionen der innerhalb der Epithelien zugrundegehenden Zellen; die Wanderzellen des Triton

besitzen anfänglich die tinctiven Elemente hauptsächlich in dem der Wundstelle abgekehrten Theile, ein Phänomen, das vermuthlich zu ihrer activen Bewegung in einer Beziehung steht. In dem Epithel des Axolotls sind zahlreiche derartige Zellen zerstreut, doch lässt es sich nicht feststellen, ob sie schon degeneriren oder noch im Vollbesitze ihrer Vitalität sich befinden; anfangs bemerkt man in ihnen grössere runde, tropfenartige Körnchen, die zuweilen centralwärts ein dunkleres Granulum haben; später tauchen in ihnen grössere blassrothe bis rothe Tropfen auf und schliesslich ist die ganze wohl stark degenerirte Zelle von dunkelrothen Ballen und Tropfen, zwischen die Pigment eingelagert ist, erfüllt. In den LEYDIG'schen Zellen tingiren sich meist nach 24 Stunden die schon oft erwähnten Einschlüsse rothgelblich bis zinnberroth. Die Vitalfärbung der tieferen Partien des Körpers entzieht sich einer sicheren Beurtheilung, doch scheint sich auch der Chordastab auf späteren Stadien etwas zu färben, wie auch zwischen den einzelnen Muskelfaserbündeln Reihen von röthlichen Körnchen auftreten, die dann zu besonderen Kerngebilden zusammensintern und lange das Neutralroth festhalten. An der Wundstelle findet man auch zahlreiche Phagocyten, die die absterbenden Zelltheilen aufnehmen und überhaupt für die Reinerhaltung der sich schliessenden Wunde sorgen. Beim Triton sind sie klein und senden nur wenige zarte Pseudopodien aus (Fig. 31); beim Axolotl haben sie schwächliche, knorrig gestaltete Pseudopodien, die sich langsam bewegen (Fig. 13); mitunter sind sie einer Amöbe *radiosa* nicht unähnlich (Fig. 17). Aber auch die ganz jungen Epithelzellen können zuweilen bis zu einem gewissen Grade wiederum amöboid werden und so unter Einbusse des Cuticularsaumes auf ein primitives Stadium zurückkehren (Fig. 16).

**Pigment.** Die Pigmentfrage war in der letzten Zeit vielfach Gegenstand eingehender Untersuchungen, ohne dass diese zu einer Uebereinstimmung in der Auffassung dieser Granulationen geführt hätten. Ohne auf die weitläufige Literatur, die übrigens in den diesbezüglichen Arbeiten fast jedesmal erschöpfend besprochen wurde, einzugehen, sollen hier nur die von mir gemachten Beobachtungen referirt und die Ergebnisse auseinander gesetzt werden. Das Pigment entsteht auf eine mehrfache Art und Weise und es mag die Aufgabe künftiger Forschung sein festzustellen, inwiefern auch das Pigment, das sich genetisch verschieden verhält, chemisch auch eine andere Constitution besitzt. Nach ROSENSTADT verhält sich das Pigment in der Epidermis, in den Haaren, das vom Frosch sowie vom Naevus und Melanosarkom anders als dasjenige Pigment, welches ein Derivat des Blutfarbstoffes ist.

1. Pigment der Epidermis. Wie schon von mehreren Seiten angegeben wurde, wird das Pigment in den Epidermiszellen selbst gebildet (REINKE, FISCHEL, ROSENSTADT, KAPOSÍ etc.). Unter dem Cuticularaum, vornehmlich in der dichteren Protoplasmalage, lassen sich mit Neutralroth in den Hohlräumen der Netzwaben röthlich sich färbende etwas unregelmässig gestaltete, nicht scharf abgegrenzte Körperchen nachweisen, die ziemlich lange den Farbstoff (selbst nach 14 Tagen noch leicht wahrnehmbar) festhalten. Durch einzelne plasmatische Verschiebungen und seitlichen Druck formen sie sich zuweilen zu Stäbchen um, ja wachsen unter Umständen mit anderen sich verbindend zu verhältnissmässig grossen Krümelchen an. In ihnen oder an ihrer Peripherie entstehen nun in den Epidermiszellen die Pigmentkörnchen, die anfangs klein, aber schon schwärzlich, wenn auch nicht so tief dunkel wie später sind; das Pigment entsteht also durch eine Art von „Stoffwechsel“ des zum Theil apoplasmatischen Pigmentbildners, färbt sich aber anfänglich selbst mit Neutralroth, so dass das Pigment bei einer gewissen Tubuseinstellung schwarzröthlich aussieht. Die Pigmentkörnchen entstehen entweder einzeln in dem Pigmentbildner oder springen über dessen Peripherie etwas vor oder treten wiederum in einer so dichten peripheren Anordnung auf, dass der Pigmentbildner verschwindet. Zuweilen verschmelzen mehrere und bilden ein Pigmentaggregat. Das fertige Pigment ist bei hoher Einstellung grünlich, lichtbrechend und führt zumeist eine centrale dunklere Stelle, die vielleicht auch REINKE schon beobachtet hat; in einzelnen Fällen ist diese sogar durch eine Lücke vertreten, die röthlich erscheint, doch muss es unentschieden bleiben, ob diese Erscheinung eine Folge der Tinction oder ein optisches Phänomen (etwa wie die röthlichen Poren der Pflanzenzellen) ist. Wird durch die reichliche Ausbildung der Pigmentkörnchen die Muttersubstanz des Pigmentbildners ganz resorbirt, so entstehen Pigmentanhäufungen, die in dem alten, wohl erweiterten Alveolarraum ruhen. Die fertigen Pigmentkörnchen werden oft einzeln in das Septenwerk des Cuticularsaumes hineingezogen, so dass es den Anschein gewinnt, als ob sie dort zuweilen ausgestossen würden. Bei älteren Larven, die schon nicht mehr die ganze Schwanzflosse regeneriren, tritt besonders dorsalwärts, in dem restlichen Theile dieser eine starke Pigmentanhäufung auf, so dass manchmal ganze Zellen vollkommen vom Pigment, das streifig angeordnet ist, erfüllt sind.

2. Entstehung des Pigmentes bei der Degeneration der Epidermis und Wanderzellen. Be-

trachteten wir bis jetzt die Pigmentkörnchen als Umsetzungsproducte des Zellebens und als eine Art von stoffwechselartigen Abkömmlingen der Eiweisskörper, so tritt hier die Pigmentation als eine Begleiterscheinung der Degeneration und Zersetzung fast in allen Zellen der unterschiedlichen Gewebe auf; so beobachtete sie schon NOETZEL in degenerirenden Chordabruchstücken, LOOS im Rückenmark und LOOS und BATAILLON beim Zerfall der Bindegewebszellen etc. In erster Linie scheinen die mit der Chromatindegeneration in einem gewissen Zusammenhang stehenden dunklen Körnchen im degenerirenden Plasma auch zur Pigmentbildung in Beziehungen zu stehen, wenigstens bemerkt man, dass um diese ganze Kränze von Pigmentkörnchen angeordnet sind; aber auch um die grösseren Plasmakugeln tauchen sie in gleicher Weise wie an der Peripherie des Zellkörpers auf. Bei höherer Einstellung erscheinen sie mehr grünlichgelb, sind grösser und mehr unregelmässig gestaltet.

3. Im Epithel findet man ausserdem Pigmentzellen, die zwischen den einzelnen Zellen in den Intercellularlücken durch ihre Fortsätze ein zierliches Netzwerk bilden; nicht immer sind diese Fortsätze mit Pigment erfüllt, sondern es lassen sich nur stellenweise in ihnen die dunklen Körnchen nachweisen; zuweilen strahlen von der contrahirten Pigmentzelle einzelne blasse verkürzte Fortsätze aus, daneben kommen aber auch häufig ganz contrahierte rundliche Pigmentzellen ohne Fortsätze vor. Solange die Cutis noch jung ist, wandern durch diese oft Pigmentzellen, d. h. pigmentproducirende Wanderzellen in das noch regenerirende Epithel hinein; eine derartige Pigmentzelleneinwanderung wurde in Fig. 54 abgebildet. Interessant war das Verhalten des Kernes, er war oblong, auf der freien Seite keulig angeschwollen und besass ein eigenartiges streifiges Aussehen, das auch vielfach Wanderzellen (Fig. 53) zukam; es gewinnt den Anschein, als ob diese Structur nicht einzig und allein die Folge einer passiven Verschiebung oder eines derartigen Seitendruckes wäre, sondern dass auch dem Kern eine gewisse Beweglichkeit und Activität zukommt; diese scheinen Zellkerne der verletzten Algen (*Ulva* etc.), die sich an die Wundstelle begeben, sicherlich zu besitzen, auch HANSTEIN nahm sie für gewisse pflanzliche Objecte an. — In der Nähe der Regenerationsstelle treten oft aber auch unregelmässig gestaltete Wanderzellen, die das Pigment mehr diffus vertheilt besitzen, durch die alte Cutis, diese in eigenthümlicher Weise vorwölbend, in die Epithelzellen hinein (Fig. 43). Auch sonst findet man vielfach pigmentführende Wanderzellen in der Epidermis.

4. Unter der Cutis, zuweilen in diese theilweise eindringend, bilden die Pigmentzellen dieser ein dichtes Netzwerk, dazwischen kommen aber auch manchmal Zellen mit einer hellen gelblichen Körnelung vor. Die Pigmentkörnchen sind hier gröber, grösser und formiren oft besondere Pigmentaggregate (Fig. 40). Diese Pigmentzellen scheinen bezüglich der Cutis gewissermassen stereo- oder chemotropisch sich zu verhalten.

5. Bemerkenswerth ist ferner die nicht seltene Pigmentanhäufung in gewöhnlichen Bindegewebszellen, die zu meist ganz local vorkommt und ein Product der Zellthätigkeit derselben ist; die Körnchen scheinen in einer erweiterten Netzwerke zu ruhen; ausserdem kommen auch in leukocytoiden Zellen, die in der Nähe der degenerirenden Chordaresten auftreten, feine Pigmentgranulationen vor, die genetisch an besondere färbare Flitterchen und Plättchen gebunden zu sein scheinen, welche den neutrophilen Pigmentbildnern der Epithelzellen analog sind (Fig. 91 u. 93). —

Nachdem sich im Epithel schon eine Art von Gleichgewichtszustand ausgebildet hat, entsteht an der Basis der Epidermis ziemlich frühzeitig die mit VAN GIESON'S Farbungemisch roth sich färbende, gegen die Zellen nicht ganz scharf abgegrenzte „Basallamelle“ (Fig. 61).

Als besondere plasmatische Zersetzungsproducte kamen in den basalen Zellen vielfach fibrilläre, mit VAN GIESON'S Gemisch gelblich sich tingirende Körper in der Nähe der Kerne zum Vorschein, die eine verschiedenartige Gestalt besaßen, sonst aber zum grössten Theil den Kern schalenartig umgaben, ohne ihn von dem äusseren Plasmateritorium ganz abzuschliessen; sie scheinen durch eine hornartige Umbildung der plasmatischen Fibrillenelemente zustande zu kommen. Das durch sie abgeschlossene nicht sehr reichhaltige Plasma ist licht und weitmaschig. Der Kern kann normaler Weise in dieser Umhüllung seiner Theilungsthätigkeit nachgehen (Fig. 49). Später färben sie sich viel dunkler, werden compacter, treten mehr gegen die Basalfläche und werden schliesslich oft nach innen zu abgestossen (Fig. 49 u. 58). Es ist eine gewisse Wahrscheinlichkeit vorhanden, dass sie mit den EBERTH'schen und LOOS'schen Körpern identisch sind und dass ihr Auftreten mit der Degeneration und dem Fehlen der Cutis sowie dem Abgehen einer Art von innerer Secretion von Seite dieser in einem gewissen Zusammenhange steht. —

Spätere Larven, die schon vor der Verwandlung stehen, regeneriren nicht mehr die ganze Schwanzflosse, die auf der dorsalen Seite einfach auf dem Stadium vor der Verwundung

stehen bleibt, nur dass der Rand verdickt, angeschwollen und hyalin erscheint, wogegen der untere Rand der Schwanzflosse, wo auch die Regeneration sonst kräftiger einsetzt, noch zum Theil regenerirt wird; es ist nicht unwahrscheinlich, dass dieses Verhalten zu der Function in einer innigen Beziehung steht und dass functionell noch thätige Organtheile längere Zeit und stärker regeneriren; es wäre vom hohen Interesse, in Bezug auf diesen Punkt hin sich verwandelnde normale Larven, die mir leider nicht zur Verfügung standen, zu untersuchen. Die Larven, die im Wasser eine Art von Auftrieb erleiden, ruhen oder sitzen niemals dem Boden ganz auf, sondern schweben vielmehr über diesem; vor der Verwandlung, da die Lungenathmung schon in der Vorbereitung steht und die Gleichgewichtsverhältnisse vortheilhaft geändert sind, halten die Thiere ihren Kopf nahe der Oberfläche und schnappen zeitweilig nach Luft. Durch die Schlagbewegungen des asymmetrisch nach unten ausgebildeten Schwanzes wird eine nach unten wirkende Componente frei, der Schwanz wird noch mehr gesenkt und der Vordertheil des Körpers gehoben, so dass nur der Verticaldruck auf den breiten Kopf und auf die Seitentheile einem zu weiten Hinausgehen über die obere Wassergrenze entgegenarbeitet. Die untere Flosse war oft höchst excessiv ausgebildet, so dass der Schwanz gewissen Fischschwänzen nicht unähnlich war (Fig. 59, 60); dann war aber auch die Spitze des Salamanderschwanzes mässig nach oben gewendet.

