

Biologisches Zentralblatt

Begründet von J. Rosenthal

Unter Mitwirkung von

Dr. K. Goebel

und

Dr. R. Hertwig

Professor der Botanik

Professor der Zoologie

in München

herausgegeben von

Dr. E. Weinland

Professor der Physiologie in Erlangen

Verlag von Georg Thieme in Leipzig

39. Band

Juli 1919

Nr. 7

ausgegeben am 31. Juli 1919.

Der jährliche Abonnementspreis (12 Hefte) beträgt 20 Mark
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Die Herren Mitarbeiter werden ersucht, die Beiträge aus dem Gesamtgebiete der Botanik an Herrn Prof. Dr. Goebel, München, Menzingerstr. 15, Beiträge aus dem Gebiete der Zoologie, vgl. Anatomie und Entwicklungsgeschichte an Herrn Prof. Dr. R. Hertwig, München, alte Akademie, alle übrigen an Herrn Prof. Dr. E. Weinland, Erlangen, Physiolog. Institut, einzusenden zu wollen.

Inhalt: W. Goetsch, Neue Beobachtungen und Versuche an Hydra. S. 289.
C. Emmelius, Beiträge zur Biologie einiger Ameisenarten. S. 303.
F. Poche, Über das Definieren der systematischen Gruppen. S. 311.
Ph. H. Latzin, Die Rolle der Ausgleichsprinzipie in der Theorie des Lebens. S. 318.
E. Bresslan u. M. Buschkiel, Die Parasiten der Stechmückenlarven. S. 325.

Neue Beobachtungen und Versuche an Hydra.

Von Dr. Wilh. Goetsch, Assistent des Zoolog. Instituts Straßburg.

Im 37. Band des Biolog. Zentralblattes habe ich eine vorläufige Mitteilung veröffentlicht über Versuche und Beobachtungen an Hydren, bei denen Regeneration und Fortpflanzung zusammenfielen. Diese Mitteilung möchte ich nunmehr in einigen Aufsätzen erweitern und näher ausführen. Ich werde mich dabei, der Zeit gehorchend, in der wir leben, so kurz wie möglich fassen und nur einzelne meiner in zahlreichen Protokollen niedergelegten Beobachtungen genauer beschreiben, die übrigen dagegen mehr allgemein darstellen.

Das Untersuchungsmaterial bestand wiederum aus *Hydra fusca*, den braunen Süßwasserpolyphen, die nach manchen Autoren, in verschiedene Spezies eingeteilt werden. Ich behalte jedoch, R. Hertwig und seinen Schülern folgend, den Namen *fusca* bei, besonders da es für diese Untersuchungen gleichgültig ist, welche spezielle Art oder Unterart vorliegt.

Diese erste Mitteilung hier wird hauptsächlich von der

Bildung und Rückbildung der Hoden

und den damit in Zusammenhang stehenden Vorgängen handeln, an die ich dann noch einige Beobachtungen anfügen werde, die sich an die gewonnenen Resultate anschließen lassen.

Zunächst seien über die Abhängigkeit der Hodenentwicklung von der Witterung, auf die ich schon in der früheren Arbeit hinwies, noch einige Beobachtungen mitgeteilt.

Die zu den Untersuchungen im Sommer 1918 benutzten Tiere entstammten fast alle einem Aquarium, in das die Reste früherer unter den verschiedensten Bedingungen gehaltenen Kulturen überführt waren und dort den Winter überdauerten. Ende Juni 1918 setzten fast alle Tiere dieses Aquariums plötzlich Hoden an, Zählungen ergaben 90 % mit und nur 10 % ohne Hoden. Wie bei früheren Beobachtungen ließ sich auch hier feststellen, daß nach längerer wärmerer Zeit kurz vorher, am 15. Juni, ein Witterungsumschlag eingetreten war, mit Kälte und Regen, so daß wohl sicher hierin die einsetzende Hodenproduktion zu suchen ist. Die Tiere, welche ich für diese Untersuchungen benützte, erhielten reichlich Futter, bildeten aber trotzdem keine Knospen. Am 2. Juli waren die Hoden bei fast allen Hydren verschwunden, nur wenige besaßen noch wohlentwickelte, mit beweglichen Spermien gefüllte männliche Geschlechtsorgane. Die Witterung war seit dem 29. Juni wieder wärmer geworden und hatte wohl so die Hodenbildung ungünstig beeinflußt. Hierzu ist noch zu bemerken, daß auch die Tiere, mit denen ich experimentierte, plötzlich rascher als zu erwarten war die Hoden rückbildeten, so daß ich für die ferneren Versuche besondere Vorsichtsmaßregeln mit gleichmäßig bleibenden Bedingungen anwenden mußte.

Am 28. Juli begannen die Hydren desselben Aquariums von neuem mit der Hodenbildung, und wiederum war nach einer größeren Anzahl warmer Tage kälteres Wetter eingetreten. Und nicht nur in diesem Aquarium bildeten die Tiere männliche Geschlechtsorgane, sondern auch in allen Behältern, die zu den verschiedensten Zeiten besetzt waren. Es zeigte sich auch durch Kontrollbeobachtungen, daß nicht nur bei der Zimmertemperatur der Umschlag der Witterung sich bemerkbar machte, sondern auch in den Teichen ließen sich jetzt Hydren mit Geschlechtsorganen finden, so daß wohl sicher der Witterungsumschlag von wärmerer zu kälterer Temperatur einen Einfluß auf die Hodenentwicklung hat und ihren Beginn verursacht.

Nach diesen Bemerkungen über das zeitliche Auftreten der Hoden noch einige neue Beobachtungen über ihre Entwicklung.

