download unter www.biologiezentrum.at

Die Regeneration bei den Crustaceen.

Von

Hans Przibram.

(Mit 4 Tafeln.)

Während über manche Thiergruppen in der Regenerationsfrage zahlreiche Arbeiten vorliegen, finden sich über viele gar keine Angaben in der bisherigen Literatur. Einige diesbezügliche Lücken auszufüllen und die Schlüsse, welche aus den Ergebnissen der eigenen Untersuchungen und der neuesten Literatur auf die Natur der Regeneration im allgemeinen sich ergeben, zu ziehen, ist der Zweck der vorliegenden Arbeit.

Hauptsächlich war es ein vollständiger Mangel an Beobachtungen bei den niederen Crustaceen. der mich veranlasste, hierüber Untersuchungen anzustellen.

Zu diesem Zwecke war es unumgänglich nöthig, einzelne Exemplare unserer kleinen Süsswasser-Entomostraken längere Zeit hindurch lebend zu erhalten. Es wurden daher Cyclops, Daphnia etc. isolirt in kleine, runde Glasdosen von 5 Cm. Durchmesser und 3 Cm. Höhe gesetzt, welche mit gestandenem Leitungswasser gefüllt waren, dem einige Tropfen aus dem heimatlichen Tümpel der Krebschen und 3—4 Wasserlinsen zugesetzt wurden. Diese verhindern das vorzeitige Schlechtwerden des Wassers, indem sich sonst leicht Spaltpilze entwickeln, die in den Wunden der operirten Thiere sich ansetzen und letztere tödten. Auch muss darauf geachtet werden, dass nicht mit dem Tümpelwasser junge räuberische Thiere eindringen, welche den Krebsen schädlich werden können oder Jugendformen derselben Art, die rasch wachsen und zu Verwechslungen führen könnten.

Was die Operationsmethode anbelangt, so wurden kleine Secirmesser oder scharfe Nadeln, endlich solche, die eine kleine Schneide am Ende trugen, verwendet, von welchen die letzteren sich als die zweckmässigsten erwiesen. Die Instrumente wurden anfangs zur Vermeidung von Infection durch die Flamme gezogen. jedoch erwies

download unter www.biologiezentrum.at

sich diese Vorsichtsmassregel bei unseren Süsswassercrustaceen als überflüssig. Um das Thier zu operiren, wurde es mit einem Wassertropfen auf den Objectträger unter eine Loupe gebracht, dann das Wasser durch Anlegen eines Löschblattes aufs möglichste reducirt, die Schneide über das Thierchen gehalten, und wenn es in die richtige Lage kam, wurde das Messer niedergedrückt und der Schnitt geführt. Dann wurde die Art des Schnittes notirt und das Thier mit Wasser in das isolirte Gefäss gespült. Zur Beobachtung wurde das Thier mit einem ziemlich weiten Glasstabe aufgesogen und auf den Objectträger gebracht. Dann ein sehr dünnes Deckgläschen auf Wachsfüssen darauf gelegt und solange niedergedrückt, bis das Thier an Bewegungen verhindert war. Hiebei ist einige Vorsicht erforderlich, um das richtige Mass zu beurtheilen, da man leicht das Thier sofort erdrückt oder doch so schädigt, dass es an den Folgen stirbt. Die Krebschen wurden dann unter dem Mikroskope beobachtet und der Fortschritt der Regeneration, wenn erforderlich, von Tag zu Tag gezeichnet. Nach der Beobachtung wurden die Deckgläschen durch Zusetzen von Wasser gelockert, womöglich die Thierchen darunter hervorgespült und wieder in ihr Gefäss gebracht. Das sofortige Abheben des Deckglases ist unthunlich, da das Thierchen hiebei meist gedrückt oder zerrissen wird und zugrunde geht. Bei den winzig kleinen Nauplien der Cyclopiden gelang es nur durch Niederdrücken der Kante des Deckgläschens, unter welches sie mit einer Extremität gerathen waren, die Operation auszuführen. Leider war ihr Wiederauffinden so schwer, dass nur wenige Fälle und diese nur ungenügend beobachtet werden konnten.

Ich beschreibe nunmehr die Versuche, welche bereits im Jahre 1896 in Leipzig begonnen und dann 1897 und 1898 in Wien fortgesetzt wurden. Die Reihenfolge ist die nach der systematischen Stellung der operirten Thiere, wie sie im Lehrbuche von Claus angenommen ist.

I. Entomostraca.

1. Ordnung: Phyllopoda.

1. Unterordnung: Branchiopoda.

Untersucht wurden Branchipus und Artemia.

1. Branchipus (stagnalis).

Die Hälfte der zweiten Antenne noch nicht ganz ausgebildeter Thiere wurde in 3 Tagen, und zwar bis zur vollständigen Ausbildung aller Gliedmassen, regelmässig regenerirt.

download unter www.biologiezentrum.at

Branchipus (Nr. 2) Fig. 1 *a* Operation des Thieres am 7. Mai 1897. — *b* Stand der Regeneration des Endgliedes der 2. Antenne rechts (und linke unverletzte Antenne zum Vergleiche) am 11. Mai 1897. — *c*, *d* Ansicht des Endgliedes im Glycerinpräparate.

Branchipus (Nr. 3), Fig. 2 *a* zweite Antenne links operirt 7. Mai 1897. — *b* dieselbe regelmässig regenerirt am 10. Mai 1897.

2. Artemia (salina).

Gegen Schnitte sehr wenig widerstandsfähig, so dass es zu keiner Regeneration kam.

[Bateson, Mat. for the stud. of Var., citirt pag. 536[1] einen Fall von Monstrosität bei Apus cancriformis, der auf Regeneration zurückzuführen sein dürfte: „having upon the 40 th foot a second small flabellum shaped like the normal flabellum. The bract was greatly reduced in size.“ Lankester, Q. J. M. S. 1881, XXI, pag. 350, pl. XX, Fig. 18.]

2. Unterordnung: Cladocera.

Von Daphniden wurden Daphnia pulex, magna und spinosa, sowie Simocephalus simus geprüft und ergaben sehr interessante Resultate. Da das Verhalten der Arten untereinander übereinstimmt, so werden dieselben nicht getrennt, sondern nach den verschiedenen Erscheinungen gemeinsam behandelt werden.

Wurden die grossen Ruderantennen an irgend einer Stelle abgeschnitten, so entstanden in vielen Fällen zunächst ganz absonderliche Gebilde, welche die verschiedenartigsten Formen annahmen. Dielben wurden aber in allen Fällen, wo eine weitere Entwicklung nicht durch den Tod des Thieres unterbrochen wurde, wieder sammt dem Plasmainhalte abgeworfen und an ihre Stelle traten dann die regelmässigen, definitiven Regenerationsproducte. In einer vorläufigen Mittheilung, welche ich bei Entdeckung dieser Thatsache in Leipzig im „Zoologischen Anzeiger“ 1896 (Nr. 514) veröffentlichte, habe ich diesen Vorgang als Präliminarregeneration bezeichnet und die Vermuthung ausgesprochen, dass die antennenähnlichen Gebilde, welche Herbst bei Palaemon an Stelle abgeschnittener Augen erhielt, sich vielleicht auch als solche erweisen möchten.

Die Aehnlichkeit dieser Gebilde ist aus dem Vergleich der Abbildungen 3^b, 5^c, 6^c, 7^b, 8 mit denen der Herbst'schen Arbeit, Archiv für Entwicklungsgeschichte, Bd. II, Taf. XXXI, leicht ersichtlich.

Während ich bei der Fortsetzung meiner Versuche an Daphniden in Wien abermals merkwürdige den Herbst'schen ähnliche

download unter www.biologiezentrum.at

Gebilde constatiren konnte, ist von HERBST inzwischen eine weitere Beobachtung publicirt worden.[1]) Bei den von mir zur Entscheidung dieser Frage angestellten Versuchen an Palaemon traten solche Gebilde nicht auf, sondern es fand sofort Regeneration des Auges statt (die Versuche gelangen nach der systematischen Stellung von Palaemon weiter unten zur Beschreibung).

Beschreibung von Präliminargebilden:

1. Junge Daphnia pulex *(DJ_1)*.

11. VI. 96. Vierborstiger Ruderast in der 2. Antenne im 2. Gliede, fünfborstiger Ruderast ebenfalls im 2. Gliede und überdies die Borste des 1. Gliedes durchschnitten.

Sofort nach der Operation quillt etwas Blutflüssigkeit aus den Wunden, welche bald erstarrt und einen schützenden Schorf bildet. (In Fig. 3 sind die Schnitte ungefähr eingezeichnet.)

15. VI. 96. Eine halbentwickelte Borste und eine Knospe an der Spitze des fünfborstigen Astes und sichtbare Einstülpung am Grunde der abgeschnittenen Borste des 1. Gliedes (Fig. 3 *a*).

16. VI. 96 Je 2 junge Endborsten an den beiden Aesten der Antenne; Ausstülpung eines klauenförmigen Anhanges an Stelle der 1. Borste des 1. Gliedes des fünfborstigen Astes (Fig. 3 *b*).

17. VI. 96. Fettartige Degeneration dieses Präliminargebildes (Fig. 3 *c*).

18. VI. 96. Häutung; Abwurf des klauenförmigen Gebildes, inclusive des (degenerirten) Plasmainhaltes; an dessen Stelle Auftreten einer Knospe, wie sie typisch zur Bildung einer Borste führt (Fig. 3 *e*).

Die Haut konnte, wie in vielen Fällen, aufgefunden und als Glycerinpräparat aufgehoben werden, so dass das im Präliminargebilde befindliche Plasma sehr gut festgestellt werden kann (Fig. 3 *d*).