Wir ersehen hieraus, dass der Schwanz der urodelen Amphibien, der gewissermassen dem primitiven homocerken Schwanz entspricht, gelegentlich eine asymmetrische Ausbildung erlangt und den hydrostatischen Auftrieb, den die Thiere erleiden, noch vortheilhaft zur Zeit ihrer Umwandlung unterstützt, doch sind für weitere diesbezügliche Schlüsse und Annahmen die Untersuchungen an normalen sich verwandelnden Larven unbedingt nothwendig, so dass das hier Gesagte nur den Charakter vorläufiger Annahmen beanspruchen darf.

*Cutis.* Wie schon FRAISSE und BARFURTH bemerkt haben, wird diese mit der Epidermis nicht gleichzeitig, sondern nach einander, und zwar verhältnissmässig spät regenerirt. Die alte Cutis scheint sich vielfach sogar von der Wundstelle zurückzuziehen. Die Anlage der neuen geht von der Schnittstelle der alten sehr dicken Cutislage aus und verläuft längs der schon erwähnten Basalmembran, gegen die ausserdem fast senkrecht zahlreiche Bindegewebsfasern ausstrahlen, an diese sich dicht anzulehnen scheinen und successive

eine mit VAN GIESON'S Farbungemisch sich rothfärbende Verdichtungsschichte der Cutis bilden, längst der sich auch die noch vermehrenden Pigmentzellen von neuem in der alten Weise anordnen. Die alte Cutis ist infolge der Entfernung der alten Spannungsverhältnisse stark gewellt, wie ihr überhaupt ein mässig welliges Aussehen zukommt, das insofern vom Vortheil ist, als beim Druck oder Zug diese Wellen ausgeglichen und die äusseren Insulte in ihrer mechanischen Wirkungsart gemildert werden. — Die Zellkerne des Bindegewebes findet man vornehmlich in der Längsachse des Schwanzes gehäuft, sodann kommt aber auch eine Kernlage in der Region der zu regenerirenden Cutis vor, wo alsbald ein dichtes Filzwerk von Fibrillen ausgeschieden wird. — Aber auch die alte Cutis wird streckenweise von der Wundstelle aus durch eine neue ersetzt, während die alte einer Degeneration anheimfällt. Später bilden sich an älteren Larven die Cutisdrüsen aus, deren zellige Bestandtheile aus Epithelzellen herausdifferenzirt werden; die beiden Cutislagen spalten sich und treten auseinander, worauf durch eine Oeffnung der oberen Lage Zellen in den Spalt-raum einwandern; auch die Cutispigmentzellen betheiligen sich gewissermassen an diesem Zerspaltungsprocesse und folgen eine Strecke weit den „Cutislamellen“, zwischen denen jetzt die zwischen ihnen vertical verlaufenden Fibrillenzüge als eine Art von senkrechten, meist doppelten, hinfälligen Tragfäden äusserst deutlich zum Vorschein gelangen. Später wachsen nach dem Einwandern der Zellen, die sodann gleichmässig netzartig werden, die oberen Cutisfaserstrata über die Lücke etwas vor, wobei einzelne Fasern sogar gegen die Intercellularen der Epithelzellen vordringen (Fig. 107).

Die Bindegewebszellen selbst besitzen eine netzige Structur; in den Maschen findet man nicht selten grössere, nicht ganz regelmässig umschriebene Granulationen; die Fasern, deren Genese zuerst FLEMMING richtig deutete, gehen aus dem Netzwerk des Hyaloplasmas hervor und scheinen hier schon in irgend welcher Weise präformirt zu sein, da sich dieses stellenweise mit VAN GIESON'S Gemisch etwas tingirt. Anfangs haben die zarten Fasern ein fein granulirtes Aussehen, doch möchte ich nicht annehmen, dass sie aus den eben beschriebenen gröberen Granulationen direct hervorgehen; sie dürften vielleicht nur einen Bildungsstoff für die Fasern liefern. Die Fasern verschmelzen gewissermassen bündelweise, um manchmal wiederum aufzusplittern, Die verschiedenen Fasern und ihr Austreten aus der Zelle, die

sie manchmal zu mehreren verbunden verlassen, zeigen die Fig. 105, 61, 93. Die Granulationen sind besonders deutlich in Fig. 105 dargestellt, doch auch hier erscheint es noch zweifelhaft, ob diese mit der Bildung von Fasern direct in Zusammenhang zu bringen sind.

Rückenmark. Bezüglich des Rückenmarkes ist zu den Angaben FRAISSE'S und BARFURTH'S nicht viel Neues hinzuzufügen. Von Interesse sind aber auch die degenerativen Vorgänge, die sich an einzelnen Zellen des regenerirten Rückenmarkes abspielen. In dieser Beziehung liegen auch schöne Analogien zu den Epithelzellen vor, wie ja auch hier die Zellen amöboid werden können und den Defect activ verdecken. Einzelne oder mehrere Zellen, die dann von ihrer Umgebung gleichsam abgekapselt werden, gehen in dem regenerirten Rückenmark in der Weise zugrunde, dass einerseits das Plasma alveolar und das hyaloplasmatische Gerüstwerk schön sichtbar wird, jedoch auf seiner Oberfläche bruchsackartige Tröpfchen und Kügelchen führt, die auf eine innere Dissociation hindeuten. In ähnlicher Weise bilden sich auch die Spindelfasern zurück, wie es noch später genauer erörtert werden soll. Im Plasma, das sich später in analoger Art wie das der Epithelzellen verdichtet, treten auch einzelne fettartige Tropfen auf. Das Chromatin des Kernes fliesst massig zusammen und bildet peripher einen gitterartigen, stark sich färbenden Massenbelag, der den bekannten japanischen Netzkugeln nicht unähnlich ist; im Inneren fliesst dann die achromatische Masse zu einzelnen gleichsam punktiert aussehenden Ballen zusammen, die später mehr tropfenartig werden und sich auch mässig färben (Fig. 51, 52). Analog ist die Kerndegeneration in gewissen Wanderzellen, die man häufig in der Nähe der regenerirenden Muskeln findet; auch hier sind die sich rückbildenden Chromatinmassen peripher gelagert, treten auch manchmal aus und bilden gleichsam degenerirende Nebenkerne; im Centrum nimmt man noch einzelne chromatische Granula wahr, während die achromatischen Massen zusammenfliessen und den sich minder färbenden Nucleolus dicht umgeben — es sieht dann so aus, als ob eine Zelle im alten Kerne noch vorhanden wäre (Fig. 97). Es findet aber noch eine etwas anders geartete Reduction der Zellen im Rückenmark statt, die besonders an Zellen, die dem Rückenmarkscanal anliegen, auftritt. In dem Plasma bilden sich nämlich einzelne Vacuolen und die äussere Plasmalage wird vorgewölbt, doch legt sie sich später wieder dem Kern dicht an; dieser letztere macht verschiedene Gestaltveränderungen durch, die fast das Aus-

sehen von activen Bewegungen haben. Sodann verdichtet sich der Kern sehr stark und nimmt begierig Farbstoffe auf; schliesslich geht er in dem Rückenmarkscanal selbst zugrunde.

Beitrag zur indirecten Theilung. Bevor wir zur Schilderung der regenerativen Vorgänge übergehen, die sich an der Chorda und den Muskeln abspielen, sollen noch einige Beobachtungen, die bezüglich der Karyokinese der Epithelzellen, sowie Chordazellen und Leukocyten angestellt wurden, hier in Kürze mitgetheilt werden. — Den Leukocyten kommt eine ziemlich dichte, äusserlich sich „netzartig“ darstellende Structur zu, in welchem Septenwerk aber noch feinste Fibrillenelemente und Granulationen vorkommen; diese kann man gelegentlich ganz gut wahrnehmen, ausserdem sind aber die paraplastischen Hohlräume oft so unregelmässig und ihre Wandungen so dicht und verschieden dick, dass man das oben ange-deutete Verhältniss erschliessen muss. Die Granulationen mögen sich wohl in den Knotenpunkten des Septenwerkes, dessen Lamellen bei besonderen Spannungen ganz eingehen und infolge der fibrillären Einlagerungen zu Fäden sich umbilden oder ausziehen, zuweilen theilen und, den Oberflächenspannungen der Septen folgend, wandern. In den regenerirenden Zellen von *Ectocarpus* nimmt das Plasma auch eine äusserst grobschaumige Structur an der terminalen Regenerationsstelle, an und hier kann man nun das Wandern der Granulationen längst der Septen und ihre Zertheilung bequem studiren; die Septa unterliegen hier auch minimalen fortwährenden Spannungen und Entspannungen, eine Erscheinung, die aus ihrer beständigen Vibration hervorgeht. — Vor der Theilung spielt das Centrosoma des Leukocyten, das sich eigentlich in allen Fällen als ein äusserst dichtes Aggregat von mehreren feinsten glänzenden Körnchen darstellte, die Rolle eines localen Centrirungspunktes, gegen den besondere osmotische und imbibitionsartige Vorgänge unter fortwährender Aenderung des Capillaritätscoefficienten sich abspielen; es vollzieht sich derart eine neue Anordnung, Umordnung, Vergrösserung der minimalen Räume, in denen sich nun sowohl infolge der capillaren Aenderung als auch infolge der theilweisen einseitigen Vergrösserung des Raumes, von dessen Gestalt das Zustandekommen gewisser chemischer Reactionen, wie *LIEBREICH* und *WENDT* bemerkten, abhängig ist, andere Prozesse vollziehen. Das Centrosoma wächst und gewinnt die nothwendige Grösse für die Einleitung neuer Vorgänge; bemerkenswerth war das Aussehen des Centrosomas der Chordazellen auf einem späteren Stadium, es stellte sich nämlich als ein dichtes Aggregat von feinsten Körnchen dar, die durch äusserst

zarte Fibrillen miteinander verbunden waren; von dieser Ansammlung gingen ziemlich gleichmässige helle Fäden aus, die stellenweise sich sogar noch zu verzweigen schienen und zumeist mit einer deutlichen granulären Verdickung in dem peripheren plasmatischen Gerüst der Zelle endigten. Die Spindeln waren auffallend gross und etwas infolge der Chordaalveolen geknickt. Analoge Veränderungen wie die centrosomalen Körnchen erleiden die Bestandtheile des mikrosomalen Stratum, das hofartig das Centrosom umgibt; sie wachsen nämlich, theilen sich, jedoch nicht gleichhälftig, sondern zerbröckeln gleichsam und hiedurch besorgen sie schon eine Zertheilung der von ihnen ausgehenden Strahlen, die gewissermassen auseinander gesponnen werden.