Nach Kleinenberg, Nußbaum u. a. werden die Hoden vor den Ovarien angelegt, und entstehen aus den intermediären Zellen des Ektoderms unmittelbar unter dem Tentakelkranz. Im reifen

Zustand bilden die Hoden mehrere, „einer Mamma ähnliche weiße Erhebungen“ (Nußbaum) oder „hohe Zylinder“ (Kleinenberg), an deren Außenseite die Ektodermzellen nur mehr als plattgedrückte, einschichtige Zelllage zu finden sind, ohne daß in ihnen noch Nesselzellen angetroffen werden können. Im Zustand der Entwicklung soll nach Kleinenberg „die Bildung der samenbereitenden Organe eingeleitet werden durch auf rundlich umschriebene Stellen beschränktes Wachstum von Ektodermzellen, so daß sich die Hoden äußerlich zuerst nur als flache beulenartige Erhebung und durch ihre weißliche Farbe markieren“. Diesen Ausführungen kann ich nur in der Beschreibung der Farbe beistimmen. Nach meinen Beobachtungen beginnt die Entwicklung der männlichen Geschlechtsorgane äußerlich sich in nicht festumgrenzten Vorbuchtungen des Ektoderms zu zeigen, die häufig den ganzen Körper des Tiers einnehmen. Die Abbildung 1 gibt ein Bild von derartigen jugendlichen Stadien der männlichen Geschlechtsdrüsen, das mit den sonst gezeigten und gezeichneten so wenig übereinstimmt, daß ich selbst zunächst zweifelhaft war, ob hier überhaupt Hoden vorlägen oder irgendeine Mißbildung und Krankheit, die das Ektoderm auftrieb. Erst nach und nach entstanden dann aus diesen den Körper des Tiers manchmal ganz umziehenden Auftreibungen örtlich umgrenzte Stellen; es trat aus dem einheitlichen Gürtel bald hier, bald da eine stärkere Erhebung zutage (Fig. 1 a rechts), die sich dann nach und nach mehr ausbreitet. Nach Verebbung der dazwischen liegenden Partien entstehen hieraus dann die typischen, zipfel- oder zitzenförmigen Hoden, die jedoch manchmal bis zu einem sehr späten Stadium noch mit ihren Basen zusammenhängen (Fig. 1 b).

Fig. 1.



a: *Hydra fusca* mit ersten Hodenanlagen, die das ganze Tier umziehen.
b: Reife Hoden an der Basis verwachsen.

Abweichend von den bisher beschriebenen Beobachtungen ist demnach sowohl das gleichzeitige Auftreten der Hoden wie auch das Fehlen eines begrenzten Bezirks. Diese Erscheinung hat vielleicht ihre Ursache in der allzu stürmischen Hodenproduktion, die nach Hertwig eintreten kann, wenn die Tiere aus wärmerer Temperatur ins Kalte gestellt werden.

Auf die speziellen Verhältnisse bei der Hoden- und Sperma-

entwicklung will ich hier nicht näher eingehen, da von den verschiedensten Autoren hierüber ausführliche Beschreibungen vorliegen. Das Endprodukt dieser Entwicklung ist die zipfel- oder zitzenförmige Erhebung, abgeschlossen nach außen durch die platten Ektodermpartien, deren Zellgrenzen häufig verwischt sind. Innerhalb dieser Ektodermumhüllung finden sich, suspendiert in einer Flüssigkeit, die Entwicklungsstadien der Spermien, bei ganz reifen Hoden an der Spitze die ausgewachsenen Spermatozoen, mit stark färbbarem Köpfchen und den Schwanzteilen, deren wimmelnde Bewegung schon bei schwächerer Vergrößerung sichtbar ist, besonders an der Spitze der Hoden. Das Aufhören dieser Bewegung zeigt rein äußerlich die eintretende Degeneration und Rückbildung der Hoden an, der wir uns nun zuwenden wollen.

Wie ich in einer früheren Mitteilung in Bd. 37 dieser Zeitschrift schon beschrieb, tritt eine Rückbildung der Geschlechtsorgane, sofern sie noch nicht allzuweit ausgebildet sind, in dem Moment ein, in welchem die Hydren zur Regeneration der verloren gegangenen oder amputierten Körperteile schreiten. Bei den Hoden wird äußerlich diese Rückbildung dadurch sichtbar, daß, wie soeben erwähnt, die Spermabewegung geringer wird und nach und nach aufhört; dann beginnen die einzelnen Hodengebilde ihre straffe Form zu verlieren, sie fangen an etwas zu schrumpfen, wodurch die einzelnen Zellen des Ektoderms auch äußerlich als kugelige Gebilde sichtbar werden (Fig. 2a). Auf einem weiteren Stadium der Rückbildung sind dann die Hodenreste nur mehr als flache Erhebungen über der Körperoberfläche sichtbar (Fig. 2b); allmählich verstreicht auch diese geringe Ausbuchtung, und zu allerletzt sind die Hoden dann nur noch als kleine weißliche Gebilde zwischen Ektoderm und Entoderm zu sehen, die häufig auch äußerlich eine Vorbuchtung des inneren Blattes verursachen. Dann verschwinden sie restlos und sind an lebenden Tieren nicht mehr nachweisbar.