2 Simocephalus simus *(S_1)*.

17. VI. 96. Vierborstiger Ruderast der 2. Antenne im 2., fünfborstiger im 1. Gliede durchschnitten.

18. VI. 96. Häutung. (Glycerinpräparat: Fig. 4 *a*).

20. VI. 96. Knospenförmige Gebilde, von denen eines des fünfborstigen Astes dasjenige typischer Borsten ist und auch eine solche hervorgehen lässt. Die übrigen sind unregelmässige, theilweise krallenartige Präliminargebilde (Fig. 4 *b*), welche 22. VI. 96 scharf ausgesprochene Formen angenommen haben (Fig. 4 *c*), dann aber in der während der Nacht 22./23. VI. 96 stattfindenden Häutung in Substanz abgeworfen werden (Glycerinpräparat der Häutung: Fig. 4 *d*) und an deren Stelle typische junge Borsten hervorsprossen (Fig. 4 *e*).

3. Simocephalus simus (Simoc. ε).

13. VII. 96. Links beide Aeste im ersten Gliede durchschnitten (Fig. 5 *a*).

15./16. VII. 96. Häutung (Glycerinpräparat: Fig. 5 *b*).

16. VII. 96. Verzweigtes Präliminargebilde (Fig. 5 *c*).

19./20. VII. 96. Abermals Häutung; das Präliminargebilde in Substanz abgeworfen (abgeworfene Haut: Glycerinpräparat: Fig. 5 *d*). Ansatz zu regelmässiger Re-

---

[1]) Da dieselbe mir erst während des Druckes zu Gesicht kommt, so kann ich sie nur in einem Nachtrage zum Literaturverzeichnisse besprechen.

download unter www.biologiezentrum.at

generation (Fig. 5[e]), welche aber bis zum Tode des Thieres keine sichtbaren Fortschritte machte.

4. Simocephalus simus (Simoceph. β).

11. VII. 96. Rechts vierborstiger Ast der 2. Antenne im Endgliede, fünfborstiger im 2. Gliede und an beiden Aesten alle Borsten durchschnitten.

13. VII. 96. Fig. 6[a] die Schorfbildung und Schnittstellen zeigend.

14./15. VII. 96. Häutung (Fig. 6[b]). Vielfach verzweigte Präliminargebilde treten auf (Fig. 6[c]).

16./17. VII. 96. Abermals Häutung; die Präliminargebilde mit Plasma abgeworfen; Borstenknospen, welche regelmässige Borsten hervorgehen lassen, treten auf (Fig. 6[d]). Die folgenden Daten und Figuren:

20. VII. 96. Fig. 6[e],

21. VII. 96. Fig. 6[f],

22. VII. 96. Fig. 6[g],

24. VII. 96. Fig. 6[h] beziehen sich auf die weiteren Stadien.

5. Daphnia pulex (15).

7. V. 97. Linke zweite Antenne im Endgliede und der Borste des vorletzten Gliedes des vierborstigen Astes und im 2. Gliede des fünfborstigen Astes durchschnitten (Fig. 7[a]). Nach zweiter Häutung.

12. V. 97. Verzweigtes Gebilde (Fig. 7[b]) [leider ging das Thier bereits am 13. zugrunde].

6. Daphnia pulex (19).

7. V. 97. Vm. Am Ende des ersten Gliedes des fünfborstigen Astes und in der Insertion des vierborstigen Astes einer Antenne durchschnitten.

13. V. 97. Nach Häutung hakenförmiges Präliminargebilde (Fig. 8). [Konnte infolge Todes am 16. nicht weiter beobachtet werden.]

Dass die Präliminarregeneration irgend eine atavistische Bedeutung hat, dafür fand ich keinen Anhaltspunkt. Ebensowenig konnte ich bisher finden, welche Bedingungen für deren Zustandekommen nothwendig sind. Die Regeneration findet sonst bei den Daphniden auch auf regelmässige Weise wie bei den übrigen Crustaceen statt, indem Knospen auftreten, welche erst Miniaturglieder frei werden lassen, die dann zu normaler Grösse und Vollkommenheit heranwachsen können. Die folgenden Factoren können nach meinen Beobachtungen für das Zustandekommen der präliminaren Regeneration nicht verantwortlich gemacht werden:

I. Die Schnittstelle; II. die Form der Schnittwunde; III. der Häutungszustand; IV. das Alter des Thieres; V. die Temperatur.

Beschreibung der regelmässigen Regeneration (und des Einflusses dieser fünf Factoren auf dieselbe).

I. Regeneration bei verschiedener Schnittstelle.

1. Durchschneiden des Stammes der Antenne.

— Daphnia (17). 5. V. 97. Vm. geschnitten.

7. V. 97 Häutung.

14. V. 97. Knospen der Ruderäste (Fig. 9[a]).

download unter www.biologiezentrum.at

17. V. 97. Ein Miniatur-Ruderast frei geworden (Fig. 9[b]).

2. Durchschneiden des Grundgliedes der Ruderäste.

— Daphina magna (7). 18. VII. 96. Grundglieder beider Ruderäste der 2. Antenne 1. durchschnitten, ungefähr in der Mitte der Glieder (Fig. 10[a]).

19./20. VII. 96. Häutung (Präparat: Fig. 10[b]).

20. VII. 96. Fig. 10[c].)

22./23. VII. 96. 2. Häutung (Präparat: Fig. 10[d]).

23. VII. 96. Fig. 10[e]. Regeneration der drei Endborsten auf dem Grundgliede des vierborstigen Ruderastes, welche eigentlich erst auf das nächste Glied zu stehen kommen sollten; die Regeneration hat distal eingesetzt (der fünfborstige Ast zeigt Degenerationserscheinung).

Das Thier wurde in Pikrinessigsäure getödtet, mit Boraxcarmin gefärbt (Fig. 10*f*) und zeigte dann äusserst deutlich, dass die Cuticula der Borsten direct in diejenige des Grundgliedes übergeht, dass keine verborgene Vorbildung des zweiten Gliedes sich zwischen dieselben einschiebt. (Stets gehen auch die neuen Muskelpartien aus den alten Muskeln, die Nerven aus den Nerven hervor.)

3. Durchschneiden des 2. Gliedes der Ruderäste.

— (Junge) Daphnia pulex *(DJ_4)* 11. VI. 96. Zweite Glieder der beiden Ruderäste in der Mitte durchschnitten (ebenso Borste des 1. Gliedes des fünfborstigen Astes).

17. VI. 96. Atrophie der angeschnittenen Glieder bis zum Grunde, Regenerationsknospen am Ende des 1. Gliedes sichtbar (Fig. 11[a]).

22. VII. 96. Deutliche Knospen der 3 Endborsten jeden Astes vorhanden (Fig. 11[b]). (Borste des 1. Gliedes nicht regenerirt).

23. VI. 96. Borsten bis auf eine vollständig hervorgestülpt; die mittlere des vierborstigen Astes steckt noch zur Hälfte im Gliede und lässt sehr schön die teleskopartige Hervorstülpungsweise erkennen (Fig. 11[c]).

26. VI. 96. Die letzte Borste ganz hervorgestülpt.

4. Durchschneiden des Endgliedes der beiden Ruderäste:

— Simocephalus simus (6). Fünfborstiger Ruderast in Mitte des Endgliedes (und Borsten des 1. und 2. Gliedes), vierborstiger ganz an der Spitze durchschnitten.

19. V. 96. Häutung (Präp. Fig. 12[a]).

22. V. 96. Borsten des 1. und 2. Gliedes des fünfborstigen Astes regenerirt, Endglied abgerundet, verlängert; Spitze und Borsten des Endgliedes des vierborstigen Astes in Regeneration (Fig. 12[b]).

5. Durchschneiden einzelner Borsten.

Das Verhalten ist bereits in vorigen Beispielen gezeigt; meist wird eine angeschnittene Borste mit der nächsten Häutung entfernt und durch eine Borstenknospe ersetzt, aus der dann (abermals nach einer Häutung) eine Borste regenerirt; doch ist die Regeneration einer Borste aus dem stehengebliebenen Reste, und zwar ohne dass eine Häutung erfolgte, beobachtet worden:

— Simocephalus exspinosus (6).

29. X. 97. Fast sämmtliche Borsten an verschiedenen Stellen durchschnitten (Fig. 13[a]).

Ohne Häutung am 30. X. 97. Alle Borsten regenerirt, und zwar von der Schnittstelle an dünner reparirt (Fig. 13[b]).

— Simocephalus exspinosus (2). 29. X. 97. Fast sämmtliche Borsten durchschnitten und von der Häutung am 2. XI. 97 regenerirt; wieder abgeschnitten, am 10. XI. zum zweitenmale regenerirt.

download unter www.biologiezentrum.at

II. Regeneration bei verschiedener Wundform.

Wenn anstatt eines mit möglichst scharfem Messer senkrecht zur Längsachse des betreffenden Organes geführten Schnittes, welcher eine gerade und glatte Wundfläche herstellt, andere Operationsmethoden gewählt werden, so entstehen analoge Veränderungen in der Regeneration, wie dies allgemein auch bei anderen Thieren bekannt geworden ist. (Vgl. BARFURTH, Versuche zur functionellen Anpassung, Archiv f. mikroskopische Anatomie. 37, 1891, pag. 396 und Experiment. Regen. überschüssiger Gliedmassentheile bei Amphibien. Arch. f. Entw.-Mech I. pag. 106 ff. TORNIER, Ueber Hyperdactylie. Regeneration etc. Arch. f. Entw.-Mech. III, pag. 470—471.)