Die Theilung der Kernschleifen erfolgt in der Weise, dass in ihrer Mittellinie Reihen von Alveolen auftreten, die sich vergrössern, indem sie vermuthlich die Flüssigkeit aus grösseren Alveolarstrukturen, die die Kernschleife von aussen umgeben, aufnehmen (Fig. 75b). Von den Enden der Kernschleifen gehen aber auch auf die anderen Seiten Filarelemente aus (Fig. 94), die ja doch nur restirende Ausspinnungen der netzwabigen Structur sind; bei der Wanderung der Kernschleifen überwiegt dann die Kraft der centrirten Fasern. Zuweilen werden aber durch solche Fasern, die längs anderen oder längs des noch unversehrten Septenwerkes wandern, die Kernschleifen fortgezogen oder die Enden dieser eigens gebogen (Fig. 69, 77). Die „Fasern“ sind nicht als ganz starre Elemente aufzufassen, sondern stellen mehr solide beständige zähflüssige „Fäden“ dar, in denen selbst osmotische Vorgänge sich abspielen und die sich zu kürzesten Linien verkürzen; dabei mögen gewisse vitale Vorgänge in den Kernschleifen fördernd mitwirken, indem die Adhäsion zu der Umgebung geändert wird. Die Wanderung der Kernschleifen kann man nicht allein rein physikalisch erklären, da noch viele ganz unerforschte chemische Vorgänge ihre Hand im Spiel haben. Die Analogie mit künstlichen Strahlungen, deren Beispielzahl sich noch vermehren liesse, besitzt nur einen beschränkten heuristischen Werth<sup>1)</sup>, da einerseits die

<sup>1)</sup> Künstliche Strahlungsfiguren kann man auf die verschiedenste Art erhalten; ein Tropfen, der auf eine Pulvermasse auffällt, gewisse in Schalen erstarrende Legirungen, Kohlenstäubchen, die in die Paraffinmulde einer brennenden Kerze gethan wurden, rufen um den diesbezüglichen Centrirungspunkt ein Strahlensystem hervor; von Interesse ist die regelmässige Anordnung von Bakterien, die in eine Ulvazelle eindringen und den plasmatischen Inhalt bis auf einen centralen Restkörper resorbieren (Fig. 42). Einen Vergleich mit Spindelfasern könnte man an den feinsten Flüssigkeitsfädchen, die man aus dem Fucusschleim zieht, anstellen; erregt man in

complicirte Heterogenität und Structur der Stoffe dabei nicht berücksichtigt werden kann, andererseits aber das dynamische Moment und die beständige Aenderung der Gleichgewichtszustände der vitalen Vorgänge hiebei ohne Beachtung bleibt. — Andererseits ist es vollkommen unberechtigt, vielfach aus der rein formalen Anordnung Aussagen über die Activität oder Passivität der einzelnen Gebilde zu fällen. — Nach der Theilung kommt den Spindelfasern ein glänzend mattes Aussehen (wie mattirtes Glas) zu, sie werden unregelmässig, wellig und an ihrer Oberfläche treten bruchsackartig stellenweise Tröpfchen aus, die schliesslich zu einer vollständigen Disaggregation und Umformung der Fasern zu dem alten Netzwerk führen; den Vorgang illustriren am besten die Bilder (Fig. 70, 71, 72), einzelne centrale Fasern erhalten sich an der Durchschnürungsstelle ziemlich lange. Das entstandene alte plasmatische Netzwerk sieht nun mikrosomal verdichtet, unregelmässig aus. —

An getheilten oder sich theilenden Epithelzellen konnte gerade an der Durchschnürungsstelle die Structur der Zellen genauer verfolgt werden (Fig. 80); es war dies ein dichtes feines Wabenwerk, dessen Wände auffallend dick und dicht waren, auch befolgten die Waben in ihrer Anordnung nicht immer das PLATEAU'sche Gesetz, indem zuweilen 4 zusammen stiessen; dies konnte stellenweise mit aller Deutlichkeit erkannt werden — auch hier sieht man sich zur Annahme von besonderen Wandeinlagerungen wie Filarbildungen gezwungen, die störend eingreifen. — Die neue Kernmembran wird in der Art eines Niederschlaghäutchens angelegt, doch so, dass sie sich über die vorragenden widerspenstigen Kernschleifen straff ausspannt, wie Fig. 73 zur Anschauung bringt. —

In den ersten Stadien der Regeneration konnten sehr oft Nebenkernbildungen beobachtet werden; sie entstehen auf folgende Art und Weise: 1. entweder werden einzelne Theile des vielfach gelappten Kernes abgeschnürt und bleiben neben ihm liegen oder werden zur Seite geschoben; zuweilen verdichten sie sich stark und um sie sondert sich ein Plasmahof ab (Fig. 46 x). 2. Während der Theilung werden einzelne Chromatinelemente aus dem Spindelverbände durch die Wirksamkeit der seitlichen Fasern, deren Wesen

---

diesem dazu noch eine Emulsion, so kann man nach einigen Bemühungen an diesem Flüssigkeitsfaden Tröpfchen dieser letzteren emporziehen, die sodann zum Theil der Schwere folgend herabsinken, zum Theil von den Strömungen und der Kraft des sich verkürzenden Fadens gedrängt gegen die Anheftungsstelle des Fadens emporgezogen werden. Analoge Bilder liefern auch die schönen Fäden, die von der verwundeten Stelle einer Bryopsiszelle ausgehen.

und Auftreten oben schon geschildert wurde, herausgezogen und bleiben sodann seitwärts liegen; es ist dies eine Art von Chromatinreduction. Dieser Fall wurde nur einmal beobachtet (Fig. 77). 3. Einzelne Kernschleifen bleiben in der Aequatorialebene liegen und stellen den Nebenkern dar (Fig. 76). 4. Bei der Bildung der neuen Kernmembran werden vordringende Chromatintheile von dieser gleichsam abgetrennt und bleiben als Nebekerne daneben liegen (Fig. 78).

In einzelnen Fällen gelang es mir, die Karyokinese am lebenden Thiere, das mit Neutralroth vital gefärbt war, zu beobachten. Die Spindelfasern waren undeutlich und matt, an den Polen sammelte sich sternartig die neutrophile Granula, die eine besondere Affinität an das Hyaloplasma zu besitzen scheint, falls sie nicht ganz in ihm eingelagert ist; mehr peripher lagerten die Pigmentkörnchen, die später gruppenweise in Alveolen gesammelt wurden; den Spannungen der Strahlung gemäss nehmen die die Körnchen führenden Alveolen eben eine ovoide Gestalt an und die ersteren müssen sich in der Weise wie die Theilchen in Wassertropfen, die in konischen Röhren sich befinden, dem Capillardruck gemäss anordnen.

Zu Beginn der Durchschnürung, die nach 20 Minuten begann, verbreitete sich gewissermassen diese polare röthliche Sternbildung zu einer Kappe, weil im Aequator, der Durchschnürungsstelle, eine Oberflächenspannungszunahme erfolgte und an den Polen eine Art von Ausbreitungscentrum sich ausbildete, doch nahmen nach weiteren 20 Minuten, da inzwischen der Durchschnürungsvorgang schon weiter vorgeschritten war und das Verhältniss der Spannkraft gleichsam eine Theilung erfahren hatte, wiederum die Körnchen die frühere Anordnung an; polar hatten sich die Pigmentkörnchen in Alveolen gesammelt, während sie an der Durchschnürungsstelle in grösseren Wabenräumen ruhten und hier in bemerkenswerther Weise lebhaft Brown'sche Molecularbewegungen ausführten (Fig. 41a, b, c). In den Pigmentzellen der Cutis weicht zu Beginn des karyokinetischen Vorganges das Pigment peripher aus (Fig. 81), auf späteren Stadien, sobald die Tochtersterne zur Ausbildung gelangen, sammelt es sich im Aequator oder theilweise seitlich an, so dass die Zelleinschnürung die Pigmentmenge geradezu halbirt. Der Unterschied in der Lagerung der neutrophilen Granula und der Pigmenteinschlüsse dürfte aus der Natur der ersteren sich erklären lassen, da jene gewisse, in ihrer Vitalität noch nicht so weit geschwächte Plasmaderivate sind und eine grössere Affinität an das Gerüstplasma besitzen, dessen

colloidalen Zustand während der karyokinetischen Vorgänge geändert wird; das Pigment weicht aber in den paraplastischen Räumen in der Richtung des geringsten Druckes gleich den Dotterkörperchen peripher aus. Im übrigen sei hier auch auf die Untersuchungen FISCHEL's und RHUMBLER's verwiesen. — Bei der Theilung schien sich nach dem ersten Eintreten der Zelldurchschnürung der umgebende Zellsaft mit Neutralroth röthlich zu färben, in gleicher Weise schienen die Chromosomen der LEYDIG'schen Zelle nach der Trennung sich zu verfärben. In dieser Hinsicht sind aber noch weitere Untersuchungen anzustellen. — Der Kern färbt sich bei einzelnen Protozoen auf besonderen, nicht näher definirbaren physiologischen Zustandsphasen mit Neutralroth röthlich, dasselbe gilt auch von dem Kern tabellariaartiger mariner Diatomeen. Mit Methylenblau färbte sich nur bei einem marinen Euplotes der Kern nach längerem Einwirken bläulich, die Vacuole blauröthlich, während die Holotrichen, die sich bezüglich des Plasmas vielfach von den Hypotrichen unterscheiden, keinerlei Färbung annehmen. —

**Chorda.** Das Chordagewebe der Axolotl- und Salamanderlarven besitzt den üblichen grossblasigen Aufbau, doch kann man besonders an den Eckpunkten der Vacuolensysteme eine dazwischen liegende intercelluläre Vacuolenschichte an günstigen Objecten wahrnehmen. Der Chordascheide kommt eine äussere deutliche Membran (*M. limitans*) zu, deren äussere Umgrenzung stärker und lichtbrechender zu sein scheint als die innere, dann folgt eine Faserschichte, in der besonders beim Salamander radiäre, aber auch tangentielle, allerdings spärlichere Faserzüge auftreten; zwischen diesen findet man manchmal hie und da homogene, mit Hämatoxylin etwas sich färbende structurlose Körper, die etwa den glänzenden Körpern, die A. SCHNEIDER beobachtet und EBNER als elastische Fasern beschrieben hat, zu vergleichen wären; doch ist ihr Auftreten etwas spärlich und unregelmässig, beim Salamander kann man sie in der Nähe des Chordaepithels beobachten. Nach dem Schnitt quellen die Chordavacuolen etwas gegen die freie Fläche vor, dagegen dringt zwischen die Faserzüge der Chordascheide Flüssigkeit ein, demzufolge sie breiter und gefaltet erscheint, doch ist zum Theile dieses Phänomen auch auf die Aenderung der Spannungsverhältnisse zurückzuführen. Zwischen den Fasern treten zahlreiche unregelmässige Granulationen auf, auch dringen in einigen Fällen spindelartige degenerirende Zellen vom Chordaepithel, sowie Wanderzellen zwischen sie ein (Fig. 84). Später macht die Chordascheide an der Schnittstelle die merkwürdigsten Faltungs- und Knickungsvorgänge durch (Fig. 85).

Um die blossgelegte Chorda wuchert zum Theil lebhaft Bindegewebe herum, dazwischen können auch grössere, mit lappigen Fortsätzen ausgestattete leukocytoide Zellen wahrgenommen werden, die sich auch an der Pigmentproduction betheiligen (Fig. 91, 92); ausserdem kommen die verschiedensten degenerirenden Zellen, wie Leukocyten, Wanderzellen, Chordaepithelzellen etc. hier vor.

Wie BARFURTH nachgewiesen hatte, ist die Chordaregeneration in ihrer Art und Weise von dem Entwicklungsstadium des Thieres und von der actuellen Differenzierungsstufe des Gewebes, die auch die potentielle beeinflusst, abhängig. — Meine Thiere regenerirten zuerst die Chorda theilweise noch selbst, im übrigen wurde aber nur der sogenannte Chordastab vom neuen angelegt. Nach den ersten Degenerationsvorgängen findet man wiederum Theilungsstadien im Chordaepithel, aber auch in den inneren Chordakernen der jungen Larven; die letzteren (Fig. 94, 95) haben dann ein feines netziges Plasma, an dessen Knotenpunkten, aber auch gegen diese zu selbst feinste tingible Granula feststellbar sind. Die Spindeln sind auffallend gross und in ihrer Achsenrichtung etwas gebogen.