Die Zeitspanne, in welcher diese bis zum völligen Verschwinden der Hoden führenden Vorgänge sich abspielen, ist verschieden. Es hängt die Schnelligkeit des Verlaufs einmal ab von der Witterung; bei wärmerer Temperatur geht die Reduktion bedeutend rascher vor sich als bei niedriger. Nach 5—6 Tagen ist im allgemeinen auch bei kälterer Umgebung die Rückwärtsentwicklung soweit vorgeschritten, daß bei lebenden Tieren und Totalpräparaten nichts mehr von Hoden und Spermaresten gesehen werden kann, bei wärmerer Temperatur kann die Rückbildung schon nach 2—3 Tagen vollendet sein. Dies geschieht jedoch nur unter ganz besonderen Bedingungen. Beschleunigt wird die Reduktion nämlich außerdem noch durch den Ernährungszustand, in dem sich die Tiere befinden. Je schlechter dieser ist, um so schneller verschwinden die Hoden, während ein guter Ernährungszustand, der sich meist

in der dunkleren Färbung der Tiere kundtut, die Rückbildung verlangsamt. Endlich kommt es noch auf die Lage der Hoden an. In nächster Nähe der Schnittfläche, an der die Regeneration ansetzt, verkleinern sich die Hoden bedeutend schneller als an Stellen, die von dieser Regenerationszone entfernter sind. Auch hier ist noch ein Unterschied zwischen den einzelnen Teilstücken der Tiere zu machen. Ein Kopfteil, der nur den Fuß zu ergänzen hat, reduziert die Hoden weniger rasch als ein unteres Stück, bei welchem der ganze Kopfteil mit den Tentakeln neu zu entstehen beginnt. An der Abb. 2, welche Teilstücke ein und desselben Tieres zu derselben Zeit darstellt (nach 2 Tagen), kann man sich von dem Unterschiede der Hodenreduktion an den verschiedenen Teilen ein Bild machen. Stücke endlich, die aus der Mitte herausgeschnitten sind und Kopf und Fußscheibe entbehren, reduzieren unter denselben Bedingungen die Hoden am schnellsten.

Fig. 2.

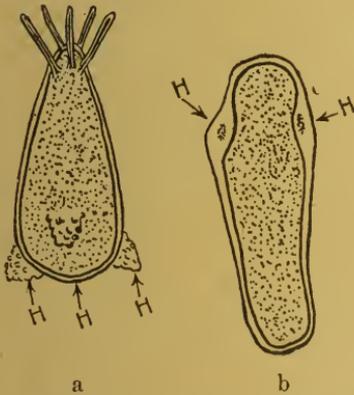


Fig. 3.

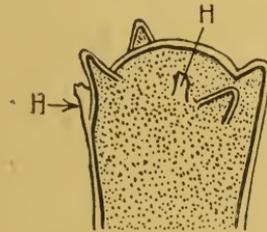


Fig. 2. a: oberes, b: unteres Teilstück einer *Hydra*, 2 Tage nach der Operation.
H = Hoden.

Fig. 3. Regenerierendes unteres Teilstück von *Hydra* mit Hoden unmittelbar an den Tentakelanlagen.

Diese hier angeführten Tatsachen geben uns schon einen Hinweis dafür, was als Ursache der Reduktion von den Geschlechtsorganen anzusehen ist. Der Grund der Rückbildung ist stets darin zu suchen, daß bei der eintretenden Regeneration viel Material gebraucht wird, sodaß sofort die Weiterentwicklung der nahe gelegenen Hoden unterbleiben muß. Es ist möglich und sogar wahrscheinlich, daß die ganz reifen Spermatozoen noch ausgestoßen werden und ins Freie gelangen; die übrigen nicht völlig zur Reife gelangten dagegen bleiben in der Entwicklung zurück und dienen als Material zum Wiederaufbau des Tiers. Bei der Neubildung der Fußscheibe, die sich ja äußerlich als keine besonders hervortretende Organbildung zeigt, läßt sich der Verbrauch der Ge-

schlechtsorgane nicht so ohne weiteres makroskopisch beobachten; man muß sich darauf beschränken, die Rückbildung der Hoden sukzessive bis zu ihrem Verschwinden zu kontrollieren und kann dann 1–2 Tage später feststellen, daß das Tier die Möglichkeit der Anheftung nunmehr wieder erlangt hat.

Bei der Bildung der Tentakeln dagegen läßt sich auch äußerlich beobachten, daß der Abbau der Hoden mit dem Aufbau der kleinen Tentakeln Hand in Hand geht. Die Tentakeln entstehen nämlich vorzugsweise da, wo Hoden in Rückbildung sich befinden. Sie bilden sich stets im allernächsten Umkreis der reduzierten Hoden, in manchen Fällen sogar aus den Hodenresten selbst. Die in den Abbildungen 3, 4 und 5 gezeichneten Verhältnisse waren besonders instruktiv.

Das in der Figur 3 gezeichnete untere Stück einer *Hydra* zeigt die Regenerationszone, an der sich gerade kleine Tentakelanlagen bilden; bei der warmen Temperatur, in der das Tier gehalten wurde, geschah dies schon am zweiten Tag, nachdem der Kopfteil entfernt war. Wie man an der Abbildung sieht, liegen die schon stark rückgebildeten Hoden immer ganz in der Nähe der Tentakelanlagen, links auf dem Bilde unmittelbar an der Basis der kleinen Tentakelknospe. Bei der mit Nr. 73 in meinen Protokollen bezeichneten *Hydra* war ähnliches zu beobachten. Am 12. VI. 1918, dem zweiten Tag nach der Operation, waren die drei Hoden des unteren Teilstücks bereits stark degeneriert, die oberen mehr als die unteren (Fig. 4 a). Eine Bewegung von Sperma war nicht mehr sichtbar. Am 13. VI. frühmorgens waren an den Stellen der Hoden drei Vorstülpungen sichtbar, die oberste war die größte und ließ sich deshalb sowohl wie wegen ihrer Lage als Tentakelanlage identifizieren; bei der in Abb. 4 b links gezeichneten Vorwölbung dagegen war es zweifelhaft, ebenso bei der ein Stück unter der ersten liegenden dritten Ausbuchtung, ob man einen Hoden vor sich hatte oder einen jungen Tentakel. Ich war zunächst geneigt, das erstere anzunehmen, zumal wegen der Lage, an der man doch keinen Tentakel erwarten konnte. Es zeigte sich jedoch bald, daß hier trotz der ungewöhnlichen Lage ein junger Tentakel sich bildete, denn bereits am Nachmittag desselben Tages wuchs sich die Vorwölbung zu einem wirklichen kleinen Fangarm aus, und auch der dritte Auswuchs auf der entgegengesetzten Seite bildete sich zu einem Tentakel um, so daß am Abend, als ich das Tier abtötete, sich ein Bild ergab, wie es die Figur 4 c zeigt: einen kleinen und einen etwas größeren Tentakel an der obersten Spitze, und unterhalb des größeren, also an einer Stelle, wo normalerweise niemals ein Fangarm zu finden ist, ein dritter hervorwachsender Tentakel.