1. Regeneration bei schiefem Schnitte.

— Daphnia pulex (Daph. 2). 25.—29. VI. 96. Einfaches Beispiel für Regeneration der Endborsten senkrecht zur Wundfläche. Fig. 14.

— Daphnia pulex (Daph. 3). 25. VI. 96. Links Endglied des 5borstigen Astes schief durchschnitten (ausserdem Borsten desselben Astes und Borste des zweiten Gliedes des 4borstigen Astes durchschnitten). Fig. 15 *a*.

29. VI. 96. Regeneration der Borsten; das Endglied schief vertheilt, zeigt Spuren von Regenerationsknospen. Fig. 15 *b*.

3. VII. 96. Eine Borste des Endgliedes senkrecht zur Wundebene hervorgesprosst. Fig. 15 *c*.

7. VII. 96. Eine zweite Borste des Endgliedes senkrecht zur Wundebene hervorgesprosst, Knospe zu einer dritten wahrnehmbar. Fig. 15 *d* (blieb dann bis zum am 14. VII. erfolgten Tode trotz Häutung unverändert).

— Daphnia pulex (Daph. 3). 25. VI. 96. Rechts zweites Glied der fünfborstigen und Endglied des 4borstigen Astes schief durchschnitten. Fig. 15 α.

1. VII. 96. Abrundung zur Regeneration. Fig. 15 β.

3. VII. 96. Degeneration der Borste des Grundgliedes des 5borstigen Astes (welche an ihrer Basis eine schiefe Verletzung erhalten zu haben scheint) und des Restes des durchschnittenen 2. Gliedes; Hervorsprossen der Endborsten des Endgliedes des 4borstigen Astes senkrecht zur schiefen Wundfläche. Fig. 15 γ.

7. VII. 96. Hervorsprossen theilweise überschüssiger Endborsten senkrecht zu den schiefen Wundflächen. Fig. 15 δ.

11. VII. 96 Fig. 15 ε.

14. VII. 96. Nach Häutung blieben auf dem Endgliede des 4borstigen Astes 3 Endborsten und eine überzählige Knospe, auf der schiefen Endfläche des Grundgliedes des 5borstigen Astes 4 Borsten, von welchen eine sehr dünn ist. Auf diese Art ist das Grundglied in ein Endglied verwandelt; es scheint auch keine der angesetzten Borsten der eigentlich dem Grundgliede angehörigen zu entsprechen, sondern es sind die den 3 Endborsten entsprechenden, von denen eine in der Anlage (offenbar infolge Unregelmässigkeit des schiefen Wachsthums) gespalten wurde. Fig. 15 ζ.

Es ist somit das BARFURTH'sche (Versuche zur functionellen Anpassung. Archiv für mikroskop. Anatomie. Bd. XXXVII, 1891, pag. 396: „Immer steht die Achse des Regenerationsstückes senkrecht zur Schnittebene.") Gesetz, dass die neugebildeten Theile senk-

download unter www.biologiezentrum.at

recht zur Wundfläche auswachsen, für die Antennen der Daphniden giltig. Vom 4borstigen Aste (Fig. 15 ζ) stehen zwei Borsten an der Spitze in secundärer Symmetrie zu einander und entsprechen zusammen der dritten Endborste, sie folgen der BATESON'schen Regel der spiegelbildlichen Stellung doppelter Glieder." (BATESON, Materials for the study of variation, London 1894, cap. XXII, pag. 539: „... the representation of one of the appendages by two indentical appendages standing in Succession is unknown — there are ... these strange double-limbs: two limbs, always I believe imperfect, placed not in Succession, but as complementary images of each other, more or less exact." [„Die Vertretung eines Körperanhanges durch zwei identische Anhänge, die hintereinander stehen, ist unbekannt... Es gibt ... diese sonderbaren Doppelgliedmassen: Zwei Gliedmassen — wie ich glaube, immer unvollkommen — nicht hintereinander, sondern als Spiegelbilder mehr oder weniger genau zu einander complementär stehend."]. (Möglicherweise stehen auch die dünne Borste des 5borstigen Astes und die unmittelbar an ihrer Wurzel entspringende dicke im selben Verhältnisse.) Der Versuch einer dynamischen Erklärung dieser Gesetze findet sich in den „Biological Lectures delivered at the Marine Biological Laboratory of Wood's Holl in the summer Session of 1894", pag. 23: JOHN A. RYDER, a dynamical Hypothesis of Inheritance.

2. Regeneration bei unregelmässiger Quetschung und Riss.

— Daphnia magna (D. m. II. γ). 21. VII. 96. Endglieder und Borsten der linken Antenne unregelmässig zerrissen und gequetscht. Fig. 16 *a*.

22. VII. 96. Endglieder degenerirt, der Blutschorf reicht bis in die vorangehenden Glieder; Borsten in Regeneration. Fig. 16 *b*.

23./24. VII. 96. Häutung.

24. VII. 96. Endglieder regeneriren aus einer Vertiefung der vorangehenden Glieder. Fig. 16 *c*.

25./26. VII. 96. 2. Häutung.

26. VII. 96. Endglieder, welche ganz in den vorausgehenden versunken geblieben, regeneriren zum Theile unregelmässige (Präliminargebilde?) und überzählige Borsten. Fig 16 *d*.

— Simocephalus simus (S_2). 20. VI. 96. Rechte Antenne im letzten Gliede des 4borstigen und im vorletzten des 5borstigen Astes unregelmässig zerrissen. Fig. 17 *a*.

21. VI. 96. Endglied des 4borstigen Astes reparirt, vorletztes Glied des fünfborstigen setzt Knospen an. Fig 17 *b*.

23. VI. 96. Aus diesen entwickelt sich eine ausserordentlich dicke endständige Borste mit einem Seitenzweige und die regelmässige Borste des 2. Gliedes. Fig. 17 *c*.

25. VI. 96. Die mittlere Borste des 4borstigen Zweiges hat nun ebenfalls einen Seitenzweig entwickelt. Fig. 17 *d*.

— Daphnia magna (D. m. II. β). 21. VII. 96. 5borstiger Ast der rechten Antenne am Ende des zweiten Gliedes abgerissen (auch Borste des Grundgliedes durchtrennt). Fig. 18 *a*.

download unter www.biologiezentrum.at

21./22. VII. 96. 1. Häutung.

22. VII. 96. Regeneration eingeleitet. Fig. 18*b*.

25./26. VII. 96. 2. Häutung.

26. VII. 96. Auf zweitem Gliede überzählige Borsten und Endglied mit überzähligen Borsten regenerirt. (Borste des Grundgliedes nicht regelmässig.) Fig. 18*c*.

— Daphnia magna (D. m. II. α. 21. VII. 96. Linke Antenne im 2. Gliede des 5borstigen und im 1. Gliede des 4borstigen Astes zerrissen. Fig. 19*a*.

21./22. VII. 96. 1. Häutung.

22. VII. 96. Degeneration der zerrissenen Glieder. Fig. 19*b*.

23./24. VII. 96. 2. Häutung.

24. VII. 96. Abrundung zur Regeneration (Degeneration eines inzwischen aufgetretenen Präliminargebildes). Fig. 19*c*.

25./26. VII. 96. 3. Häutung.

26. VII. 96. Regeneration mit mindestens einer überzähligen Borste, einer sechsten am 5borstigen Aste. Fig. 19*d*.

— Simocephalus simus (ε). 13. VII. 96. Quetschriss mit Nadel durch die Grundglieder der beiden Aeste der linken Antenne. Fig. 20*a*.

24. VII. 96. Unregelmässige, gegabelte und überschüssige Borsten vorhanden. Fig. 20*b*. (Dieser Fall stellt die stärkste Regenerationsleistung, welche beobachtet wurde, dar.)

Die Unregelmässigkeit der Wundfläche führt also zu Missbildungen, namentlich Doppelbildungen, analog BARFURTH's Ergebnissen an Axolotln: „Superregenerative Bildungen und Abnormitäten bei der Regeneration von Gliedmassen des Axolotl lassen sich durch complicirte Amputationen künstlich hervorbringen.“ (D. BARFURTH, Experimentelle Regeneration überschüssiger Gliedmassentheile bei Amphibien. Arch. f. Entwicklungsmechanik. Bd. I, pag. 113.)

3. Regeneration einer natürlichen Wunde, wahrscheinlich durch Biss entstanden.

— Simocephalus simus. 14. VII. 96. Wurde unter den damals über 100 untersuchten Daphniden als einziges Exemplar mit natürlicher Verletzung oder Abnormität gefunden. Fig. 21*a*.

14./15. VII. 96. Häutung.

15. VII. 96. War die fehlende Borste regenerirt, somit der Fall als natürliche Verletzung erwiesen. Fig. 21*b*.

Nach einer schriftlichen Mittheilung vom 21. I. 97 achtet Herr Dr. W. WELTNER, Custos am Museum für Naturkunde in Berlin, seit längerer Zeit auf Unregelmässigkeiten der Aeste der 2. Antenne bei den Cladoceren. Vielleicht gehören die Fälle hieher.

III. Regeneration bei verschiedenem Häutungszustand.

Der Häutungszustand hat, wie bereits bei Besprechung der Regeneration der Bosten (pag. 9) erwähnt und aus den bisher beschriebenen Fällen hervorgeht, wo meist die Häutungsdaten ange-

download unter www.biologiezentrum.at

geben werden konnten, lediglich darauf Einfluss, ob die durchschnittenen Borsten abgeworfen oder wieder reparirt werden; letzteres findet statt, wenn lange keine Häutung in Aussicht steht.