An den Chordaepithelzellen, die sich in das blasige Chordagewebe umwandeln, kann man nun bequem den genetischen Aufbau dieses untersuchen, vor allem aber das Auftreten der intercellulären Vacuolen, die auch in dem dünnen Septenwerke vorkommen und fast vollends denen des Epithels gleichen, verfolgen; die grossen Vacuolen des blasigen Chordagewebes treten in erster Linie häufig in der Nähe des Kernes auf und täuschen so unter Umständen sogar Kernvacuolen vor (Fig. 106). Doch konnte ich in einzelnen Fällen wirkliche Kernvacuolen beobachten, so in einem Leukocytenkern, in dem man auch das Kerngerüstwerk und die Chromatintheile oberhalb der Vacuole wahrnehmen konnte (Fig. 65). — Das Plasma der Chordaepithelzellen, das sehr dicht ist und feingekörnelt erscheint, wird später von zahlreichen Vacuolen durchsetzt, die zuweilen einzelne Partien des Plasmas, das doch im Verhältniss zu den späteren Stadien zu reichlich ist, abschnüren, so dass sie wie mit einem Locheisen herausgeschält erscheinen. (Fig. 90 x); in den einzelnen gelblichen Ballen und Kornbildungen glaube ich diese degenerirenden Plasmapartien wieder zu erkennen. Die Hauptmasse der späteren regenerirten Zellen betheiligt sich an der Bildung des sogenannten Chordastabes, der aber auch wohl zum Theil aus verknorpelnden bindegewebigen Zellen besteht, von denen die von dem Chordaepithel abstammenden Antheile nur anfänglich durch eine

dichtere körnige Structur zu unterscheiden sind. Die Zellen stehen mit ihrer längsten Achse senkrecht auf der Längsachse des Larvenschwanzes, zuerst liegen sie dicht einander an, später werden sie insofern gleichsam aneinandergedrängt, als durch eine weitgehende paraplastische Umwandlung der peripheren Theile der Zellen eine Grundsubstanz zur Ausbildung kommt, in der gerade noch stellenweise das alte Zellnetzwerk nachweisbar ist. Man kann hier insofern eine Unterscheidung des Zelleibes als Ento- und Ectoplasma machen; das Entoplasma zeigt anfänglich eine Netzwabenstructur, in der auch grössere Alveolarräume, sowie vielfache Granulationen auftreten. Das periphere umgewandelte Ectoplasma erscheint gleichsam geschichtet, färbt sich mit dem VAN GIESON'schen Farbgemisch röthlich, doch so, dass der Farbenton der Partien gegen das Entoplasma dunkler ist; hier findet man auch zahlreiche Granulationen, sowie „eigenartige“ Fibrillen, die nicht selten scheidenartig oder mantelförmig angeordnet (Fig. 89) sind, wiewohl sie nicht wie die gewöhnlichen collagenen Fibrillen zur Bündelbildung zuneigen. Später hebt sich das „Ectoplasma“ auf Präparaten scheidenartig vom „Entoplasma“ ab und stellt durch noch weitere Umbildung eine Art von knorpeliger Kapsel dar; anfangs umgibt diese Scheide in gleicher Weise die Ausläufer des Entoplasmas, deren periphere Umbildung sie ja ist (Fig. 88); doch werden späterhin diese Ausläufer unter Granulationserscheinungen umgebildet oder gehen direct in die ectoplastische Grundsubstanz über; das Entoplasma büsst derart seine verzweigte Gestalt ein, wogegen die Fortsätze der spindelartigen Zellen, die senkrecht zur Druckachse des Gewebes stehen, noch lange erhalten bleiben; was die Structur des Entoplasmas nun anbelangt, so scheint diese sehr leicht bei der Präparation gerinselig ausgefällt zu werden und präsentiert sich in der Gestalt von verschieden grossen, unregelmässigen, meist länglichen oder gewissermassen ausgebuchteten Kornbildungen, die durch Fäden im Zusammenhang stehen; peripher um den Kern nimmt man nicht selten Fadenstructuren wahr.

**Musculatur:** An der Schnittstelle zerfallen zunächst die vom Schnitt getroffenen Muskeln vollkommen selbständig; die Fasern werden gelockert und zerfallen später vielfach in ihre bekannten Elemente (Fig. 99), die theilweise auseinandertreten; etwas früher legten sich jene aber vielleicht infolge von einer Contraction in oft recht complicirte Falten und Windungen, wobei nicht selten eine Art von Vacuolenräumen zwischen ihnen auftrat; von diesem Zeitpunkt an verquellen etwas die Fasern und ihre Elemente, verändern aber auch insofern ihre

Constitution, als sie Farbstoffe begieriger aufnehmen; auf diese Eigenart von degenerirenden Muskeln hat auch LOOS aufmerksam gemacht. Die Kerne liegen seitlich als dunkle, körnige Chromatinmassen, die nicht selten zu compacteren Bildungen verschmelzen und in das Innere der faltigen Fasermassen gedrängt, in der verschiedenartigsten Weise gestaltet werden (Fig. 100). Auch finden hier Kernfragmentationen statt. Auf weiteren Stadien des Zerfalles stellen sie sich als nur wenig gestreifte, dunkle, dichte, unregelmässige Ballenkörper dar, die von bindegewebigen Hüllen umgeben sind, doch so, dass zwischen beiden ein nur durch wenige Fasern und Granulationen erfüllter Spaltraum ist. Einzelne dieser Körper zeigen auf Präparaten eine schwache plasmatische Umsäumung, während andere ganz nackt sind; später sind sie zuletzt nur als dunkle dichte Körner und kleine Ballen auf den Präparaten nachweisbar; die successive abgegebenen Stoffe liefern wohl die Nahrung für die nun rapid sich vermehrenden Muskelzellen. Die bindegewebigen Scheiden in der Gegend der Muskeln bilden während der Degeneration der Muskeln vielfach gewundene wellige Fibrillenbänder, die später in der Gestalt von Flocken und Fetzen auf den Präparaten zur Beobachtung gelangen.

Während dieser Muskeldegeneration traten an den Muskelkernen der intacten und benachbarten tieferen Muskelpartien zahlreiche karyokinetische Figuren auf, doch scheint es nicht ganz ausgeschlossen zu sein, dass die vielen Kernreihen zum Theil auch am directen Wege entstehen. Die Muskelregeneration geht bei den Salamander- und Axolotllarven im Sinne des ersten Typus des von BARFURTH angegebenen Schemas vor sich; durch fortgesetzte Theilung gehen ganze Züge von spindelförmigen, grossen mit Kern ausgestatteten Sarcoblasten von den alten Muskeln aus, die längst der Chorda, gewissen Linien des kleinsten Widerstandes folgend, dahinzuwuchern. Die Kerne sind gross und oval, haben ein deutliches Kerngerüst mit Chromatineinlagerungen, sowie beim Axolotl 1, seltener 2 und mehr rundliche Nucleolen, die sich in VAN GIESON'S Farbenmisch röthlich färben, eine centrale Lücke oder Höhlung besitzen, um die sich concentrisch dunklere körnigere Schichten anlagern (Fig. 103a). Zuweilen ist der Kern, in seinem Wachsthum bestimmten Zügen folgend, einseitig gelappt (Fig. 102); wird diese Erscheinung mehr ins Extrem geführt, so entstehen celluläre Bifurcationen, die ziemlich weit gehen können (Fig. 103). Diese findet man nicht selten in der Gegend des Endes des Chordastabes. Das Plasma ist anfangs dunkel und ziemlich dicht, später kann man ein dichtes Wabenwerk unterscheiden, in dessen Lücken selten grössere Granu-

lationen ruhen. In dem Gerüstwerk treten später zarte Fibrillen auf, an denen in späteren Stadien die charakteristische Gliederung der quergestreiften Muskelfasern nachweisbar ist; doch sind die Fibrillen immerhin schon so stark, dass man sich zu der Annahme einer Art von noch feineren submikroskopischen Fibrillenelementen gezwungen sieht. Die Fibrillenbildung geht anfangs vornehmlich von der Peripherie aus.

Infolge der eigenthümlichen Theilung, sowie der Eigenart, anfänglich allen Linien minderen Druckes und derartiger Spannung zu folgen, erleidet die polare Zellendifferenzirung dieser Muskelbildner verschiedene Umordnungen und Verschiebungen, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass gerade solche Zellen, die in dieser Hinsicht das Extrem erreicht hatten, bei der späteren functionellen Auslese, die zwischen ihnen in Kraft tritt, zugrunde gehen. Von den vielen Muskelbildnern fallen zahlreiche der Degeneration später anheim, wie man aus den sodann auftretenden Kerndegenerationen mit Recht erschliessen kann. Auch BARFURTH und ZABOROWSKI nehmen einen Untergang der Sarkoblasten durch Atrophie an. Analoge Erscheinungen fanden wir auch in der Epidermis und im Rückenmark. — An eben aus der Regeneration hervorgegangenen Muskelfasern konnte ein eigenartiger Zusammenhang der Querscheiben der Fasern mit gewissen Sarkoplasmalamellen constatirt werden; sie bildeten gegen die Fasern ein arkadenartiges Fachwerk, dessen nähere Details am besten Fig. 104 zur Anschauung bringt. —

Der Organismus stellt ein System von während der Entwicklung bestimmt polar differenzirten Gewebsconstituenden dar, die weiterhin in ihrer structurellen Anordnung und Ausbildung bestimmten, aus ihrem Wachsthum, gegenseitiger Beeinflussung und aus ihrer Function sich ergebenden Wachsthum- und Spannungstrajectorien folgen. Bei der Regeneration kann man nun bis zu einem gewissen Grade die Genese dieser interessanten Verhältnisse beobachten, — einerseits das Auftreten von ererbt-differenzirten Structures, andererseits die Ausbildung von aus dem Wachsthum und der Function sich ergebenden Anordnungen verfolgen und das Ineinandergreifen dieser Momente in mancher Hinsicht bestimmen. Von diesem letzteren Gesichtspunkte aus wollen wir einerseits blosse Wachsthumslinien, — d. h. Linien, die zunächst der Wachsthumdruck bei der Regeneration in die Gewebe gewissermassen einzeichnet, oder die sich zweitens daraus ergeben, dass Zellencomplexe einfach gewissen Linien geringsten Widerstandes folgen —, andererseits

Kraftlinien, die wiederum die spätere Function und mechanische Einwirkung vorzeichnet, annehmen. In diesem letzteren Sinne geben uns die Arbeiten von ROUX, vor allem die über die Schwanzflosse des Delphins sowie die kürzlich erschienene Arbeit von KROMAYER über die Parenchymhaut wichtige Directiven. Aus der Function und der Einwirkung der Aussenwelt ergeben sich Beeinflussungen im Sinne des Druckes, Zuges und der abscherenden Wirkung, unter der man die Erscheinung zu verstehen hat, dass Organcomplexe, die einem Zug oder Druck unterworfen sind, sich von derart nicht beeinflussten Theilen zu trennen bestrebt sind.

Durch das Wachsthum der regenerirenden Theile wird ein Wachstumsdruck erzeugt, dessen Wirkung in einem gewissen Sinne eine doppelte ist.

Einerseits erfolgt die Regeneration aller Theile nicht gleichzeitig, — denn zuerst regenerirt die Epidermis, dann das Rückenmark, sodann der Chordastab, der erst später regenerativ das Rückenmark einholt und es dann überholt, ferner die Musculatur, am spätesten wohl die Cutis; aus dieser ungleichen Regeneration ergibt sich eine Art von Schwankung der allgemeinen Druck- und Spannungsverhältnisse. In einer homogenen Masse würde sich der Druck wie in einer Flüssigkeit allseitig gleichartig ausbreiten, infolge dieser Succession in der Ausbildung der Gewebe und ihrer Verfestigung erfolgt aber die Ausbreitung des Druckes in der Richtung der schon grösseren etablirten Festigkeiten in anderer Weise als senkrecht zu ihnen. Zweitens werden durch die successive Regeneration immer die anderen Gewebspartien gewissermassen in ein anderes physikalisches Milieu versetzt, Spannungen einseitig behoben und Zonen geringerer Wachstums widerstände geschaffen. Der sogenannte Chordastab stellt z. B. eine axiale Säule dar, die im Sinne ihrer proximo-distalen Wachstumsrichtung einerseits an dem verfestigten ausgeglichenen chordalen Bau, andererseits indirect an der äusseren Umhüllung einen Druck erfährt, der in der nächsten Nähe ihrer Peripherie später in gewissem Sinne eine Zone geringeren Widerstandes in der Längsrichtung schafft, in der, diesen Linien folgend, Bindegewebe und vor allem Muskelzellen hineinwuchern und die Oberfläche jenes gewissermassen als Wachstums gleitfläche benützen. Der Chordastab beeinflusst so durch sein Wachsthum, seine Form und Durchmesser vor der eigentlichen functionellen Restitution schon in diesem Sinne die mechanischen Leistungen des locomotorischen Schwanzes.