Noch demonstrativer gestalteten sich die Beobachtungen an einem anderen Tier, bei dem die Umbildung eines Hodenrestes in

einen Tentakel unter meinen Augen vor sich ging. Die Figur 5 a zeigt den unteren Stumpf einer *Hydra*, der bei niedrigerer Temperatur das Köpfehen zwei Tage vorher abgeschnitten war. Man sieht an dem Bild noch deutlich zwei große Hoden, die dicht an der Schnittstelle sich befinden, während der dritte Hoden, der sich auf der hinteren Seite befand, deshalb natürlich nicht sichtbar ist. Alle Hoden zeigten zu dieser Zeit (12. VII. 1918) noch lebhaftes Spermabewegung. Am Tage danach waren in den frühen Morgenstunden die Hoden in beginnender Degeneration; an der äußersten Spitze des ganzen Stumpfes erhob sich eine ganz leichte Vorwölbung, die erste Anlage eines Tentakels, wie sich später herausstellte. Am 14. VII. waren 4 Uhr morgens außer dem ersten, im Wachstum

Fig. 4.

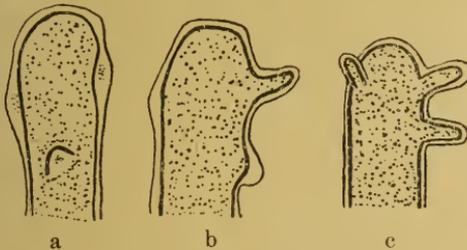


Fig. 4. a—c Fortschreitende Umbildung von Hoden in Tentakel.

begriffenen Tentakel an der Spitze noch unzweifelhaft als Hoden zu bezeichnende Erhebungen festzustellen, die von Stunde zu Stunde jedoch sich immer mehr rückbildeten. Dafür begannen nunmehr die Tentakelanlagen hervorzusprießen, zunächst zwei weitere, die etwas oberhalb der Hodenreste entstanden, und zwar so, daß sie sich immer zwischen je zwei Hoden befanden. Am Abend desselben Tages zeigte das Tier das Bild der Figur 5 c; d. h. es waren drei große Tentakel vorhanden, und eine kleinere Anlage zu einem vierten; der eine Hoden war ganz verschwunden, ein anderer, auf der Abbildung nicht sichtbar, in starker Degeneration, der dritte, in der Figur unterhalb des einen Tentakels zu sehen, ebenfalls bereits stark geschrumpft, aber noch deutlich als Hoden erkennbar.

An diesem zuletzt erwähnten Hoden ließ sich nun unzweifelhaft die Umbildung in einen Tentakel feststellen. Am 15. VII. ganz früh morgens nämlich konnte man an dem Tier neben vier wohl ausgebildeten Tentakeln und einem in Abb. 5 d unten links sichtbaren ganz geringen Restchen des zweiten Hodens noch den dritten Hoden in sehr weit fortgeschrittener Degeneration erkennen; am Vormittag begann die Umbildung in einen Tentakel, d. h. an der Stelle, an welcher der Hoden sich befand, konnte man eine ganz minimale Vorstülpung erkennen, die ein Mittelding zwischen einem Hodenrest und einer jungen Tentakelanlage darstellte (Fig. 5 d).

Am Nachmittag des 15. VII. war es dann nach und nach unzweifelhaft geworden, daß hier ein fünfter Tentakel hervorzusprießen begann, und zwar, wie es Figur 5 d und e zeigt, an einer Stelle, die etwas unterhalb der übrigen Tentakel sich befand; wie bei dem in der Abb. 4 gezeichneten Tier an einer Stelle also, an welcher sich für gewöhnlich keine Tentakel finden.

Die Frage, wie diese Umwandlung vor sich geht und wie solche Umsetzungen zu erklären sind, konnten die Beobachtungen an lebenden Tieren nicht beantworten. Schnitte dagegen gaben guten

Fig. 5.

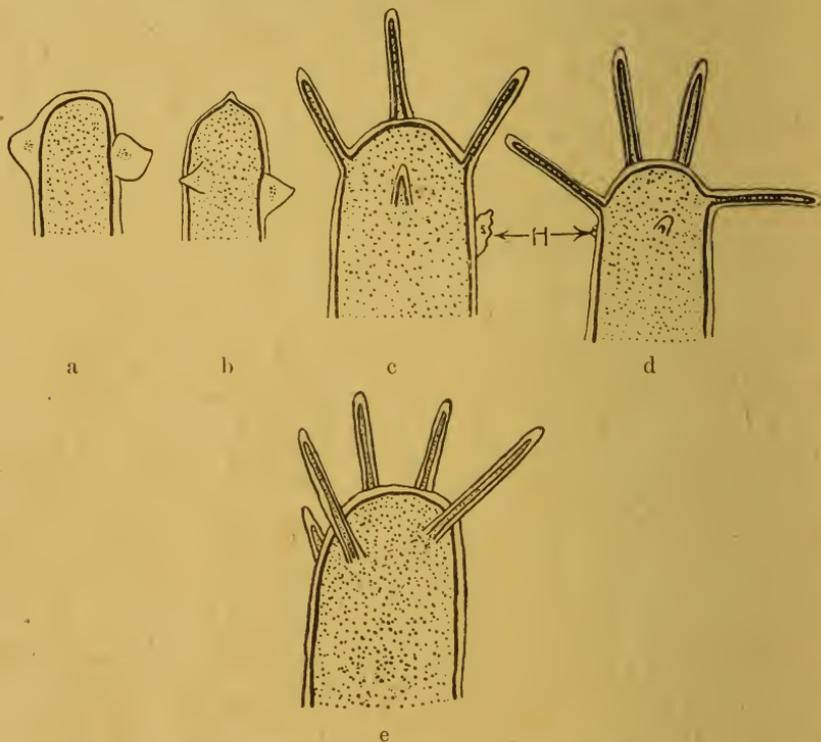


Fig. 5. Umbildung von Hoden in Tentakeln bei *Hydra fusca*. H = Hodenreste.