IV. Regeneration bei verschiedenem Alter der Thiere.

Wie allgemein bekannt, regeneriren junge Thiere leichter als alte; jedoch wurde auch bei geschlechtsreifen Daphnien Regeneration beobachtet. Bei starken Eingriffen blieb manchmal ein begonnener Regenerationsprocess nach einiger Zeit unverändert bis zum Tode des Thieres trotz mehrerer Häutungen stehen, es scheint also die Regenerationskraft einige Zeit vor dem Tode zu erlöschen.

V. Regeneration bei verschiedener Temperatur.

Die Temperatur hat nur auf die Schnelligkeit der Regeneration Einfluss, daher im Juli am raschesten regenerirt wurde; doch regenerirten die Daphnien auch bei der nicht sehr hohen Zimmertemperatur Ende October und anfangs November gut.

Ueberblicken wir die Regenerationsversuche an den Ruder-Antennen der Daphniden, so sehen wir, dass zahlreiche Erscheinungen eigentlich als Heteromorphose (Loeb, Untersuchungen zur phys. Morph. I, Würzburg 1891, pag. 10) bezeichnet werden sollten. Nach der von Bergh (Ueber den Begriff der Heteromorphose. Arch. für Entwicklungsmechanik, III, 1896, pag. 660) vorgeschlagenen weiteren Fassung des Begriffes: „Heteromorphose" muss nämlich nicht nur die Präliminarregeneration, bei der es sich um die „Erzeugung von Ungleichartigem" (Hertwig, Präformation oder Epigenese, 1894, pag. 47) handelt, unter diesen Begriff fallen, sondern auch die merkwürdige Erscheinung, dass an der Spitze von Gliedern, welche sonst nicht endständig sind, sogleich die drei endständigen Borsten, welche sonst nur aus dem Endgliede hervorgehen, durch Einstülpung der Cuticula und Entgegenwachsen von Muskelknospen ohne vorherige Bildung des Endgliedes entstehen (Fig. 10*f*). Es ist dies nämlich nicht der embryologische Vorgang, wie sich aus Fig. 22, Antenne des Embryo von Daphnia magna ergibt, wo erst an den ausgebildeten drei Gliedern der Ruderäste ganz unvollkommene Borsten hervorsprossen.[1])

Versuche, das Auge zu exstirpiren, hatten keinen Erfolg, da die Thiere infolge der nothwendigen grossen Wunde rasch ver-

---

[1]) Vgl. auch Grobben, Entwicklungsgeschichte von Moina rectirostris. Arb. d. zool. Inst. in Wien, II, pag. 203, Taf. III und IV.

download unter www.biologiezentrum.at

bluteten; ebensowenig gelang es an den unter dem Panzer verborgenen übrigen Extremitäten zu operiren.

2. Ordnung: Ostracoda.

Aus demselben Grunde konnten an Ostracoden Operationen überhaupt nicht vorgenommen werden.

3. Ordnung: Copepoda.

1. Cyclops. Abgeschnittene Antennen und Furcaläste wurden, obzwar die Thiere bei günstiger Witterung bis über einen Monat isolirt nach der Operation gehalten werden konnten, bis zu ihrem natürlichen Tode bei entwickelten (geschlechtsreifen) Thieren nicht regenerirt.

Nach einer mündlichen Mittheilung hat Herr Dr. Steuer, welcher ohne Kenntniss meiner Arbeit in Triest Regenerationsversuche an Cyclopiden begonnen hatte, ebenfalls negative Resultate erhalten. Das negative Ergebniss ist interessant infolge seiner Analogie zu allen jenen Fällen [1]), wo mit sogenannter vollkommener [2]) Metamorphose ein Mangel an Regenerationsfähigkeit verlorener Glieder statthat. Dass ursprünglich auch bei den Cyclopiden die Regeneration vorhanden war, dafür spricht ein vereinzelter Fall unter meinen Versuchen, wo ein Auswuchs von der Wundstelle erfolgte, der als Versuch einer Regeneration aufgefasst werden kann (Fig. 23), ferner die Mittheilung von Vosseler, „Ueber einen Cyclops mit verkrüppelter Furca“ (Arch. f. Naturgeschichte, 1889, Bd. LV/1, pag. 123 und pl. VI, Fig. 16), wozu er selbst bemerkt: „Diese Verkrüppelung kann angeboren sein, ist aber wohl eher durch einen späteren Unfall (vielleicht unglückliche Häutung) entstanden. Bei Reproduction des verlorenen Furcatheiles ergänzte sich dann derselbe nicht wieder zu normaler Grösse, womit allerdings die Verschiebung der genannten Borsten nicht leicht zu erklären ist.“ Gerade die Unregelmässigkeit würde für Regeneration nach einer schiefen Verwundung sprechen. Nauplien, welche wahrscheinlich günstige Resultate ergäben, gelang es mir nur selten zu schneiden

[1]) Eimer, Ueber künstliche Theilbarkeit der Medusen. Arch. f. mikroskopische Anat., Bd. XIV, 1877, pag. 394 und Versuche über künstliche Theilbarkeit von Beroë ovata. Bd. XVII, 1880, pag. 213. Chun, Die Ctenophoren des Golfes von Neapel (Fauna von Neapel, Bd. I). 1880, pag. 421. Heineken, Zool. Journ. 1829, Vol. IV, pag. 422. Observations on the Reproduction of the Members in Spiders and Insects. Barfurth, Arch. f. Entwicklungsmechanik. I, pag 117, Taf. VI. Sind die Extremitäten der Frösche regenerationsfähig?

[2]) Die übrigen Crustaceen häuten sich auch noch im geschlechtsreifen Zustande, haben also keine so abgeschlossene Metamorphose.

download unter www.biologiezentrum.at

und war ihre wiederholte Beobachtung so schwer, dass eine Regeneration der abgeschnittenen Gliedmassen mit Sicherheit nicht festgestellt werden konnte.

2. Diaptomus. Ergab ebenfalls wie Cyclops negatives Resultat und erwies sich ausserdem als wenig widerstandsfähig. Versuche mit Nauplien wurden nicht angestellt. Vielleicht ist der von Richard (Anomalie de l'antenne droite chez Diaptomus coeruleus. Bull. Soc. zool. d. France, 12. Februar 1889, Jahrg. XIV, pag. 38—39) mitgetheilte Fall, wo bei einem Männchen die sonst stark differenzirte rechte Antenne „wie beim Weibchen ausgebildet oder vielmehr nicht differenzirt ist" auf eine atavistische Regeneration, welche während des Jugendzustandes begonnen und durch den Wachsthumsstillstand nach der letzten Häutung an ihrer weiteren Differenzirung gehindert wurde, zurückzuführen. Ein ähnlicher Fall ist von Rehberg (Süsswassercopepoden, Abhandl. des naturwissenschaftl. Vereines zu Bremen, Bd. VI, 1880, pag. 535 bis 536) als Hermaphrodit bei Cyclops agilis beschrieben worden. Da sonst unter den Crustaceen zahlreiche echte Hermaphroditismen (Nordquist, Androgyne Missbildung bei Diaptomus gracilis. Arch. f. Naturg. 1889, Taf. XIII, pag. 241; — Kurz, Ueber androgyne Missbildung bei Cladoceren. Sitzungsbr. d. Akad. d. Wissenschaften in Wien, Bd. LXIX, math.-naturwissenschaftl. Cl., 1874, pag. 40—46: gemischte Zwitter von Daphnia pulex, Schaefferi. Alona quadrangularis; — Bronn, Classen und Ordnungen des Thierreiches, 5, II, pag. 1043; Astacus, Brachyuren. — Bateson, Mat. f. the stud. of var., pag. 155. Cheraps preissii Astacus pilimanus und brasiliensis; Nicholls, R. Phil. Trans. 1730, XXXVI, pag. 290, Fig. 3 u. 4: Homarus vulgaris) vorkommen, kann erst durch experimentellen Nachweis entschieden werden, ob die Zurückführung der obigen zwei Fälle auf Regeneration gerechtfertigt erscheint.

4. Ordnung: Cirripedia.

(Versuche an Lepas [anatifera] und Conchoderma [virgata und aurita] ergaben noch keine genügenden Resultate. Bisher wurde bei denselben Regeneration nicht beobachtet.)

II. Malacostraca.

1. Leptostraca.

Nebalia Geoffroyi.

Kam aus Triest ins II. Wiener Universitätsinstitut und wurde in $8^1/_2$ Cm. hohen, 4 Cm. breiten und $7^1/_2$ Cm. langen viereckigen

download unter www.biologiezentrum.at

Gefässen gehalten, wo sie sehr gut gediehen: Bei der Beobachtung muss reichlich Wasser vorhanden sein, da die Thiere sonst „Luft fangen" und zugrunde gehen. Aus demselben Grunde sind seichte Gefässe zur Unterbringung nicht geeignet.

Hier war es infolge der etwas bedeutenderen Grösse des Thieres, sowie infolge der Stielständigkeit der Augen möglich, das Auge ohne bedenkliche Verletzung des Kopfes mit einer kleinen, schmalen Scheere zu entfernen.

— (Nr. 4.) 22. V. 97. Auge links exstirpirt (Fig. 24 *a*).

28. V. 97. Auge links regelmässig regenerirt, aber bedeutend kleiner (Fig. 24 *b*).

Die Hoffnung, ähnliche Heteromorphosen, wie Herbst bei Palaemon, zu erhalten, ging nicht in Erfüllung; bei der systematischen Stellung der Leptostraca als älteste Malacostraca wären solche Gebilde zur Beurtheilung eines eventuellen Rückschlages von grossem Interesse gewesen.

Ebenso wurden regelmässig regenerirt:

1. und 2. Antenne und Furca an beliebiger Stelle abgeschnitten.