Der Effect des Wachstumsdruckes ändert sich je nach der Beschaffenheit und Art der heterogenen Umgebung und der dynami-

schen Widerstandsfestigkeit der Elemente, die von ihrer Structur und ihrem Alter abhängig ist. Die jungen Chordastabzellen geben diesem Drucke, der in der proximodistalen Richtung erfolgt, leichter nach, weichen nach den zwei anderen Richtungen aus und platten sich ab (Fig. 87 u. Textabbildung 1), sie leisten aber wieder durch die Verbreiterung eine Arbeit, die nächste Umgebung wird in eine abscherende Spannung versetzt, deren Richtung gewisse Fasern der Bindegewebszellen markiren, die in ihrer Längenausdehnung zugfest, in ihrer Querausdehnung druckfest sind und ihrer Beanspruchung gemäss sich entwickeln. Erst mit der Verfertigung des Chordastabes nimmt successive die seitliche Druckwirkung ab, und erst jetzt wird jene Schutzzone in dem oben erläuterten Sinne geschaffen. Auf jeder Stufe der Entwicklung lässt sich eine Correlation zwischen dem Wachstumsdruck und der Widerstandsleistung der umgebenden Elemente denken, die durch einen Coefficienten ausgedrückt werden kann, der einerseits durch die Zunahme des Wachstumsdruckes in der Zeiteinheit, andererseits durch die Festigkeit der gebildeten oder sich erst eben bildenden Elemente dargestellt wird.

Da gewisse Zellcomplexe oder Zellen in der Epidermis, Rückenmark und Musculatur zugrunde gehen, würde es den Anschein gewinnen, als ob diese, gleichsam über das functionelle Mass hinauswachsend gar nicht im gewissen Sinne das Maximum-Minimum-Princip (Minimum von Materiale, Maximum an Wirkung) befolgen würden; doch besagt das Princip, das ursprünglich von MAUPERTUIS in einer metaphysischen Weise concipirt wurde, auch in der üblichen physikalischen Fassung nichts anderes, als dass unter gegebenen Verhältnissen nur so viel an Arbeit geleistet wird, als eben überhaupt geschehen kann, worauf auch PEZOLD mit Nachdruck hingewiesen hat; in unserem Falle haben wir aber Zellen von mehr oder weniger embryonalem Charakter vor uns, die noch unter anderen physikalisch-chemischen Verhältnissen stehen, nicht auf der Höhe ihrer physiologischen Differenzirung sich befinden, ferner häufig Theilungen eingehen, die nicht immer äquipotent zu sein scheinen etc. etc. und daher dem Untergange zum Theil geweiht sind, sobald die Function im vollen Masse in Kraft tritt. —

Im folgenden möge noch auf den Verlauf der functionellen und Wachstumslinien, denen die Gewebstheile gleichsam folgen, in Kürze bei dem regenerirenden Schwanz der Urodelen eingegangen werden, wobei hauptsächlich das beigefügte Schema eine Berücksichtigung erfahren soll (Abbildung 1).

Die Epidermis ist nach aussen hin gegen den Druck der mechanischen Eingriffe durch die unregelmässige pflasterartige Anordnung

der Zellen, die im Sinne der senkrechten Achse abgeplattet sind, sowie durch die Alveolarstructure der Intercellularen geschützt, — aber auch die leichte Verschiebbarkeit der Zellen gegeneinander (dafür spricht das Eintreten der Wanderzellen, Pigmentzellen, Austreten der degenerirten Zellen) schützt sie gegen abscherende Wirkun-

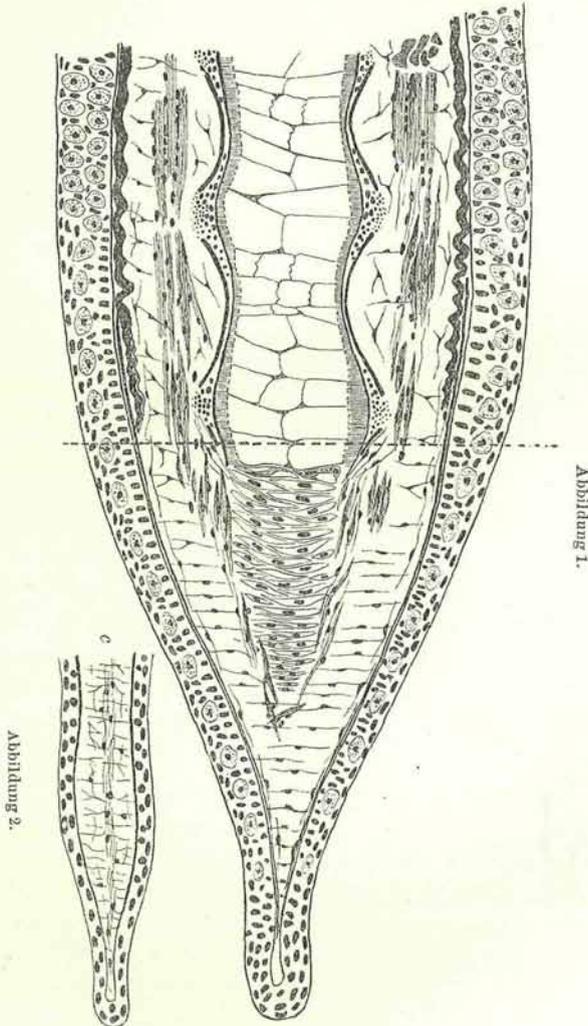


Abbildung 1.

Abbildung 2.

gen. Im übrigen ist der Grad der Oberflächenspannung der minimalen Alveolarräume der sichtbaren Structure der Epithelzellen ein so grosser, dass sie einem bedeutenden Druck widerstehen; die Widerstandskraft ist dem Krümmungsradius umgekehrt proportional; trägt ja doch selbst ein grober Schaum, den man in den Buchten aus-

getretener Flüsse beobachten kann, oft selbst Bretter und Holzstücke! Die darunter liegende Zellschichte der Epidermis steht wiederum unter dem Einfluss einer Druckspannung, die das Wachsthum des Schwanzes überhaupt hervorruft und hat ferner den verschiedenen abscherenden Wirkungen etwa bei der Bewegung des Schwanzes zu begegnen; ihre Zellkerne sind seitlich abgeplattet, wie die der Zellen, die zwischen den isodiametrischen LEYDIG'schen Zellen stehen. Die Cutis befindet sich auch in einer derartigen Zugspannung, die aufgehoben, jene wellig erscheinen lässt; die normale Cutis, beziehungsweise ihre Fasern sind aber auch etwas wellig, durch welche Eigenart abscherenden Wirkungen entgegengearbeitet wird. Im Rückenmark kommen Druck- und Zugscheinungen vor, die etwa eine rinnenartig eingebogene Wachsplatte zeigen würde. Von hohem Interesse ist die Anordnung der Bindegewebsfasern, die ungefähr aus der mittleren Partie des Schwanzes auf Horizontalschnitten senkrecht mit ihren längsten Fasern zu den Wandungen der Epithelien stehen, während längs der Cutis, deren Fasern auch der Länge nach vornehmlich angeordnet sind, wiederum Faserzüge wahrnehmbar sind; im oberen Theile der Schwanzflosse sind beide fast gleichartig vertreten, doch überwiegen centralwärts die Längsfasern; die Bindegewebsfaser ist eben in ihrer Richtung zugfest und bildet sich schon functionell unter dem Einfluss von Zugspannungen oder von senkrecht zu ihnen wirkenden Druckwirkungen aus. — Der Schwanz bewirkt die Fortbewegung des Thieres durch eine seitliche Schlagbewegung und eine über ihn fortschreitende Wellenbewegung und erleidet an dem umgebenden Wasser einen Widerstand (einen axialen und einen locomotorisch wirksamen Ablenkungswiderstand); die Bewegung schreitet wellenartig über ihn fort, er wird successive gebogen und gestreckt, die eine Seite wird convex, die andere concav, die eine erleidet eine Zugspannung, die andere eine Compression, welche Wirkungen gegen eine centrale Mittellage abnehmen; im Sinne der Zugspannung wirken die Cutis und einzelne Längsfasern, dem Druck aber begegnen die in der Querrichtung druckfesten Fasern, die auch seitlichen Verschiebungen der beiden verschieden beeinflussten Seiten entgegenwirken. Die dünnen zarten Flossensäume erhalten functionell eine Festigung durch die centralen quer wieder förmlich verfilzten Fasern; auch ist ihre Wirksamkeit dementsprechend etwas umgeändert (Abbildung 2 c). Die Spannungsverhältnisse ändern sich im Schwanze im Laufe der Entwicklung, da er eine andere Gestaltung und Function annimmt, vor allem aber auf dem Zwischen-

stadium, sobald die Flossensäume reducirt werden und die Ausdehnung der Seitenflächen für eine Längeneinheit abnimmt. —

Bei der Function muss man aber auch den Cosinus des Winkels, den eventuell die Fasern mit der Richtung des momentanen Zuges oder Druckes einschliessen, in Berücksichtigung ziehen, da mit dessen Wachsen oder Abnehmen nach bekannten mechanischen Regeln der Grad der Beanspruchung sich ändert. — Was die Chorda anbelangt, so stellt sie einen Achsenstab dar, der infolge seines blasigen Baues ziemlich im Gleichgewicht steht und nur durch die seitlichen Einschnürungen, sowie das Vordringen des sogenannten Chordaknorpels in auffallender Weise gleichsam gestört wird. Die Chordascheide mit ihren Faserschichten, deren Bau noch näher zu untersuchen ist\*), erleidet eine seitliche Spannung in der Richtung, in welcher sich die Fibrillen ausgebildet haben; diese Spannung wird beim Conserviren theilweise behoben und führt zu welligen Faltungen, die bei degenerirenden Chordascheiden noch deutlicher sind; in ihr werden aber auch ungleiche Wachstumsvorgänge Anlass zu Spannungen und Entspannungen geben, wie dies EBNER für die Chordascheiden der Fische angibt. Der Chordastab zeigt anfangs die Wirkung des Wachsthumdruckes, demzufolge senkrecht zur Längsachse die Zellen abgeplattet sind; die Elasticität der späteren Knorpelkapsel behebt dieses Phänomen. —

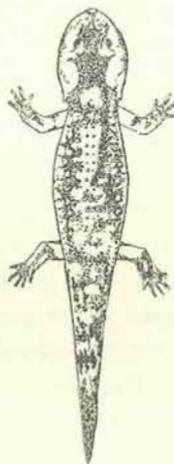
BARFURTH wies darauf hin, dass die Achse des Regenerationsstückes sich senkrecht auf die Schnittebene stellt, und dass die schief regenerirte Schwanzspitze im Verlaufe des Wachstums gestreckt wird; diese Streckung besorgt einerseits die Function und Schwerkraft, andererseits aber eine ordnende Fähigkeit des Organismus selbst. Derartige Regenerationserscheinungen kamen mir öfters zur Untersuchung; auf einem Präparat eines frühzeitig abgetödteten Thieres war nun infolge der winkligen Regeneration des Schwanztheiles die eine Seite der Epidermis, die unter dem Einflusse der Zugwirkung stand, mächtiger ausgebildet, ihre Zellen waren im Schnitt polygonal, die Cutis fast um das Doppelte vergrößert und infolge der grösseren trophischen Wirkung auch die Pigmentzellen dieser sehr gross und reich an Pigment; die Gegenseite trug dagegen all die Spuren der Compression an sich.

Zum Schlusse seien noch einige biologische Bemerkungen hier mitgetheilt. Von 35 Jungen, die im October dem Uterus eines Weibchens entnommen wurden, verwandelten sich zwei am 5. Februar. Die Larven führen mit den Kiemen pulsatorische Bewegungen aus,

\*) An normalen Chordascheiden habe ich nur Circulärfasern wahrgenommen.