Aufschluß darüber und konnten auch die Resultate der an lebenden Tieren gemachten Untersuchungen bestätigen. Es zeigte sich nämlich auch an den Schnitten, daß die der Operationswunde näher liegenden Hoden stets weiter rückgebildet waren als die, welche ihr entfernter lagen. Die größere oder geringere Degeneration macht sich in den Schnitten in der Weise geltend, daß in den Hoden und Hodenresten mehr oder weniger Spermatozoen sichtbar sind; sie treten in den Serien als kleine, lebhaft und kräftig gefärbte länglichrunde Körperchen hervor, teils einzeln, teils zu Klumpen geballt, und können mit anderen Organen und Organteilen gar

nicht verwechselt werden (Fig. 6—8). Was wird nun aus diesen Körperchen, wenn die durch eintretende Regeneration bedingte Rückbildung der Hoden eintritt? Bilden sie sich um oder werden sie aufgelöst? Beides konnte theoretisch angenommen werden. Die Untersuchungen der Schnittserien ergaben jedoch ein anderes Resultat; sie zeigten, daß die Spermatozoen verdaut werden, und zwar in ganz normaler Weise von den Entodermzellen, als ob sie Nahrungskörper wären.

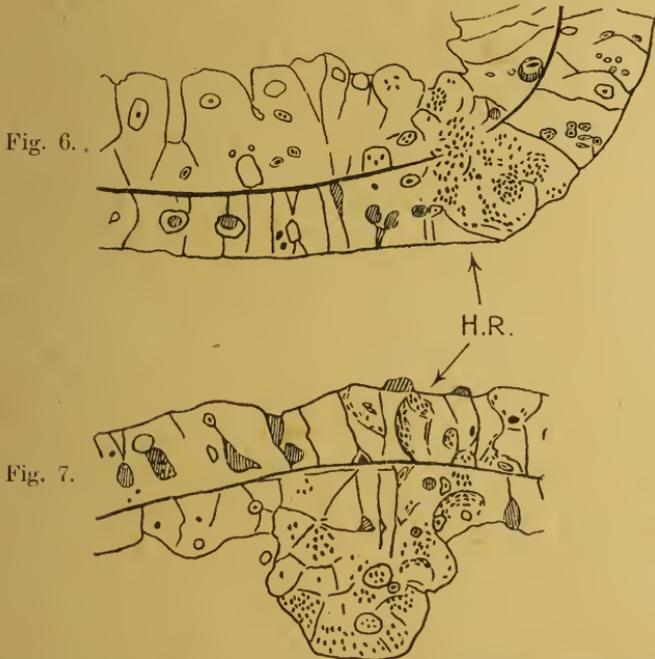


Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 6. Schnitt durch *H. f.* mit Hoden, die in Reduktion sich befinden. Überwandern der Spermien nach Auflösung der Stützlamelle. HR = Hoden-Reste. Obj. V. Oc. I.

Fig. 7. Längsschnitt durch *H. fusca*. Vorbuchtung der Entodermzellen, die mit Sperma-Resten angefüllt sind. Obj. V. Oc. I.

Jeder Schnitt durch eine *Hydra*, deren Hoden einige Zeit in Reduktion sich befanden, zeigte die eigenartige Tatsache, daß die typischen unverkennbaren Spermien auch im Entoderm zu finden waren. Systematische Versuche und Schnittserien von Tieren, die in den verschiedensten Reduktionsstadien abgetötet wurden, ließen dann auch erkennen, wie eine solche Erscheinung zustande kommt. Bei Tieren, die kurz nach der Operation geschnitten wurden, sind die Spermatozoen natürlich nur im Ektoderm anzutreffen. Nach kurzer Zeit jedoch beginnen sie auch im Entoderm aufzutreten. Es war zunächst unklar, wie das möglich ist, da ja zwischen beiden Schichten eine Stützlamelle sich befindet, die ein einfaches Über-

treten von einer Schicht zur andern verhindert. Es zeigte sich nun, daß diese Stützlamelle bei solchen Stücken, die Hoden in Reduktion besaßen, an manchen Stellen eine Strecke weit durchbrochen und aufgelöst war; meist nur ein kleines Stück weit, so daß auf Schnittserien von $10\ \mu$ nur an einem einzelnen Schnitt die Durchbrechung mit aller Deutlichkeit sichtbar war, während an den vorhergehenden und folgenden Schnitten die Lamelle in ununterbrochener Linie verlief und die beiden Schichten trennte. Abb. 6 zeigt eine solche Durchbrechung der Stützlamelle, und zeigt auch, wie die Spermatozoen mit der Überwanderung vom Ektoderm ins Entoderm beginnen.

Fig. 8.