— (1 *E*) 3. VI. 97. Vm. Antenne 1 rechts langer Ast (Fig. 25 *a*) und linker Furcalast (Fig. 25 *α*) durchschnitten.

4. VI. 97. Vm. 1. Häutung: A_1 *r* regenerirt (Fig. 25 *b*), Furca nicht.

10. VI. 97. Vm. 2. Häutung: Furca ebenfalls regenerirt (Fig. 25 *β*).

(19. VI. 97. Natürlicher Tod.)

— (1 *F*) 3. VI. 97. Vm. A_2 *r* in Geissel (Fig. 26 *a*), A_1 *l* in langem Aste durchschnitten, Furca natürlich verletzt.

10. VI. 97. Vm. 1. Häutung.

16. VI. 97. Vm. 2. Häutung: Antennen regenerirt (Fig. 26 *b*) und Furcalknospe vorhanden.

2. VII. 97. Vm. 3. Häutung: Furca regenerirend.

9. VII. 97. Vm. 4. Häutung: Furcalast noch etwas kleiner als der nicht abgeschnittene.

2. Arthrostraca.

1. Ordnung: Amphipoda.

Die Regeneration von Beinen und namentlich Gnathopoden beschreibt Antonio de la Valle (Fauna von Neapel. XX, 1893, pag. 292) und gibt Melita, Maera und Cheiroceratus als Gattungen, in denen sie besonders oft vorkommt, an, so dass früher Thiere mit einem regenerirten und daher kleineren Gnathopoden für eigene Arten angesehen wurden; so Gammarus inaequimanus (Bate, Synopsis Archip. Britann. 1857), der als identisch mit Melita palmata sich erwies (Bate & Westwood, British sessil. eyed Crust. Vol. 1, pag. 339; — Stebbing, Ann. Nat. hist. IV. se., vol. 17, pag. 78).

download unter www.biologiezentrum.at

Garbowski bringt eine Abbildung einer Regeneration („Hyperienartige Amphipoden des Mittelmeeres", 1. Theil: Die Sciniden. Denkschr. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, math.-naturwissenschaftl. Cl., Bd. LXIII, 2. Abth., Taf. IV, Fig. 35). — Meine eigenen Beobachtungen an Gammarus ergaben ausserdem noch positive Resultate über die Regeneration der beiden Antennen.

1. Gammarus (sp.?); Triest, wurde in flachen Salzwassergefässen gehalten.

— Gammarus (2). 21. V. 97. Vm. Erste Antenne rechts in den zwei Endgeisseln durchschnitten.

24. V. 97. Vm. 1. Häutung.

1. VI. 97. 2. Häutung. Fehlendes ergänzt.

— Gammarus (3). 21. V. 97. Vm. Zweite Antenne links im dritten Gliede durchschnitten. Fig. 27 *a*.

24. V. 97. Vm. 1. Häutung.

31. V. 97. Vm. 2. Häutung.

16. VI. 97. Vm. 3. Häutung. Regenerirt, Fig. 27 *b*.

— Gammarus (13). 1. VI. 97. Nm. Mit natürlicher Verletzung der 1. und 2. Antenne rechts aufgefunden. Fig. 28 *a*.

3. VI. 97. Nm. In Formol conservirt. Fig. 28 *b*. In den zurückgebliebenen Gliedern sind die regenerirenden Antennen sichtbar.

— Gammarus (N 5). 5. VI. 97. Grosser Gnathopod (2 links) wurde mit Pincette gequetscht, worauf das Thier denselben abbiss und verzehrte (Fig. 29 *a*).

2. VII. 97. Nach der 1. Häutung drei Glieder regenerirt (Fig. 20 *b*).

— Regeneration des Auges konnte ich noch nicht mit vollkommener Sicherheit feststellen; jedenfalls brauchte sie länger als die der Gliedmassen.

2. Eine Podocerus validus (Bate, Amphip. Crust., pl. XLIII, 9, pag. 252) ähnliche Podocerusart erwies sich gegen Verwundungen zu empfindlich; da aber Podocerus falcatus nach de la Valle (a. a. O.) in der Freiheit regenerirt, dürften an dem negativen Ergebnisse die ungünstigen Lebensverhältnisse schuld sein.

2. Ordnung: Isopoda.

Bei Ligia oceanica ist von Herrick (The american lobster, Washington 1895, pag. 100) die Regeneration der Gliedmassen als Miniaturgebilde in einer hervorsprossenden Knospe beschrieben worden.

Oniscus murarius regenerirt nach einer Angabe Heineken's (Zool. Journal, 1829, pag. 422) die Antennen. Eigene Versuche wurden an den Süsswasser- und Meeresasseln angestellt; sie stimmen, was den Regenerationstypus anlangt, mit den obigen über Landasseln vorliegenden Angaben überein.

1. Asellus aquaticus.

download unter www.biologiezentrum.at

Regenerirt beide Antennen, Kieferfuss, Schwimmfuss, Furca mit grosser Leichtigkeit (Augenwunden verheilen; bis zur Regeneration konnte kein Thier beobachtet werden).

— Asellus aquaticus (*A* 3). 3. VII. 96. Erste Antenne rechts im dritten, Fig. 30 *a*, zweite Antenne rechts im zweiten Gliede durchschnitten. Fig. 30 *α*.

5./6. VII. 96. 1. Häutung. 6. VII. 96.

Die Antennen sind regenerirt, haben jedoch weniger Glieder als die normalen der linken Seite. Der ersten Antenne (Fig. 30 *b*) fehlen die Sinneskolben, welche auf der normalen Seite auf dem vor- und vorvorletzten Gliede ausgebildet sind (Fig. 30 *e*). An der Spitze der zweiten Antenne (Fig. 30 *β, γ*) stehen mehr Borsten als auf der normalen Seite (Fig. 30 *ε*).

12./13. VII. 96. 2. Häutung.

13. VII. 96. Auf dem vorletzten Gliede der ersten Antenne typischer Sinneskolben entwickelt (Fig. 30 *c*).

Der Zustand der Endglieder entspricht nunmehr dem Stadium einer zweitägigen Assel (Fig. 30 *d*); auch der Zustand der zweiten Antenne ist etwa der einer zweitägigen Assel (Fig. 30 *δ*).

Es werden also ontogenetische Stadien bei der Regeneration durchlaufen (Müller's Gesetz); vergl. Fritz Müller, Haeckel's biogenet. Grundgesetz bei der Neubildung verlorener Glieder, Kosmos, Bd. VIII, pag. 388. — Werner, Ueber die Schuppenbekleidung des regenerirten Schwanzes bei Eidechsen. Sitzungsbericht d. Akad. d. Wissensch. Bd. CV, math.-naturwissenschaftliche Classe, I. u. II. Heft. 1896, pag. 123 (mit einschlägiger Literatur, pag. 143).

— Asellus aquaticus (A_1). 2. VII. 96. Drittletztes Schreitbein, Fig. 31 *a* und Furcalast rechts durchschnitten. Fig. 31 *α*.

2./3. VII. 96. 1. Häutung.

3. VII. 96. Regenerationsknospen. Fig. 31 *b* und *β*.

18./19 VII. 96. 2. Häutung.

19. VII. 96. In normaler Grösse regenerirt.

2. Meerassel, Idothea (Bronn, Classen und Ordn., 5, II, Taf. 1, Fig. 7) — sp.?

Ausser den auch bei Asellus aquaticus beobachteten Regenerationen konnte die Regeneration eines Auges festgestellt werden.

3. VI. 97. Auge (und zweite Antenne) der linken Seite möglichst vollständig entfernt.

13./14. VI. 97. 1. Häutung.

14. VI. 97. Antenne regenerirt, Auge verheilt. Fig. 32 *a*.

2./3. VII. 97. 2. Häutung.

3. VII. 97. Auge regenerirt. Fig. 32 *b*.

download unter www.biologiezentrum.at

3. Thoracostraca.

Dekapoda.

Ueber die Regeneration bei Dekapoden liegen mehrere Beobachtungen vor. Bereits RÉAUMUR beobachtete am Flusskrebs, dass: „abgeschnittene oder ausgerissene Beine, Scheeren und Antennen leicht wieder wachsen; der Stumpf wird zuerst von einer röthlichen Haut bedeckt, welche sich allmählich zu einem kleinen Kegel erhebt, in dem dann die weitere Differenzirung vor sich geht" (citirt nach FRAISE, Regeneration der Gewebe etc. Die Originalstelle in den „Mémoires de l'Academie Royal des Sciences 1712" konnte ich nicht einsehen.)

Die Regeneration beim Hummer behandelt HERRICK in „The American lobster" (Washington, Government printing office, 1895, pag. 100—108 and plates) mit einer gelegentlichen Beobachtung an der Languste. HUXLEY (Internationale wissenschaftl. Bibliothek, Bd. XLVIII, 1881, „Der Krebs") beobachtete zuerst die Autotomie am Flusskrebse, „diese freiwillige Amputation erfolgt immer an derselben Stelle, nämlich dort, wo die Gliedmasse am dünnsten ist, gerade jenseits des Gelenkes zwischen dem Basalgliede und dem nächsten" (pag. 32); MC CULLOCH (Edinb. Journal, 1820) behauptet, dass die Krabben ihre Glieder abwerfen und reproduciren, beides aber nur an dieser Stelle.

FRÉDÉRICQ (Achives de zoologie expérim., 2me Série, T. I, 1883, pag. 413) fand dasselbe für Carcinus maenas, Portunus, Xantho, Maja Hyas, Palinurus (und in einem Falle Homarus), Pagurus, Palaemon, Crangon, und führte den Nachweis, dass die Autotomie auf einer durch die Verletzung der Nerven ausgelösten Reflexbewegung, nämlich einer übermässigen Muskelcontraction beruhe.