SCHNEIDER zählte bei Salamanderlarven 41 derartiger Bewegungen in der Minute, CLEMENS bei Froschlarven ca. 70, die Larven vor der Verwandlung führten ca. 27 unregelmässige Kiemenschwingungen aus. Die Augen treten mehr vor, wölben sich etwas aus und passen sich dem Luftleben an; die Thiere nehmen weniger Nahrung zu sich. Sobald die Verwandlung vollzogen ist, scheinen sie auffallend kleiner zu sein, der Kopf ist auch schwächtiger als der der Larve. Was die Färbung (Textfig. 3) anbelangt, so treten zumeist in der Schwanzgegend zuerst dunkle unregelmässige Flecken auf, die sich später ungleichartig zu beiden Seiten der Rückenlinie nach vorne ausbreiten, doch so, dass sie im allgemeinen zwei Zügen gewissermassen folgen; constant ist eine Art von Wappenfleck auf der Decke des Kopfes, dann seitliche unregelmässige dunkle Zeichnungen, die der Segmentirung des Körpers folgen. Beständig sind ferner grössere typische gelbe Zeichnungen an der Basis der Extremitäten, denen sich dann die des Unterarmes und Fusses anschliessen. Ueber den nun mehr sich vorwölbenden Augen tauchen 2 gelbliche Flecken auf, denen sich dann die grösseren ovalen orangegelben Flecken seitlich am Hinterkopfe hinzugesellen; längs der Seitenlinie verläuft ferner meist eine Reihe von schwefelgelben Punktflecken (Abbildung 3). Der regenerierende Schwanz ist später immer besonders auf der Oberseite gleichmässig dunkel. FRAISSE's Angaben zufolge führt der regenerierende Schwanz der Eidechsen auch ein dunkles Pigment, so dass er fast schwarz erscheint; dies tritt besonders bei südlichen Formen der *Lacerta muralis* und den Geckotiden ein.

Abbildung 3.



Nach KIRBERT haben aber auch die Embryonen der besagten Thiere vielfach ein dunkles Pigment, und FRAISSE ist nun der Ansicht, dass ursprünglich alle Eidechsen eine schwärzliche Farbe besessen haben, und dass erst nachträglich durch eine Rückwanderung der schwarzen Chromatophoren aus der Epidermis in die Cutis „die Anpassung der Farbe dieser Thiere an die verschiedenen Localitäten bewirkt wurde“.

Es ist aber sehr fraglich, ob man berechtigt ist, die Zeichnung aus einer phylogenetischen Ursache in erster Linie allein zu erklären zu suchen. — Bei der Färbung spielen viele physiologische Momente eine wichtige Rolle, und gerade bei den Salamanderlarven war ich imstande, soweit es eben im Rahmen des hier behandelten Themas möglich war, den Farbenunterschied zwischen „Kälte“- und „Wärmethieren“, den FISCHEL genau untersuchte, wiederum festzusetzen.

Man muss zwischen dem Pigment, das in den Epithelzellen selbst entsteht, und den Pigmentkörnchen der Chromatophoren unterscheiden; das erstere, das auch vornehmlich die dunkle Färbung im regenerirenden Schwanz, in dem aber auch noch Epithelzellen unter Pigmentdegeneration zugrunde gehen, hervorruft, ist ein Product eines weitgehenden metabolischen Stoffwechsels, während die Chromatophoren selbst nur zum Theil den Blutgefässen als den Linien geringeren Widerstandes folgen (was bei untersuchten marinen Jungfischen zunächst nicht der Fall war) und vielleicht theilweise chemo-, sowie stereotropisch an der Cutis sind, und so schon in bestimmter Weise die Färbung zum Ausdruck bringen; ausserdem folgen sie aber ganz verschiedenen Druck- und Spannungsverhältnissen in der Epidermis und ihren Intercellularen, die beim verschiedenen Krümmungsradius der Körperoberfläche verschieden sind; ferner scheinen die gelben Pigmentzellen in bestimmter Weise zu den Drüsen in noch nicht näher definirbare Beziehungen zu treten. Die amöboiden Fortsätze der Pigmentzellen breiten sich vornehmlich nach den Linien geringeren Widerstandes aus oder folgen besonders günstigen, bestimmt gearteten Ernährungsverhältnissen. Die Pigmentzellen der Cutis, in denen das Pigment zuerst um den Kern herum entsteht, senden vielfach ihre mächtigeren Fortsätze in der Längsachse des Thieres aus, die der Epidermis kommen zwischen der äusseren Deckzellschichte und den tieferen, gewissermassen pallisadenartig structurirten Zellen vor und sind gleichfalls in der Längsrichtung stärker und mächtiger differenzirt; einzelne Fortsätze stehen auch senkrecht zur Körperoberfläche. Die Schwanzstücke, die infolge der schiefen Verwundung anfangs unter einem Winkel zur Körperachse regenerirten, hatten auf der Seite der grösseren Wachstumsbeanspruchung und der grösseren trophischen Wirkung mächtig ausgebildete Pigmentzellen, die besonders reich verzweigt waren. — Erst in zweiter Linie mögen bei der Detaillirung und bestimmten Festigung der Zeichnung und ihrer Art phylogenetische Motive im Spiel gewesen sein. —

In dem Porzellanbecken mit den Salamanderlarven fand ich vielfach eine kleine 2kernige Amöbe, die sich durch unmerkliche flache Pseudopodien vorwärts bewegte. Die Kerne waren dicht, fein alveolar structurirt, und um sie formirte die Glanzgranula meistens einen Körnchenkranz. Im Zelleib färbten sich mit Neutralroth feine Granulationen röthlich, grössere, krystallinisch aussehende stoffwechselartige Einschlüsse dagegen braunroth. Die seitliche Vacuole entleerte sich in der Weise, wie es die Figuren 109 a, b, c andeuten.

Wien, März 1900.

## Tafelerklärung.

## Taf. I.

Fig. 1. Epithelzelle des abgeschnittenen Schwanzes der Salamanderlarve. Inter-cellulare Strukturen. Innere Netzstruktur.

Fig. 2 *a*. Epithelzelle mit Cilienbesatz und gelapptem Kern, *b* die benachbarte Zelle mit neutrophilen Körnchen.

Fig. 3. Zwei Zellen mit reducirtem Cilienbesatz; auf der linken, die mehr von der Fläche gezeichnet ist, schwingen noch die Cilienstummeln.

Fig. 4. Sich verändernde und „entleerende“ LEYDIG'sche Zellen aus der Umgebung der Verwundung.

Fig. 5. Risswunde am Schwanz einer Larve, die sich schliesst. Die punktierten Linien zeigen den allmählichen Verschluss an. . . . Nach 1 Stunde 5 Minuten — — — 1. Stunde 25 Minuten. Später nach 1 Stunde 25 Minuten geschlossen.

Fig. 6. Veränderung von Alveolen in den Intercellularlücken aus der Umgebung der Verwundung *a* = Beginn der Beobachtung, *b* nach 3, *c* nach 6, *d* nach 8 Minuten.

Fig. 7. Regenerationswarze einer Axolotllarve in einer stärkeren Neutralrothlösung; die äusseren Zellen röthlich, die inneren mehr zinnoberroth.

Fig. 8. Zweikernige Epithelzelle eines Axolotls mit Neutralroth vital gefärbt.

Fig. 9 *a*, *b*. Zwei neutralroth gefärbte Epithelzellen, in denen sich die Pigmentbildner auch roth färbten.

Fig. 10. Verschiedene Stufen der Pigmentbildung bei der Axolotllarve (Neutralroth).

Fig. 11. Dasselbe bei der Salamanderlarve (Neutralroth).

Fig. 12. Neutralrothgranulationen aus analogen Zellen der Salamanderlarve, in denen sich noch kein Pigment gebildet hat, die aber vermuthlich Vorstufen dieses sind

Fig. 13. Leukocyten von der Verwundungsstelle (Axolotllarve, Neutralroth).

Fig. 14. Degenerirende Epithelzelle mit Ringgranula (Axolotllarve, Neutralroth).

Fig. 15. Degeneration höheren Grades (Axolotllarve, Neutralroth).

Fig. 16. Amöboid werdende Zelle des Epithels der Axolotllarve (Neutralroth).

Fig. 17. Degenerirte Zelle mit einem auf ihr kriechenden Leukocyten (Neutralroth).

Fig. 18. Eine aus ihrem Verbande gelöste Epithelzelle, aus deren Cuticularsaum bruchsackartig das Plasma heraustritt (Axolotllarve, Neutralroth).

Fig. 19 *a, b, c, d*. Stadien von degenerirten Wanderzellen im regenerirten Epithel der Axolotllarve.

Fig. 19 *e*. Dasselbe nur weiter vorgeschritten, aus dem Epithel der Salamanderlarve (Neutralroth).

Fig. 20. Eine in einer Bindegewebslücke eingeschlossene leukocytoide Zelle. In der bindegewebigen Zelle Pigmentbildner mit länglichen grossen Körnchen (Salamanderlarve, Neutralroth).

Fig. 21. Zelle aus dem Regenerationsgewebe eines Hungerthieres. Um den Kern Alveolarbildung.

Fig. 22. Nucleolen aus einer derartigen Zelle (Salamanderlarve).

Fig. 23. Fettig und granulös degenerirende Zellen aus dem Regenerations-epithel der Salamanderlarve.

Fig. 24. 2 Zellen von der Fläche bei verschieden tiefer Einstellung. Neutralrothgranulationen. Regenerationsepithel. Salamanderlarve.

Fig. 25. Eine Zelle aus der tieferen Schichte. Dasselbe.

Fig. 26. Zwei junge LEYDIG'sche Zellen aus dem Regenerationsepithel (Salamanderlarve, Neutralroth). (Granulationen auf der Tafel etwas undeutlich.)

Fig. 27 *a, b, c, d*. Stadien der Bildung der LEYDIG'schen Zellen. Bei *d* Metachromasie der Einschlüsse.

Fig. 27 *e*. Verschiedene ausgebildete LEYDIG'sche Zellen (Salamanderlarve, Neutralroth).

Fig. 28. Eine sich theilende LEYDIG'sche Zelle. Chromosomenfärbung? (Salamanderlarve, Neutralroth).

Fig. 29. Structur der LEYDIG'schen Zelle ohne Granulationen.

Fig. 30. Abnorme LEYDIG'sche Zelle mit 2 Kernderivaten und röthlichem Alveoleninhalt (Salamanderlarve, Neutralroth). (Granulationen etwas zu dunkel gefärbt.)

Fig. 31. Leukocytoide Zellen vom Verwundungsrand des Triton alpestris.

Fig. 32. Neutralroth gefärbte Zellen desselben.

Fig. 33. Eine einzelne Zelle desselben mit asymmetrisch gelagerter Neutralrothgranula.

Fig. 34. Schwanzstumpf einer Salamanderlarve, die zuerst eine längere Zeit im Neutralroth, dann aber schon 14 Tage im reinen Wasser gehalten wurde. In den Flossenecken und an der Regenerationswarze erhielten sich die Neutralrothgranulationen.

Fig. 35. Verschiedene physiologische Zustandsstufen der Granulation der LEYDIG'schen Zellen (Axolotllarve).

Fig. 36. Oberflächliche Ansicht eines Theiles der LEYDIG'schen Zelle N = LANGERHANS'sches Netz (Axolotllarve).

Fig. 37. Structur dieses Netzes (feinkörnig).

Fig. 38. Bildung der Granulationen, bei *a* in der Kernnähe, *d* Structur der Zelle selbst (Axolotllarve).

Fig. 39. Eine sich theilende und eine normale LEYDIG'sche Zelle aus dem regenerirenden Gewebe.

Fig. 40 *a*. Pigmentkörnchen aus den Pigmentzellen der Cutis (Axolotllarve).

Fig. 40 *b*. Bindegewebszelle mit Neutralrothgranulationen.

Fig. 41. Sich theilende Zellen aus dem Epithel der Salamanderlarve. Vitalfärbung. *a* = Beginn der Beobachtung, *b* nach 20, *c* nach 40 Minuten.

Fig. 42. Eine mit Bakterien inficirte Ulvazelle; die Bakterien täuschen eine Art von Strahlung gleichsam vor.

Fig. 43. Eine Wanderzelle durchbricht die Cutisbrücke knapp vor der verwundeten Stelle. Altes Gewebe. Die Cutis ist vielfach gewellt und nicht mehr intact; einzelne Fasern gingen noch über die Wanderzelle, diese wurden der Deutlichkeit wegen nicht eingezeichnet (Axolotllarve).

Fig. 44. Vorgänge im regenerierenden Epithel der Axolotllarve. Einzelne Zellen gehen zugrunde, werden theilweise resorbirt und der Rest wird oben ausgestossen. Bei *k* betheilte sich die benachbarte Epithelzelle an der Resorption, geht aber nun selbst zugrunde.

Fig. 45. Analoges aus dem Epithel der Salamanderlarve. Regenerirende Schwanzspitze. Zellen gehen auch am karyokinetischen Stadium zugrunde. Vom Kern herstammende Substanzen sammeln sich in den Interzellularräumen.

Fig. 46. Oberflächlicher Schnitt durch regenerirende Epithelzellen einer Salamanderlarve. Strukturen aus verschiedenen Lagen der Zelle; oben und unten mehr oberflächlich, so dass der Cuticularsaum noch dargestellt ist, rechts und links aus der nächst tieferen Schichte. *x* nebenkernartige Bildung.