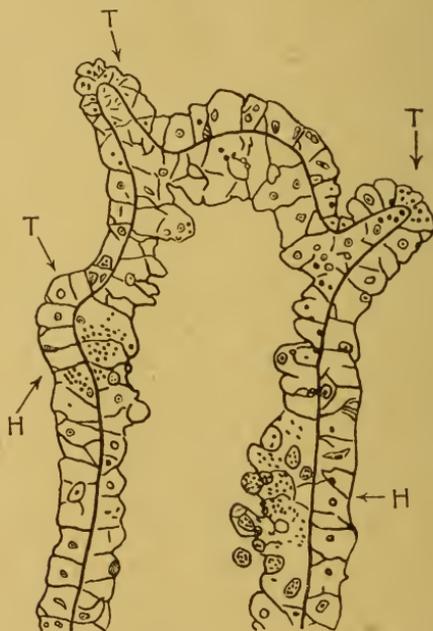


Fig. 8. Schnitt (längs) durch *Hydra fusca* mit degenerierten Hoden (H) und hervorstehenden Tentakeln (T). Rechts Spermia nur im Entoderm.
Obj. III. Oc. III.

Je weiter die Reduktion der Hoden fortschreitet, um so weniger Spermien sind im Ektoderm anzutreffen, während sich die Entodermzellen immer mehr mit ihnen füllen. Sie werden dann dort in Vakuolen eingeschlossen und intrazellulär verdaut, wie es die Abb. 7 demonstriert, die einige solcher Nahrungsvakuolen mit Spermaresten aufweist. Nach und nach verschwinden die Spermatozoen immer mehr aus dem Ektoderm (Abb. 8 rechts); sie füllen nunmehr nur das Entoderm, das auf diese Weise an bestimmten Partien unter sehr günstigen Ernährungsbedingungen steht. Die Folge davon ist ein Größer- und Kräftigerwerden der Entoderm-

zellen an diesen Stellen, so sehr meist, daß das Entoderm hier große Vorbuchtungen bildet (Abb. 7)

Dieses an bestimmten Bezirken lokalisierte Wachstum und die dadurch bewirkte Vermehrung der Zellen, hervorgerufen durch die fortwährende Fütterung mit immer nachdringenden Spermien, erklärt es nun, daß gerade an diesen Stellen die Regeneration und Neubildung von Organen besonders rasch eintritt. Das vorhandene Nährmaterial begünstigt die Wachstumsbedingungen natürlich sehr, so daß schon im allgemeinen an solchen Punkten das Hervorwachsen der Tentakeln verständlich ist. Es läßt sich aber auch noch ein direkter Einfluß von den in Rückbildung begriffenen Hoden an der Neuentstehung der Fangarme feststellen. Die Vergrößerung und das Wachstum der Entodermzellen verursacht nämlich nicht nur eine Vorwölbung nach innen, sondern auch häufig eine Ausbuchtung nach außen (Fig. 8 links), und drängt dann das Ektoderm ebenfalls nach außen, besonders da diese Zellen, welche die Hodenbedeckung dort bildeten, sehr dünn sind. Sie bilden sich erst nach und nach wieder zu den typischen Ektodermzellen um, sind also ihrerseits ebenfalls in Entwicklung und Wachstum begriffen. Und so kommt es, daß unmittelbar aus den Hodenresten so leicht Tentakel hervorgehen, auch an Stellen, die unterhalb des normalen Tentakelkranzes liegen.

Die Abb. 8 zeigt einen derartigen Fall. Der Längsschnitt durch einen regenerierenden *Hydra*-Stumpf weist am äußersten Ende zwei etwas größere Tentakel auf. Unterhalb der auf der Abbildung nach links liegenden Tentakelknospe befand sich ein Hoden, dessen Samenelemente bis auf geringe Reste aus dem Ektoderm verschwunden sind. Das Entoderm enthält dagegen noch reichlich in Verdauungsvakuolen eingeschlossene Spermien, auf dem Schnitt selbst sind allerdings nur geringe Reste getroffen, die in großen, nach dem Ektoderm zu vorgebuchteten Zellen liegen. Die Zellen der äußeren Schicht, welche die Umhüllung der beinahe ganz verschwundenen Hoden bildeten, sind ihrerseits in Regeneration und Wachstum begriffen, und so ist es unzweifelhaft, daß aus dieser Hervorwucherung ebenfalls ein Tentakel herausgewachsen wäre, wenn ich das Tier nicht abgetötet hätte. Verschiedene andere Schnitte durch größere Tentakelanlagen mit Hodenresten sowie die Beobachtungen an lebenden Objekten liefern dafür den Beweis.

Die zunächst so auffallende Erscheinung, daß so verschiedene Organe wie Hoden und Tentakel sich unmittelbar ineinander verwandeln können, ist im Grunde genommen also nur auf die Tatsache zurückzuführen, daß da, wo viel Nahrung vorhanden ist, auch zunächst eine Entwicklung, eine Regeneration erfolgt. Die negative Seite dieser Erscheinung ließ sich ebenfalls an meinen Untersuchungsobjekten beobachten: es traten Hemmungen da ein, wo

eine Art Kampf der Teile um das Nahrungsmaterial stattfand. Eine *Hydra* mit Knospe, welcher der Kopfteil oberhalb der Knospe abgeschnitten war, bildete stets neue Tentakel zunächst an der von der Knospe abgewandten Seite; war die Knospe selbst noch in Entwicklung und besaß noch keine Fangarme, so entstanden immer zunächst nur an der unteren Seite Tentakelanlagen, d. h. ebenfalls an der Stelle, an welcher keine Konkurrenz mit anderen Teilen vorliegt, die ihrerseits Regenerations- und Nahrungsstoffe brauchen (Abb. 10). Bei den Ovarien, die schon zu differenziert sind, als daß sie rückgebildet werden können, läßt sich dasselbe beobachten. In der früheren Arbeit habe ich eine solche *Hydra* abgebildet, die auf der einen Seite ein in der Weiterentwicklung begriffenes Ovar trägt, während auf der diesem abgewandten Seite

Fig. 9.