DEWITZ (Biolog. Centralbl., Bd. IV, Nr. 7, pag. 201) gelang es, dieselbe für den Flusskrebs nachzuweisen, was von FRÉDÉRICQ erfolglos versucht worden war. Er beobachtete, wie hervorgehoben zu werden verdient, dass bei nicht zu rascher Schnittführung die Gliedmassen nicht abgeworfen wurden; meine eigenen Versuche an Palaemon (s. u.) ergaben, dass zwar eine präformirte Bruchstelle vorhanden war (vergl. Fig. 36), jedoch auch an anderen Stellen (Fig. 37) abgeschnitten werden konnte, ohne dass das Glied abgeworfen werden musste, und dass in allen Fällen Regeneration erfolgte. Auch die Fühler oder blos Geiseln derselben konnten an beliebiger Stelle abgeschnitten, von der Wundfläche aus regenerirt

download unter www.biologiezentrum.at

werden. Die neugebildeten Glieder bleiben bis zur nächsten Häutung unter der alten Haut und schnellen beim Reissen derselben hervor. Hiemit stimmt auch DALYELL's Beobachtung an Carcinus überein. HEINEKEN (Zoological Journal, Nr. 12, 1828) fand, dass eine Regeneration bei Krabben und Spinnen überhaupt nur, solange sie sich häuten, stattfindet, was ich nach einigen anderen Versuchen für letztere bestätigen kann. Die genaueste Darstellung und neueste Literatur der Autotomie der Krabbe findet sich in A. WIRÉN: „Ueber die Selbstverstümmelung bei Carcinus Maenas." Festschrift für LILLJEBORG, Zoolog. Studien. Upsala 1896, pag. 301, Taf. XVI), ohne jedoch etwas wesentlich Neues zu bringen.

Ausser der regelmässigen Regeneration ist bei den Dekapoden eine grosse Menge von Abnormitäten beschrieben worden, welche wohl alle auf Verwundungen zurückzuführen sind.

HUXLEY („Der Krebs") gibt an, dass Unregelmässigkeiten durch Verwundung während des weichen Zustandes nach der Häutung entstehen. BATESON (Materials for the study of variation. Cap. XXI und XXII) hat eine grosse Menge von überzähligen und Doppelbildungen an den Gliedmassen der verschiedensten Dekapoden zusammengebracht, welche seinen (bei Besprechung der Daphniden [pag. 11] erwähnten) Gesetzen entsprechen und wahrscheinlich Folgen von Verwundungen darstellen, wie bereits RÖSEL VON ROSENHOF (Insecten-Belustigung, 1755, III, pag. 344, Tab. LX und LXI) angab. BATESON sagt zwar, dass er keinen Grund kennt, dies anzunehmen (Materials etc., pag. 526: for this belief I know no ground), es waren ihm aber offenbar künstlich hergestellte Doppelbildungen ebenso wie die weiter unter zu besprechenden künstlichen Heteromorphosen noch nicht bekannt. Allerdings können die Doppelbildungen bereits durch Spaltung der embryonalen Anlage, wofür ja gegenwärtig zahlreiche Versuche vorliegen (Archiv f. Entwicklungsmechanik, sonst namentlich RAUBER, Formbildung und Formstörung, Leipzig 1880, pag. 131 ff. bis 139, gerade beim Flusskrebs Zwillingsembryo: REICHERT, Froriep's Notizen, Bd. XXIII, 1842, pag. 10, bei Limulus polyphemus: W. PATTEN, Journal of Morph. XII. pag. 17 und Ref. von DRIESCH, Archiv für Entwicklungsmechanik. Bd. V, pag. 161) entstanden sein.

Ein sicherer Fall von Doppelbildung bei Dekapoden infolge Regeneration folgt bei der Beschreibung meiner eigenen Versuche am Auge von Palaemon.

ALBRECHT BETHE beschreibt (Archiv f. Entwicklungsmechanik, Bd. III, pag. 301, Taf. XVIII) einen Carcinus maenas „mit einem

download unter www.biologiezentrum.at

rechten Schreitbein an der linken Seite des Abdomens." Nach der Aehnlichkeit mit dem 4. linken Schreitbein, welches sicher ein regenerirtes ist, möchte ich diesen Fall auch auf heteromorphe Regeneration einer offenbar ziemlich weitgehenden Verletzung zurückführen.

Eine Anzahl anderer Heteromorphosen hat man auf atavistische Regeneration zurückzuführen gesucht. Fritz Müller („Haeckel's biogenet. Grundgesetz bei der Neubildung verlorener Glieder", Kosmos, Bd. VIII, pag. 388) gibt an, dass eine in Regeneration begriffene Scheere der Garneele Atyoida Potimirim jener der verwandten Gattung Caridina ähnlich, aber noch ursprünglicher (nämlich weniger specialisirt) war; ebenso zeigte ein in Regeneration befindliches Bein des 5. Paares die charakteristische Bedornung des vorhergehenden Paares; von diesem ist nämlich das 5. durch Verlust eines Dornes (2 statt 3) und Ausbildung eines Dornenkammes am Schenkel ableitbar, „während unter der Haut schon ein prächtiger, regelrechter Kamm für die nächste Häutung fertig lag" und „nur zwei neue Dornen". (Abbildungen der Atyoida Potimirim, Kosmos, Bd. IX, pag. 117). Dem reihen sich vier Fälle an, in welchen Theile eines Maxillipedes von Cancer (Platycarcinus) pagurus durch beinartige Gebilde ersetzt waren.

Jules Richard (Sur quelques cas de monstruosités observés chez les Crustacés Décapodes. Ann. d. sciences nat. 7me série. Zoologie. 15, 1893, pag. 99) führt zwei Fälle an und bemerkt: „Cette anomalie a peut-être été provoquée par l'ablation accidentelle et partielle de la patte, lorsqu'elle était normale. Cela expliquerait l'identité des coxopodites dans les deux pattes." Auf die zwei übrigen Fälle (Bateson W., Proc. Zool. Soc. 1890, pag. 580, Fig. 1 und Materials f. the study of variat., pag. 149, Fig. 18; — Cornish Th., Zoologist, Ser. 3, VIII, 1884, pag. 349) ist dieselbe Hypothese anwendbar. Bei der letzten Gruppe von Heteromorphosen endlich ist der Ursprung aus Regeneration experimentell bewiesen, während der atavistische Charakter äusserst fraglich ist. Es sind dies die Fälle, wo aus der Basis eines Auges ein antennenähnliches Organ hervorwächst. Howes (Proc. Zool. Soc. 1887, pag. 469 und Bateson, Mat. f. the study of var., pag. 150, Fig. 19) hat einen Palinurus penicillatus abgebildet, aus dessen linker Cornea ein „antenna like flagellum" hervorwächst (dasselbe Exemplar wurde zuerst von Milne-Edwards, Comptes rendus, LIX, 1864, pag. 710, erwähnt), Hofer (Sitzungsber. d. Gesellsch. f. Morph. u. Phys., München 1894, nur erwähnt. — Verhandl. d. deutschen zool. Gesellsch. 1894, pag. 82. Mit

download unter www.biologiezentrum.at

Photogr.) einen Astacus fluviatilis, bei dem aus dem Basalgliede des linken Auges an Stelle der weiteren Augentheile eine Extremität mit Innen- und Aussenast wuchs, welche von der Antenne hauptsächlich nur durch die relative Länge der Glieder verschieden ist. Den experimentellen Nachweis, dass es sich hiebei um Regenerationen handeln dürfte, erbrachte Curt Herbst (Ueber die Regeneration von antennenähnlichen Organen an Stelle von Augen, 1. Mittheilung, Arch. f. Entwicklungsmech., Bd. II, 1895, pag. 544. Taf. XXXI); derselbe erhielt, als er Palaemon mit abgeschnittenen Augen theils im Lichte, theils in Dunkelheit hielt, um zu sehen, ob die Krebse auch in der Dunkelheit ihre Augen regeneriren, wo ihnen dieselben nichts nützen, in beiden Fällen antennenähnliche Heteromorphosen. Um zu prüfen, ob diese Gebilde nicht etwa präliminare Regenerationen seien (Herbst's Versuche mussten frühzeitig abgebrochen werden), unternahm ich einige Versuche, erzielte aber keine Heteromorphosen. Dass es sich, wie die Anhänger der Extremitätentheorie des Stielauges meinen, um atavistische Regeneration handelt, könnte durch den Nachweis als präliminare Bildung nicht widerlegt werden, da der oben mitgetheilten Beobachtung Fritz Müller's an Atyoida Potimirim analog sehr gut zuerst eine atavistische Form auftreten und dann nach weiterer Häutung durch die recente ersetzt werden könnte. Im übrigen lassen sich die antennenartigen Heteromorphosen kaum für die Extremitätennatur des Stielauges verwenden, wenn man die merkwürdigen Missbildungen in Betracht zieht, die namentlich bei Insecten aufgefunden wurden, wo z. B. ein Bein durch einen Flügel ersetzt war (Richardson's Zygaena filipendulae, Proc. Dorset Field Club 1891, Entom. Soc. of London, 1891, p. X, abb.: Bateson, Mat. etc. pag. 148) oder aus einem Beine ein antennenartiges Gebilde wuchs (W. M. Wheeler, an antenniform extraappendage in Dilophus tibialis, Archiv für Entwicklungsmechanik, Bd. III, pag. 261, pl. XVI), wo natürlich von einer atavistischen Deutung keine Rede sein kann.

Beschreibung der eigenen Versuche an Palaemon.