Fig. 47. Ganz oberflächlicher Schnitt der Epithelzelle einer Salamanderlarve. Die rothen Linien sind Kittleisten, unten sind die tiefer liegenden Interzellularen angedeutet.

Fig. 48. Dasselbe nur von der Seite; die alveolare Natur des Cuticularsaumes wird deutlich.

Fig. 49. Tiefste Epidermiszellreihe, die an die zu bildende Cutis anstösst, mit eigenartigen plasmatischen Differenzirungen.

Fig. 50 *a* und *b*. Zwei Stufen von degenerirendem Zellcomplex mit 3 Kernen und Einschlüssen.

Fig. 51. Degenerirendes Zellnest im Rückenmark des regenerirenden Schwanzstückes vom Salamander.

Fig. 52. Ein späteres Stadium dieses.

Fig. 53. Wanderzellen, die in der Nähe der sich rückbildenden Muskeln zu meist vorkommen.

Fig. 54. Eindringen von pigmentführenden Wanderzellen durch die Cutis in die Epidermis (Axolotllarve).

Fig. 55 und 56. Abnorme Regenerationen am Schwanz der Larven von Axolotl (55) und Salamander (56).

#### Taf. II.

Fig. 57. Einzelne Rückenmarkszellen treten aus ihrem Verbande degenerativ heraus und gehen im Rückenmarkscanal zugrunde. (Reg. Rückenmark der Salamanderlarve.)

Fig. 58. Aeusserste Schwanzecke der Salamanderlarve, die in Fig. 49 erwähnten Differenzirungen tingiren sich lebhaft und werden nach innen abgestossen.

Fig. 59 und 60. Zwei Stadien des reg. Schwanzes von Salamanderlarven, die vor der Verwandlung stehen.

Fig. 61. Zwei bindegewebige Zellen (reticuläre Zellstructur, Granulationen und Vacuolen), die mit ihren Fasern mit der sogenannten Basallamelle im Zusammenhang stehen (Axolotllarve).

Fig. 62. Abnorme LEYDIG'sche Zelle nach der Theilung (Axolotllarve).

Fig. 63. Leukocyt mit einem vielfach zertheilten Kern (Salamanderlarve).

Fig. 64. Leukocyt mit einem Lochkern und einem fettartigen, häufig vorkommenden Einschluss (Salamanderlarve).

Fig. 65. Ein in die Epidermis eingedrungener Leukocyt mit einer Kernvacuole, bei *a* Kern von der Fläche gezeichnet.

Fig. 66. Strahlung eines Leukocyten. Mikrosomenstratum, Centrosom, bestehend aus einer vierfachen dichten Körnchenanhäufung. *b* netzreticuläre Structur einer solchen Zelle, hie und da an dem Gerüst feine Granulationen.

Fig. 67. Zertheilung des Centrosoms. Leukocyt (Salamanderlarve).

Fig. 68. Vor der Ausbildung der Centralspindel. Zertheilung der Mikrosomen. Bindegewebszelle.

Fig. 69. Ummodificirte Verlagerung der Kernschleifen durch die Wirksamkeit seitlicher Fasern.

Fig. 70 und 71. Rückdifferenzirung der Centralspindel und Verwandlung ihrer Substanz in ein Reticulum.

Fig. 72. Weiteres Stadium dieser Bildung. Einzelne Fasern der Centralspindel ziemlich intact.

Fig. 68—71. Salamanderlarve. Fig. 72. Axotyllarve.

Fig. 73. Ausbildung der Kernmembran (Salamanderlarve).

Fig. 74. Epithelzelle der Salamanderlarve. Zertheilung der Kernschleifen.

Fig. 75 *a*. Anschwellung auf den Zugfasern. *b* und *c* Zertheilung der Kernschleifen durch Vacuolen und Wirksamkeit der seitlichen Fasern, die sich aus dem Lamellenwerk gleichsam ausspinnen.

Fig. 76, 77, 78. Verschiedene Stufen der Nebenkernbildung.

Fig. 79. Degeneration der Centralspindel. Fasern erhalten tröpfchenartige Anschwellungen und gehen in das Reticulum über.

Fig. 80 *a* und *b*. Oberflächliche Zellstructur in *a* sich zertheilenden, *b* getheilten Epithelzellen.

Fig. 81 und 82. Anordnung der Pigmentkörnchen in Cutispigmentzellen bei der Theilung.

Fig. 83. Chordascheide der Salamanderlarve. Faserstructur, oben gegen das Innere der Chorda besondere Differenzirungen dieser. (Verwundungsstelle.)

Fig. 84. Degenerirende Chordascheide der Axotyllarve hart an der Schnittgrenze. Die Faserung lockert sich und wird verworren; es dringen zuweilen deg. Chordaepithelzellen in die Lücke ein. Auftreten von Granulationen. (Tangentialschnitt.)

Fig. 85. Spätere Degenerationsstufe dieser (dtto.).

Fig. 86. Normale Chordascheide mit inneren Differenzirungen der Axotyllarve.

Fig. 87. Erste Regenerationsstufe des Chordastabes (Salamanderlarve). Gebildet von Chordaepithelzellen und theilweise reg. Bindegewebszellen. Zwei Leukocyten.

Fig. 88. Zellen aus dem Chordastab scheiden eine Grundsubstanz ab und umgeben sich mit einer Kapsel.

Fig. 89. Weiteres Stadium dieser Art von Verknorpelung, dem Entoplasma liegen Faserdifferenzirungen an (Salamanderlarve).

Fig. 90. Chordaepithel der reg. Chorda der Axotyllarve. Bei *x* wird das Plasma gleichsam unter Vacuolenbildung abgeschnürt.

Fig. 91. Leukocytoide Zelle mit Pigmentbildnern, die sich an der Deg. der Chorda betheiligt.

Fig. 92. Querschnitt durch ein degenerirendes Chordaende der Axotyllarve. Wuchernde Bindegewebszellen und leukocytoide Zellen.

Fig. 93. Bindegewebszelle mit sich differenzirenden Fasern, die bündelig angeordnet sind, oben in einer Alveole Pigment (Salamanderlarve).

Fig. 94. Theil einer Spindel eines Kernes fast aus der Mitte der Chorda. Axotyllarve.

## Tafel III.

Fig. 95. I. Stadium der Kerntheilung eines Chordakernes. Axolotllarve.

Fig. 96. Zwei leukocytoide Zellen mit rothen Granulationen aus der Umgebung der deg. Muskeln.

Fig. 97. Degenerirender Kern eines Leukocyten. Salamanderlarve.

Fig. 98. Muskelregeneration. Bei *k* indirecte Kerntheilung der Muskelkerne; alte Muskeln, rechts ein älteres Stadium der Muskeldegeneration.

Fig. 99. „Auflösung“ und Lockerung der Muskelfasern.

Fig. 100. Ein älteres Stadium der Muskeldegeneration. Muskel aufgewunden, ringsherum bindegewebsartige Zellen.

Fig. 101. Erstes Stadium der Muskelregeneration. Bildung der Fibrillen. Die Punktirung soll den Innenraum der Netzmaschen andeuten.

Fig. 102 und 103. Verschiedene Formen der Muskelkerne. *a* stark vergrößerter Nucleolus. Salamanderlarve. Fasern noch ohne Gliederung.

Fig. 104. Plasmatischer Zusammenhang der Sarkoplasmalamellen mit den Fibrillenbündeln. Reg. Muskel. Salamanderlarve.

Fig. 105. Langgestreckte Birdegewebszelle mit sich bildenden Fibrillen. Salamanderlarve.

Fig. 106. Kern mit anliegenden Vacuolen aus der regenerirenden Chorda. Salamanderlarve.

Fig. 107. Bildung der Cutisdrüsen. *c* Cutislamelle. Salamanderlarve.

Fig. 108. Chromatolytische Körnchen mit Pigmentmänteln aus den degenerirenden Zellen der reg. Salamanderepidermis.

Fig. 109. Zweikernige Amöbe aus dem Aquarium, in dem die Larven gehalten wurden. *n* = Kern, *vc* = Vacuole, *a*, *b*, *c* Stadien ihrer Entleerung.

Fig. 7. Gezeichnet LEITZ. Ocul. 2, Obj. 3, Fig. 2, 24, 25, 26, 27, 32, 33, 55, 56, 98. Gezeichnet mit Ocul. 4, Obj. 7.

Fig. 34 und 31. Ocul. 2, Obj. 5. Fig. 30, 40 *a*, 66, 79, 75, 94, 101. LEITZ, Homog. Oel. Im.  $\frac{1}{13}$  Ocul. Apochromat. 12. Alles andere Ocular 4.

Fig. 59 und 60 gezeichnet nach der Lupe.

## Literaturübersicht.

Enthält nur die wichtigsten neueren Arbeiten; das Verzeichniss über die älteren Untersuchungen findet man bei BARFURTH und FRAISSE

1. ARNOLD J. Altes und Neues über Wanderzellen etc. Archiv f. pathol. Anatom. u. Physiolog. Bd. CXXXII, Folge XIII, Bd. II, 1893, pag. 502.
2. BARFURTH D. Die Regeneration des Amphibienschwanzes. Anatom. Anzeig. 1888, Jhrg. III, pag. 403—405.
3. BARFURTH D. Die Rückbildung des Froschlarvenschwanzes u. d. sog. Sarkoplasten. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XXIX.
4. BARFURTH D. Zur Regeneration der Gewebe. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XXXVII, pag. 406—91, T. XXII—XXIV. 1891.
5. BARFURTH D. Zur Entwicklung u. Regeneration d. Chorda dors. b. d. urodelen Amphib. Anat. Anz., Jhrg. VI, pag. 104—105. 1891.
6. BOVERI. Zellstudien. Jen. Zeitschr. Bd. XXII, pag. 685, T. XIX—XXIII. 1888.
7. CARRIERE J. Die postembryonale Entwickl. d. Epidermis d. Siredon p. Archiv. f. mikr. Anat. Bd. XXIV, pag. 19—49, T. II—III. 1885.
8. COHN T. Ueber Intercellularlücken u. Kittsubstanz. Anat. Hefte, I. Abth., Bd. V. 1895.
9. DRASCH O. Beobacht. a. leb. Drüsen mit u. ohne Reiz. d. Nerven derselb. Archiv f. Physiolog. Du Bois-REYMOND. T. II—VI, pag. 96—136. 1889.
10. EBERTH J. Zur Entwicklung der Gewebe i. Schwanze d. Froschlarven. Archiv f. mikr. Anat. Bd. II, pag. 490, T. XXIV—XXV. 1866.
11. EBNER V. v. Die Chorda dors. d. nied. Fische u. d. Entwicklung d. fib. Bindegewebe. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. LXII, pag. 469, T. XXIV—XXVI. 1897.
12. EISMOND J. E. Beiträge z. Kenntniss d. Attractionssphären u. d. Centosomen. Anat. Anz., Bd. X, pag. 229.
13. ERLANGER R. Neuere Ansichten über die Structur d. Protopl. etc. Zoolog. Centralbl. Bd. III, pag. 259—297. 1896.
14. ERLANGER R. Ueber den feineren Bau der Epithelzellen d. Kiemenblättchen d. Salamanderlarve u. ihre Theilung. Zool. Anz. Bd. XIX, Nr. 513, pag. 401. 1896.
15. ERLANGER R. Beiträge zur Kenntniss d. Structur d. Protopl. etc. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XLIX, T. XV—XVII, pag. 309—440. 1897.