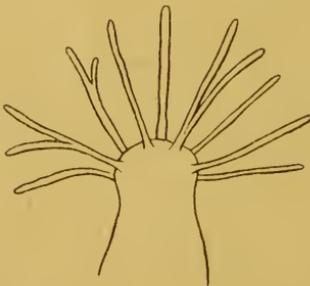


Fig. 10.



Fig. 9. Kopf von *Hydra fusca* mit zuvielen bei der Regeneration entstandenen Tentakeln, die mit der Verschmelzung beginnen.

Fig. 10. Regenerierender Stumpf von *Hydra fusca* mit wachsender Knospe; an den einander zugewandten Seiten Wachstumshemmung der Tentakeln.

Tentakel hervorzusprießen beginnen. In allen solchen Fällen sind immer die Tentakel am weitesten in der Entwicklung fortgeschritten, welche dem konkurrierenden Teil am weitesten abgewandt sind. Besonders schön läßt sich dies an einem knospenden Tier sehen, wo dann wie in der Figur 10 dem großen Tentakel der Knospe der größte Fangarm des Regenerationsstumpfs gegenübersteht, jeder flankiert von zwei kleineren.

Es sucht demnach, wie es sich aus dem vorhergehenden ergibt, immer zunächst ein jeder Teil unabhängig von dem anderen zu wachsen; die Knospe oder die Geschlechtsorgane wollen sich weiterentwickeln, der verletzte Teil das Verlorengegangene ersetzen. Dieser Kampf reguliert sich indes bald; es tritt eine Harmonie der Teile ein, wobei dann die eine Kraft die andere überwiegt. Und zwar ist dabei eine gewisse Reihenfolge festzustellen, auf die ich schon früher hinwies. Jede Knospe, sei sie auch noch so klein, hat immer den Vorzug vor dem Regenerationsstumpf und wächst

auf seine Kosten, ihn nach und nach ganz in sich aufnehmend. Der abgeschnittene Stumpf dagegen regeneriert und rangiert vor den Geschlechtsorganen, und er braucht sie auf, sofern sie nicht schon zusehr spezialisiert und differenziert sind. Ist dies der Fall, so kann die Rückentwicklung unterbleiben; es zeigt sich dies gut bei den Ovarien, weniger deutlich bei den Hoden, da hier ja eine ganze Zeit lang immer neue Spermien gebildet werden. Diese Neubildung unterbleibt dann bei einsetzender Regeneration, und aus den Hodenresten wird das Material für den Neuaufbau des Tiers gewonnen und direkt oder indirekt für die zu bildenden Teile verbraucht.

Eigenartig ist auch bei solchen Regenerationsprozessen, die viel Nahrungsmaterial zur Verfügung haben, die zu beobachtende Überproduktion von Teilen oder Organen. Sie ist auf dieselben Gründe zurückzuführen wie die vorhergehenden Erscheinungen und zeigt ebenfalls die merkwürdige Tatsache, daß die einzelnen Regionen, zunächst wenigstens, sich unabhängig voneinander entwickeln. An unteren Teilstücken, besonders an solchen mit breiter Schnittfläche, wachsen fast regelmäßig eine sehr große Anzahl von Tentakeln hervor, viel mehr, als ein normales Tier besitzt. Die in Abb. 9 gezeichnete *Hydra* zeigte z. B. zunächst die Zahl von 13 Tentakeln, andere manchmal noch mehr. Eine derartige Überproduktion bleibt jedoch nicht bestehen, es tritt vielmehr stets eine Regulation ein. Im einfachsten Fall geschieht dies derart, daß eine Reduktion der Tentakel eingeleitet wird: verschiedene Fangarme verschmelzen miteinander zu einem einzigen. Die Basen zweier nebeneinander liegenden Tentakeln nähern sich immer mehr und vereinigen sich zuerst unten. Die Verschmelzungsstelle rückt dann immer weiter nach der Spitze zu, so daß sich gegabelte Arme beobachten lassen, bis dann allmählich eine totale Verschmelzung eingetreten ist. Die Textfigur 9 zeigt eine derartige *Hydra*, die am 3. Tag mit der Tentakelbildung begann und am 5. Tag 13 wohlentwickelte, wirt durcheinander liegende Tentakel gebildet hatte, im Begriff, am 7. Tag nach der Operation ihre Arme zu vereinigen. Rechts neben dem senkrecht nach oben gerichteten Tentakel ist ein Paar sichtbar, das mit seinen Basen sich aneinandergelegt hat und dort verschmolzen ist; auf der linken Seite sieht man zwei weitere Paare in verschiedenen weiter fortgeschrittenen Verschmelzungsstadien, während der mittlere, dicke Tentakel das Endprodukt eines solchen Vereinigungsprozesses ist.

Die Regulation kann sich jedoch auch komplizierter gestalten, nämlich derart, daß an diesen für das Tier viel zu vielen Tentakeln sich mehrere Gruppen bilden, die untereinander eine größere Zusammengehörigkeit besitzen als mit anderen. Auf diese Weise entstehen dann zwei oder mehrköpfige Hydren, da innerhalb einer

enger zusammengehörigen Gruppe sich Mundöffnungen bilden. Werden solche mehrköpfige Tiere gefüttert, so kann eine Längsteilung eintreten; d. h. jeder Kopf wird dadurch, daß der Zwischenraum zwischen ihm und dem anderen sich immerwährend vergrößert, mehr und mehr von dem Nachbarn getrennt, so daß nach einiger Zeit nur noch die Stielteile vereinigt sind, ein Zusammenhang, der sich zuletzt auch noch löst. Wird dem Tier dagegen kein Futter gereicht, so finden wir das Gegenteil; die Köpfe nähern sich einander immer mehr und verschmelzen schließlich wiederum zu einer Einheit, wie es auch King bei gepfropften Köpfen von *Hydra viridis* beobachtete; dann wird hier ebenfalls in derselben Weise wie in dem ersten Fall durch Verschmelzung eine Reduktion der Tentakel eingeleitet.