I. Regeneration der Augen.

Palaemon serratus wurde während des Frühjahres 1897 von Triest erhalten und hielt sich bei genügender Durchlüftung der Gefässe und täglicher Fütterung mit geschnittenem Fleische im ganzen gut. Die Operationen wurden mit einer Scheere vorgenommen.

1. **P. s.** (Nr. 18.) 19. V. 97. Schnitt durch den Augenstiel rechts. Fig. 33 *a*.

24. V. 97. 1. Häutung. Fig. 33 *b*.

18. VI. 97. Todt. Sehr kleines Auge regenerirt. Fig. 33 *c*.

2. **P. s.** (Nr. 19.) 19. V. 97. Schnitt durch die Cornea links. Fig. 34 *a*.

download unter www.biologiezentrum.at

9. VI. 97. 1. Häutung. Fig. 34 *b*. Kleines Auge regenerirt. Fig. 34 *c*.

3. **P. s.** (Nr. 10.) 13. V. 97. Krummer Schnitt durch linke Augenkuppe. Fig. 35 *a*.

31. V. 97. Vm. 1. Häutung. Fig. 35 *b*.

18. VI. 97. Vm. 2. Häutung. Fig. 35 *c*. Doppelbildung der Cornea etc. Fig. 35 *d*.

Aus meinen Versuchen geht hervor, dass die Schnittstelle, Schnittform und Häutungszustand nicht die Ursache für heteromorphe Bildungen sind, und da HERBST bei gleicher Temperatur und verschiedenem Alter der Versuchsthiere nur theilweise Heteromorphosen erhielt, so scheinen alle diese Factoren ebensowenig für diese wie für die Präliminarregenerationen der Daphnidenantennen ausschlaggebend zu sein.

II. Regeneration der Gliedmassen.

1. **P. s.** (Nr. 17.) 19. V. 97. Beide Antennen links nahe am Grundgliede und linkes drittes Bein ganz am Grunde durchschnitten.[1]) Fig. 37.

28. V. 97. 1. Häutung. Alles vollkommen regelmässig regenerirt.

2. **P. s.** (Nr. 2.) 13. V. 97. Linker grosser Chelipod an präformirter Bruchstelle abgebrochen. Bei dem am 28. V. 97 erfolgten Tode des Thieres (ohne vorhergegangener Häutung) war ein umgeschlagenes Regenerationsgebilde sichtbar (Fig. 36 *a*), welches beim Durchschneiden der Hüfte hervorschnellte und sich als vollkommen ausgebildeter Chelipod erwies (Fig. 36 *b*).

Schlussbetrachtungen.

(Ursprünglichkeit der Regeneration und ihre allmähliche Abnahme.)

Fassen wir die Ergebnisse über Regeneration bei den Crustaceen zusammen, so sehen wir in denselben zunächst einen neuen Beleg für die allgemeine Verbreitung der Regeneration im Thierreiche, welche ursprünglich eine vollständige war und erst mit zunehmender Complication des Baues infolge der Schwierigkeit, ein bestimmt differenzirtes Organ an einer bestimmten Stelle wieder zu erzeugen, zu schwinden beginnt. Beredt sprechen hiefür die zahlreich auftretenden Heteromorphosen, welche keine zweckmässigen Gebilde zustande bringen, daher nicht durch natürliche Zuchtwahl in jedem einzelnen Falle im Sinne WEISMANN's (Keimplasma, Jena 1892, pag. 152) erworben sein können. Eine specielle Anpassung stellt nur die Autotomie der Dekapoden dar, welche an einer besonderen Naht ihre Beine abwerfen; jedoch erfolgt auch von anderen Stellen aus Regeneration, sowie bei den Augen und Antennen, weshalb die Regenerationsfähigkeit offenbar schon vor dieser Anpassung vollständig vorhanden war, ebenso wie die des Eidechsenschwanzes vor

[1]) In Fig. 37 sind alle Stellen eingezeichnet, welche bei den verschiedenen Versuchen durchschnitten wurden und regelrecht regenerirten. (Regeneration der Schwanzflosse wurde nicht beobachtet.)

download unter www.biologiezentrum.at

Erwerbung der Wirbelnaht, von dem WEISMANN (Kp., pag. 155) aber sagt: „wenn nun das Abbrechen durch eine besondere Vorrichtung und Anpassung vorgesehen ist, so wird es kein allzu kühner Schluss sein, wenn man auch die Regenerationskraft des Schwanzes selbst als eine Anpassung betrachtet, also nicht als den Ausfluss einer unbekannten „Regenerationskraft" des gesammten Thieres, sondern als eine durch Selection hervorgerufene specielle Anpassung dieses einen Körpertheiles an den häufig eintretenden, gewissermassen vorgesehenen Verlust des Theiles".

Dies wird schon widerlegt durch den Nachweis WERNER's (Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. Wien 1896, Bd. CV, I. und II. Heft, Abth. I, pag. 127), dass das (oft nachweisbar atavistisch) regenerirte Schwanzstück an beliebiger Stelle abgebrochen, sich wieder regenerirt und die Regenerationskraft mit zunehmender Organisationshöhe von Hatteria bis zu den Krokodilen (denen sie aber nach einer mündlichen Mittheilung WERNER's auch noch nicht ganz fehlt) immer mehr abnimmt. Vielmehr müssen wir also annehmen, dass bei Reptilien, als bei ihrer durchgreifenden Adaptirung zu Landthieren die Regenerationskraft der Gliedmassen analog wie bei der sogenannten vollkommenen Metamorphose der Frösche schwand, als letzter Ueberrest die Regeneration des Schwanzes übrig geblieben war. Wie eine sogenannte vollkommene Metamorphose die Regenerationskraft zum Schwinden bringt, sahen wir neuerdings bei den Copepoden (pag. 11). Es ist sehr wichtig, den Unterschied zwischen der Specialisation, welche durch die allgemeine Organisationshöhe gegeben ist, und derjenigen, welche durch eine einseitige, genaue und daher starre Anpassung an bestimmte Lebensbedingungen entsteht, festzuhalten (vgl. HAACKE, Schöpfung der Thierwelt u. a., pag. 252). Die letztere kann den Schwund der Regenerationsfähigkeit auch bei Formen herbeiführen, die nach ihrer Organisationshöhe noch eine bedeutende Fähigkeit erwarten liessen; namentlich eine vollständige Metamorphose ist nun das Symptom einer solchen starren Anpassung: Medusen (vielleicht mit einer Ausnahme), Ctenophoren, Insecten, Frösche haben als Imago fast kein Regenerationsvermögen. Eine zweite Gruppe von Thieren, welche nicht regeneriren, sind diejenigen, welche gegen Verwundungen überhaupt sehr empfindlich sind, und bei grösseren Verlusten regelmässig eingehen. Diese sind unregelmässig durch alle Thierclassen zerstreut (z. B. unter den Mollusken u. a. Limnaeus und Planorbis, CARRIÈRE, Reg. b. Wirbell., I), so dass in derselben Gattung gut- und nichtregenerirende vorkom-

download unter www.biologiezentrum.at

men sollen, so z. B. soll Triton marmoratus im Gegensatz zu allen übrigen Arten der Gattung kaum regeneriren (FRAISSE, Reg. d. Geweb. u. Org., pag. 152, die Angabe SCHREIBER's, der zoolog. Garten, Nov. 1878, pag. 325, Anm. bestätigend). (Unter den Crustaceen würden nach meinen Ergebnissen Artemia, Prodocerus und Diaptomus hieherzuzählen sein.)

Lassen wir diese einzelnen Fälle, welche wahrscheinlich bei sorgfältiger Pflege noch zu regeneriren imstande wären (vgl. CARRIÈRE), ausseracht, so können wir durch einen Blick auf den Stammbaum des Thierreiches, welcher den Grad der Regeneration bei jedem Thiere in entsprechender Weise erkennen lässt (Taf. IV), uns davon überzeugen, dass alle bekannten Fälle mit der Annahme eines allmählichen Schwindens einer ursprünglich allgemeinen Regenerationskraft im schönsten Einklange stehen (im Gegensatze zu den Ausführungen WEISMANN's, Das Keimplasma, pag. 152 ff.).

Ferner durchläuft jeder Organismus nach dem biogenetischen Grundgesetze auch in Bezug auf Regenerationsfähigkeit die Stufenleiter seiner Ahnen; je jünger ein Thier ist, umso vollständiger kann es regeneriren.

Beginnen wir mit dem ungefurchten Ei, so ist jeder lebensfähige Theil in phyletischer Parallele zu den Verhältnissen bei den Einzelligen (BALBIANI, GRUBER, NUSSBAUM, LILLIE etc.) imstande, den ganzen Organismus zu regeneriren (z. B. Arbacia: LOEB, Arch. f. Entwicklungsmechanik, I, pag. 610); während bei den Spongien die Primitivorgane einander vielleicht noch vertreten können, schwindet mit der weiteren Differenzirung der Primitivorgane bei den Coelenteraten die Möglichkeit vollständiger Regeneration, wenn nicht Ektoderm und Entoderm zurückgeblieben ist (BARFURTH, Erg. d. Anat., III, pag. 161) und dieser Gegensatz hat sich bei allen Coelomaten von dem etwa den Coelenteraten entsprechenden Entwicklungsstadium an (Gastrula) erhalten.