16. FLEMMING W. Ueber Epithelregeneration etc. Archiv. f. mikr. Anat. Bd. XVIII, pag. 347—364. 1880.
17. FLEMMING W. Beiträge z. Kenntniss d. Zelle etc. II. Theil Archiv f. mikr. Anat. Bd. XVIII, T. VII—IX, pag. 151—259. 1880.
18. FLEMMING W. Studien über Regen. d. Gewebe. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XXIV, T. IV, pag. 50—91. 1885.
19. FLEMMING W. Neue Beiträge z. Kenntniss d. Zelle. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XXIX, XXIII—XXVI, pag. 389—447. 1887.
20. FLEMMING W. Ueber Theilung u. Kernformen bei Leukocyten. Archiv. f. mikr. Anat. Bd. XXXVII, T. XIII—XIV, pag. 249—298. 1891.
21. FLEMMING W. Neue Beiträge z. Kenntniss d. Zelle. II. Theil. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XXXVII, T. XXXVIII—XL, pag. 685—751. 1891.
22. FLEMMING W. Ueber Entwicklung d. coll. Bindegewebsfibrillen etc. Archiv. f. Anat. u. Phys., Anat. Abth. 1897, pag. 171—190, T. V—VI.
23. FISCHER A. Ueber Beeinflussung und Entwicklung d. Pigmentes. Archiv. f. mikr. Anat. Bd. XLVII, T. XXXVII, pag. 719—739. 1896.
24. FISCHER A. Ueber vitale Färbung d. Echinodermeneiern. Anat. Hefte, Heft 37, T. XXXIV—XXXV. 1899.
25. FRAISSE P. Die Regeneration von Geweben u. Organen b. d. Wirbelthieren, bes. Amphib. u. Reptilien. Buchausgabe. 1885.
26. GALEOTTI G. Ueber die Granulationen in den Zellen. Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. Bd. XII.
27. HÄCKER V. Ueber generative u. embryonale Mitosen, sowie path. Kerntheilungsbildung. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XLIII, T. XXXII u. Fig. 2, pag. 759—787. 1894.
28. HANSEN. Ueber die Genese einiger Bindegewebssubstanzen. Anat. Anz. Abth. 13, Bd. XVI, Nr. 17 u. 18.
29. HEIDENHAIN M. N. Untersuch. u. d. Centalkörper u. ihre Beziehung z. Kern u. Zellprotoplasma. Archiv. f. mikr. Anat. Bd. XLIII, T. XXV—XXXI, pag. 423. 1894.
30. HENNEGUY F. Leçons sur le Cellule. Paris 1896.
31. KOCHS W. Versuche über die Regeneration v. Organen bei Amphibien. Archiv. f. mikr. Anat. Bd. XLIX, T. XVIII, pag. 441. 1897.
32. KODIS F. Epithel u. Wanderzelle in d. Haut des Froschlarvenschwanzes. Archiv f. Physiolog. v. Du Bois-REYMOND, 1889, Supl.-Bd. p. 1—40, T. I—IV.
33. KOSTANECKI, K. Ueber d. Bedeutung der Polstrahlung während d. Mitose und ihr Verhältniss z. Theilung. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XLIX, XXIX—XXX, pag. 651—706. 1897.
34. KROMAYER E. Die Parenchythaut u. ihre Erkrankungen. Archiv f. Entwicklungsmechanik, Bd. VIII, Heft 2, pag. 252—354, T. VI Fig. 38. 1899.
35. KROMAYER E. Oberhautpigment d. Säugethiere. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XLII, T. I—II, pag. 1—15. 1893.
36. LANGERHANS P. Ueber die Haut der Larve v. Salamandra maculosa. Archiv. f. mikr. Anat. Bd. IX, T. XXXI, pag. 745—752. 1873.
37. LOEB L. Ueber Regeneration d. Epithels. Arch. f. Entwicklungsmech. Bd. VI, T. XV—XXII, u. Fig. 9, pag. 297—364. 1898.
38. LOOS A. Ueber Degenerationsersch. im Thierreich etc. Preisschr. d. JABLONOWSKISCHEN Gesellschaft z. Leipzig. 1889.
39. LUBARSCH. Zur Frage der Pigmentbildung. Anat. Anz. Bd. XIII, 1897.

40. LUKJANOW M. Grundzüge einer allgemeinen Pathologie d. Zelle, 1891.
41. MAYER S. Beiträge z. Histologie u. Physiolog. des Epithels. Lotos, Jhrb. d. Naturwissenschaftlich-med. Vereines z. Prag. Neue Folge. Bd. XII, pag. 24—40. 1892.
42. MAYER S. Zur Lehre v. Flimmerepithel etc. Anat. Anz. Bd. XIV, pag. 69—81, 1898.
43. MÜLLER H. Ueber d. Regeneration d. Wirbelsäule u. d. Rückenmarkes b. Triton und Eidechsen. Frankfurt a. M. 1864.
44. NIESSING G. Zellenstudien. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XLVI, pag. 147—167, T. V. 1895.
45. NOETZEL W. Die Rückbildung der Gewebe im Schwanz der Froschlarve. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XLV, pag. 475—512, T. XXVIII. 1895.
46. PAULICKI. Ueber die Haut des Axolotls. Archiv. f. mikr. Anat. Bd. XXIV, T. VIII bis IX, pag. 120—173, 1885.
47. PFITZNER W. Die Epidermis der Amphibien. Morph. Jahrb. Bd. VI, T. XXIV bis XXV, pag. 469—525. 1880.
48. RABL C. Ueber Zelltheilung. Morph. Jahrb., Bd. X, pag. 214, T. VII—XIII. 1885.
49. RABL H. Pigment u. Pigmentzellen in d. Haut der Wirbelthiere. Ergeb. d. Anat. und Entwicklungsgeschichte. Bd. VI. 1896 (97).
50. RABL H. Ueber die Herkunft des Pigmentes in der Haut der Larven d. urodelen Amphib. Anat. Anz. Bd. X, pag. 12—17. 1895.
51. RABL H. Ueber das Vorkommen v. Nebenkernen etc. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XLV, T. XXV, pag. 412—433. 1895.
52. RABL H. Ueber d. Kerne der Fettzellen. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XLVII, pag. 407 bis 415. 1896.
53. REINKE F. Zellstudien. I. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XLIII, T. XXII—XXIV, pag. 377—422. 1894.
54. REINKE F. Zellstudien. II. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XLIV, T. XIX, pag. 259. 1895.
55. RHUMBLER L. Versuch einer mech. Erklärung der indirecten Zell- und Kerntheilung. I. Theil. Archiv f. Entwicklungsmech. Bd. III, T. XXVI u. 39 Textfig., pag. 527—623. 1896.
56. RHUMBLER L. Physikalische Analyse von Lebenserscheinungen d. Zelle. Th. II und III. Archiv f. Entwicklungsmech., pag. 32—102, Bd. IX, Heft 1. 1899.
57. ROSENSTADT B. Studien über d. Abstammung u. Bildung des Hautpigmentes. Archiv f. mikr. Anat. Bd. L, pag. 350. 1897.
58. ROUX W. Homotropismus u. Allotropismus etc. Arch. f. Entwicklungsmech. Bd. VIII, Heft 2, pag. 355—359.
59. ROUX W. Beiträge z. Morphologie der functionellen Anpassung etc. Archiv f. Entwicklungsgesch. u. Anat. (HISS, BRAUNE), pag. 76, T. IV. 1883.
60. SCHULZE E. F. Ueber die Verbindung der Epithelzellen untereinander. Sitzungsbericht d. k. Preuss. Akad. d. Wiss. Bd. VIII, pag. 971—983. 1896.
61. SIEDLECKI M. Ueber die Structur u. Kerntheilungsvorgänge b. d. Leukocyten d. Urodelen Anz. Akad. d. Wiss. in Krakau. 1895, 4. April, pag. 114—118.
62. SOLGER B. Zur Kenntniss d. Pigmentzelle. Zool. Anz. 1889 u. Anat. Anz. 1891.
63. STRASSER. Zur Entwicklung der Extremitätenknorpel b. Salamandern u. Tritonen. Morph. Jahrb. Bd. V.
64. STODNICKA K. Ueber d. Vorhandensein v. intercellul. Verbind. im Chordagewebe. Zool. Anz. Nr. 538 u. 539. 1897, Bd. XX.

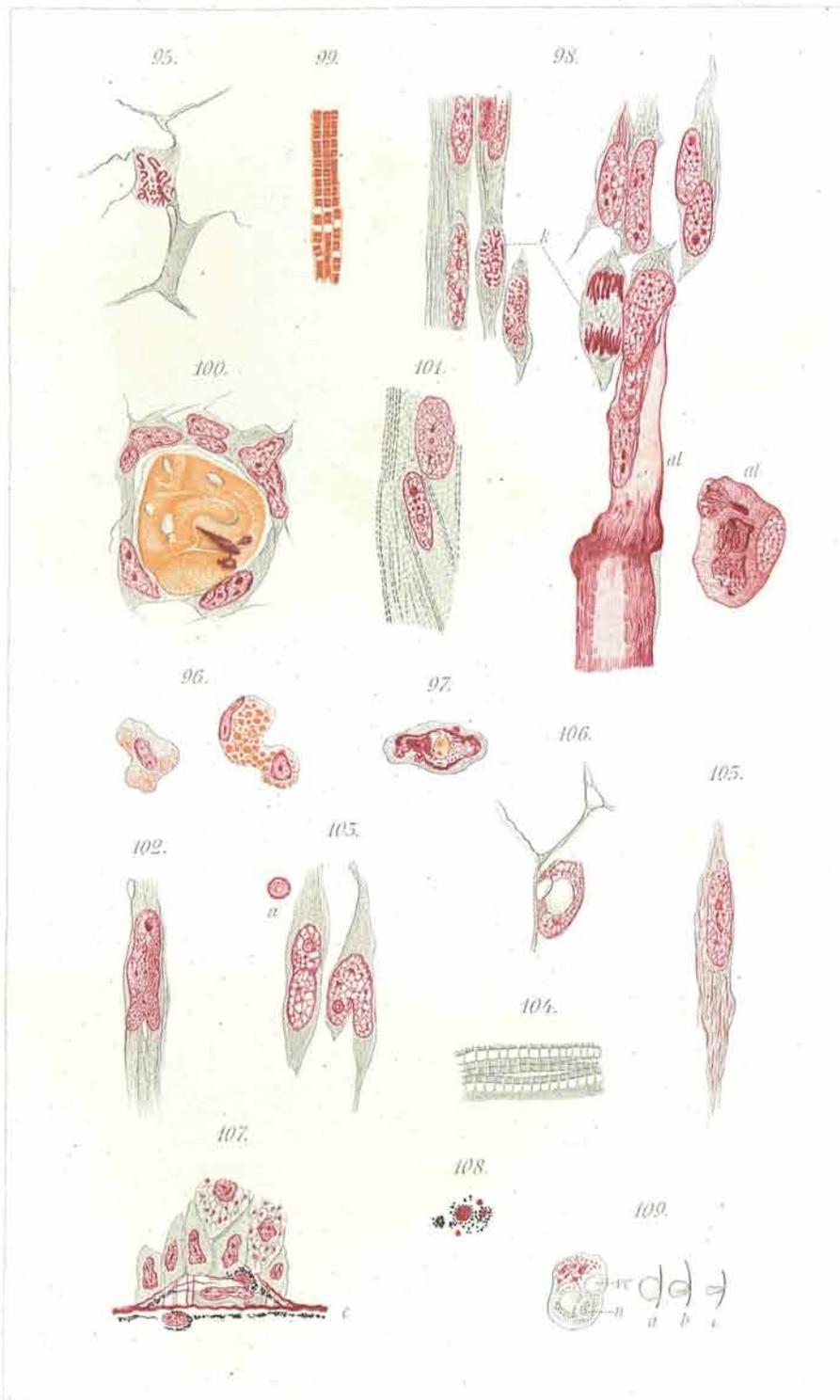
44 S. Pro wazek: Zur Regeneration des Schwanzes der urodelen Amphibien.

65. STUĐNÍČKA K. Ueber d. Gewebe d. Chorda dorsalis u. den sog. Chordaknorpel. Sitzungsber. der königl. böhmischen Gesellschaft d. Wiss., mathem.-naturw. Cl. 1897, pag. 48—71, T. I—II.
66. WENDT. Ueber d. Chemismus im leb. Protoplasma. Jen. Zeitschr. Bd. XXVIII. 1894.
67. ZIMMERMANN. Studien ü. Pigmentzellen. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XLI. 1893.
68. ZIMMERMANN. Ueber die Theilung der Pigmentzellen, speciell der verästelten intraep. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XXXVI, 1890.
69. ЗУКОФ. Ueber das Verhalten d. Knorpels zur Chorda bei Siredon pisciformis. Bull. de la soc. des nat. de Moscou. Tome 7. 1893.

Ausserdem wurden auch die fortlaufenden Referate von BARFURTH in den Ergebnissen der Anatomie und Entwicklungsgeschichte von MERKEL und BONNET benützt.







# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten aus dem Zoologischen Institut der Universität Wien und der Zoologischen Station in Triest](#)

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [13](#)

Autor(en)/Author(s): Prowázek Stanislaus von Lanov

Artikel/Article: [Zur Regeneration des Schwanzes der urodelen Amphibien. 81-124](#)