Die in diesem und dem früheren Aufsatz mitgeteilten Beobachtungen lassen sich alle auf ein gemeinsames Prinzip zurückführen. Überall bestimmt das Vorhandensein von Nahrungsmaterial das Wachstum und die Regeneration, die in der Hauptsache ja ebenfalls ein Wachstum ist. Fehlt das Material überhaupt, so kann keine Regeneration eintreten; dies zeigen kurze Stümpfe oder Stücke von unteren Teilen, die, wie ich früher beschrieb, nicht regenerieren, sondern der Auflösung verfallen. Ist jedoch Material vorhanden, so bestrebt sich jedes Teilstück des Tiers zu einem vollständigen Tier wieder zu ergänzen, und zwar kann bei Materialüberfluß die Regeneration dann an vielen Stellen zu gleicher Zeit unabhängig voneinander einsetzen. Erst nach und nach tritt dann eine Regulation ein; der kräftigste Bezirk mit dem energischsten Wachstum vergrößert sich allein; er nimmt, wenn ihm nicht von außen Nahrung zugeführt wird, zunächst alle vorhandenen Nahrungsmaterialien für sich in Anspruch und unterdrückt so die Weiterentwicklung an anderen Stellen. Nach Aufbrauch des Materials greift er dann auch auf die schon ausgebildeten Teile über und schmilzt sie für seinen Bedarf ein, wie eine wachsende Knospe stets den mütterlichen Stumpf zu ihrem Aufbau verbraucht und ein in regenerativem Wachstum befindlicher Stumpf seinerseits die Geschlechtsorgane, sofern sie nicht schon zu weit differenziert sind, daß sie nun die Oberhand bei diesem Materialkampf gewinnen.

Literatur.

- Brauer, A. Über die Entwicklung von *Hydra*. Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. 52, 1891.
 Frischholz, E. Zur Biologie von *Hydra*. Biolog. Zentralbl. Bd. 29, 1909.
 Goetsch, W. Beobachtungen und Versuche an *Hydra*. Biolog. Zentralbl. Bd. 37, 1917.
 Hertwig, R. v. Die Knospung u. Geschlechtsentwicklung v. *Hydra fusca*. Biolog. Zentralbl. Bd. 26, 1906.
 King, H. D. Further Studies on Regeneration in *Hydra viridis*. Arch. f. Entwickl.-Mech. Bd. 16.

Kleinenberg, N. *Hydra*. Leipzig 1872.

Krapfenbauer. Einwirkung der Existenzbed. auf die Fortpflanzung von *Hydra*.
Dissertation München 1908.

Nußbaum, M. Über die Teilbarkeit der lebendigen Materie. Arch. f. mikrosk.
Anatomie Bd. 29, 1887.

— Zur Knospung u. Hodenbildung bei *Hydra*. Biolog. Zentralbl. Bd. 27, 1907.

Beiträge zur Biologie einiger Ameisenarten.

Von Carl Emmelius.

(Gefallen als Unteroffizier einer Feldbatterie im April 1918 bei Albert (Nordfrankreich).)

Zusammengefaßt und ergänzt von Heinrich Kutter (Zürich).

Die folgenden Ausführungen beziehen sich sämtliche auf Beobachtungen in der freien Natur und Experimente im künstlichen Beobachtungsapparate, welche mein Schulkamerad, Studiengenosse und Freund Carl Emmelius, in seinem Tagebuch vor seiner Einberufung in den Heeresdienst zurückgelassen hat, und das nun im Original vor mir liegt. Es konnte nicht allein nur der Gedanke sein, der mich bewog, diese kurzen Notizen meines Freundes zu veröffentlichen, um seine Beobachtungen und Entdeckungen der Wissenschaft zu retten, sondern auch das Pflichtgefühl des Freundes dem toten Freunde den Lohn für seine eifrigen Forschungen zu erringen. Wer wollte sich auch daran stoßen, daß einmal nicht nur erworbenen Ruhmes, sondern eines wohl noch unbekanntem jungen Mannes gedacht wird, dessen wissenschaftliche Tätigkeit durch jahrelanges Kriegshandwerk auf grausame Art lahmgelegt wurde; eine Tätigkeit, die er vor seiner Einberufung in so hoffnungsvoller Weise entfaltet hatte.

Nach der Erwerbung seines Maturitätszeugnisses wurde er im Herbst 1915 zum blutigen Waffendienst für sein Vaterland einberufen. Es wäre unnützlich, wollte man alle die Mühsale und Strapazen aufzählen, die er während seiner schwersten Tage der Pflichterfüllung durchkosten mußte — die Worte Somme und Ypern reden für sich selbst. Ende April 1918 erlag er bei Albert in Nordfrankreich einer schweren Granatverletzung, die er während eines Artilleriegefechtes erhalten hatte.

Eigener langer Grenzdienst und Krankheit verhinderten mich leider bis heute diese Arbeit anzugreifen.

Obwohl in den kurzen Aufzeichnungen meines Freundes für die Wissenschaft absolut neue Forschungsergebnisse nicht zahlreich zu finden sind, so verlieren seine Beobachtungen, die er schriftlich hinterlassen hat, trotzdem nicht an ihrem Wert; sie bestätigen und ergänzen vielmehr, oft aufs trefflichste, schon bekannte Tatsachen und Theorien, und erweisen dadurch ihre volle Berechtigung der Allgemeinheit bekannt gemacht zu werden. Durch Einzelbeobach-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [39](#)

Autor(en)/Author(s): Goetsch Wilhelm

Artikel/Article: [Neue Beobachtungen und Versuche an Hydra. 289-303](#)