Ja selbst die Heteromorphosen halten sich an das Gesetz, dass aus Ektoderm blos ektodermale Gebilde u. s. w. hervorgehen, wie z. B. die oben mitgetheilten Heteromorphosen bei Daphnia oder die berühmte Regeneration der Urodelenlinse (G. WOLF, Arch. f. Entwicklungsmechanik, I, pag. 380). Die Angabe, dass die Regeneration des ektodermalen Enddarmes durch das Entoderm stattfinde, welche RIEVEL (Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, 62, pag. 291) für 3 Arten: Lumbricus, Ophryotrocha und Naïs proboscidea macht, beruht auf dem Irrthume, dass er den Durch-

download unter www.biologiezentrum.at

bruch des Darmes nach einer provisorischen Verklebung des Wundrandes für die Beendigung eines Regenerationsprocesses hielt, wie MORGAN für Lumbricus (Arch. f. Entwicklungsmechanik, V, pag. 579), HEPKE für Naïs (Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, 63, pag. 263) bereits nachgewiesen und ich nach eigenen Versuchen für Ophryotrocha bestätigen kann.

Denselben Irrthum, welchen WAGNER (Biol. Centralbl. 93) in Betreff des Vorderdarmes von Lumbriculus gemacht hatte, stellte er selbst später in obigem Sinne richtig (Zool. Anzeiger, Nr. 526, pag. 69).

Mit der Differenzirung eines Mesodermes wird dasselbe auch zur Regeneration der Gebilde, an deren Aufbau es normalerweise betheiligt ist, unerlässlich. Auch auf dieser Stufe können die bedeutendsten Körperabschnitte bei hochstehenden Thieren im Embryonalleben regenerirt werden (Postgeneration ROUX's, Merkel-Bonnet. Anat. Hefte, 1893, pag. 279, VII. Beitrag zur Entwicklungsmechanik d. Embryo. — Ueber d. Specific. d. Furchungszellen und über Postgen. u. Reg. Biol. Centralbl. 13, 1893, pag. 612 und 656. — Arch. f. Entwicklungsmechanik a. v. O. — PATTEN: Limulus, Journal of Morph., XII, pag. 66, 67, Taf. XI. — HATSCHEK, Lehrbuch d. Zoologie, pag. 221), welche in erwachsenem Zustande nur von den Scoleciden, Anneliden, Echinodermen und Tunicaten reproducirt werden, z. B. Kopf und Centralnervensystem.

Weiterhin schwindet dieses Vermögen, aber Extremitäten können noch vollständig regenerirt werden, wie bei den Larven der Anuren, während der Ausbildung der Extremitäten und Insecten mit unvollkommener Verwandlung; auf dieser Stufe bleiben die meisten Krebse zeitlebens (oder wenigstens bis zur allerletzten Häutung), sowie die Urodelen und Spinnen.

Noch später bleibt den Anuren von der vollständigen Ausbildung ihrer Extremitäten bis zum Schwunde des Schwanzes nur mehr die Regeneration dieses Organes; und diese Fähigkeit erhält sich auch noch bei den Reptilien während ihres ganzen Lebens. Endlich erreicht jedes höhere Thier ein Stadium, in dem ausser der oft starken Regeneration innerer Theile (vgl. BARFURTH, Erg., — YVES DELAGE, Biol. gén. — hingegen WEISMANN, Keimpl., pag. 157) nur mehr Wundheilung und ausnahmsweise Verbesserung kleinerer Defecte statthat, ein Stadium, in welches (wenigstens die echten) Fische, Vögel, Säugethiere und (wahrscheinlich alle) Insecten mit vollständiger Verwandlung beim Verlassen des Eies bereits eingetreten sind.

download unter www.biologiezentrum.at

Wie das biogenetische Grundgesetz den Grad der Regenerationsfähigkeit bestimmt, so sahen wir es in dem von Fritz Müller beobachteten Falle bei Atyoida auch auf die Form Einfluss nehmen.

Solche Atavismen sind auch die bereits citirten Eidechsenschwänze und vielleicht die fünfzehige Hyperregeneration der Tritonhand (Barfurth, Exper. Regen. überschüss. Gliedm. etc., Arch. f. Entwicklungsmechanik, I, pag. 110). Sonst findet dieselbe als eine oft stark abgekürzte Wiederholung der Ontogenese statt (deutliches Beispiel die Antenne der Wasserassel).

Alles noch Beweise für ihre Ursprünglichkeit.

[Schliesslich möchte ich noch auf die ausserordentliche Aehnlichkeit zwischen der Regeneration der Thiere (und Pflanzen) und derjenigen der Krystalle (Rauber: Die Regeneration der Krystalle, Leipzig, I, 1895, II, 1896) hinweisen, die nicht nur in der Erscheinung selbst, sondern auch in den Grössenverhältnissen, Wachsthumsgeschwindigkeiten, Wucherungsflächen mit Doppelbildungen und vorzeitigen Abschlüssen, Orientirung nach verschiedenen Achsen (Polarität), Anpassung an künstliche Formen, Beschleunigung durch Wärmezunahme u. a. m. zutage tritt und der alten Hoffnung, den Mechanismus der Evolutions- und Regenerationserscheinungen auf nicht allzu complicirte physikalische Verhältnisse zurückführen zu können, neue Nahrung zuführt.]

---

download unter www.biologiezentrum.at

Uebersicht der bisher auf Regeneration geprüften Gattungen im Thierkreis: Arthropoda, I. Classe: Crustacea.

I. Unterclasse: Entomostraca.
1. Ordnung: Phyllopoda.
1. Unterordnung: Branchiopoda.
Branchipus, Artemia (Apus).
2. „ Cladocera.
Daphnia, Simocephalus.
2. Ordnung: (Ostracoda).
3. „ Copepoda.
Cyclops, Diaptomus.
4. „ Cirripedia.
Lepas, Conchoderma.

II. Unterclasse: Malacostraca.
1. Lepostraca.
Nebalia.
2. Arthrostraca.
1. Ordnung: Amphipoda.
(Melita, Maera, Cheiroceratus, Hyperia) Gammarus Podocerus.
2. Ordnung: Isopoda.
Ligia, Oniscus, Asellus, Idothea.
3. Thoracostraca.
Ordnung: Decapoda.
1. Unterordnung: Macrura.
Palaemon, Crangon, Sicyonia, Atyoïda, Homarus, Astacus, Palinurus.
2. „ Anomura.
Pagurus.
3. „ Brachyura.
Maja, Hyas, Xantho, Portunus, Carcinus, Cancer (Platycarcinus).

[Gigantostraca: Ordnung Xiphosura. Limulus.]

download unter www.biologiezentrum.at

Literaturnachweis.

(Citate, welche nicht controlirt werden konnten, sind in das Verzeichniss nicht aufgenommen; ausgenommen sind solche Stellen, wo genaue Beschreibung und Abbildung an zweitem Orte abgedruckt sind, bei diesen ist die Originalstelle eingeklammert. Werke, in welchen Crustaceen erwähnt werden, sind mit einem Sternchen bezeichnet. L. = Literaturverzeichnisse.)

1. D. Barfurth, Versuche zur functionellen Anpassung. Arch. f. mikroskop. Anatomie. Bd. XXXVII, 1891, pag. 392, Tab. XXXI.

*1 *a*. Derselbe, Regeneration und Involution. (Zusammenfassende Referate.) Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte (nam. I, pag 139). L.

1 *b*. Derselbe, Experimentelle Regeneration überschüssiger Gliedmassentheile bei Amphibien. Archiv f. Entwicklungsmechanik. Bd. I, pag. 113.

1 *c*. Derselbe. Sind die Extremitäten der Frösche regenerationsfähig? do. pag. 117. Taf. VI.

*2. Bate, Synopsis Amphip. Britann. 1857.

*2 *b*. Bate & Westwood, British sessil eyed Crustaceans. Vol. 1, pag. 339.

*3. W. Bateson, Materials for the Study of Variation. London 1894.

4. R. Bergh, Ueber den Begriff der Heteromorphose. Archiv für Entwicklungsmechanik. Bd. III, pag. 660.

*5. A. Bethe, Ueber einen Carcinus Maenas mit einem rechten Schreitbeine an der linken Seite des Abdomens. Archiv für Entwicklungsmechanik. Bd. III, pag. 301, Tab. XVIII.

*6. Bronn, Classen und Ordnungen des Thierreiches. (Fortgesetzt von Dr. A. Gerstäcker.) Bd. V, II. Abth., pag. 1043.

7. J. Carrière, Studien über die Regenerationserscheinungen bei den Wirbellosen. I. Die Regeneration bei den Pulmonaten. Würzburg.

8. C. Chun, Die Ctenophoren des Golfes von Neapel. (Fauna von Neapel. Bd. I. 1880, pag. 241.)

8 *a*. Derselbe, Die Dissogenie. Festschrift für Leuckart. 1892, pag. 77 (besonders 105—107, Tab. XIII).

*9. Th. Cornish, Zoologist. Ser. 3, Bd. VIII (1884), pag. 349.

*10. Yves Delage, La structure du protoplasma et les théories sur l'hérédité, Paris 1895 (pag. 93). L.

*11. A. de la Valle, Fauna von Neapel. XX, 1893 (pag. 292).

*12. Dewitz, Autotomie beim Flusskrebs. Biolog. Centralbl. Bd. IV, Nr. 7, pag. 201.

13. Th. Eimer, Versuch über künstliche Theilbarkeit von Beroë ovatus. Arch. f. mikroskop. Anatomie. Bd. XVII, 1880, pag. 213.

download unter www.biologiezentrum.at

13 *a*. Derselbe, Ueber künstliche Theilbarkeit und über das Nervensystem der Medusen. Arch. f. mikroskop. Anatomie. Bd. XIV, 1877, pag. 394.

*14. P. Fraisse, Die Regeneration von Geweben und Organen bei den Wirbelthieren, besonders Amphibien und Reptilien. Cassel und Berlin 1885. L.

*15. Frédéricq, Sur l'autotomie ou mutilation par voie réflexe comme moyen de défence chez les animaux. Arch. de zool. expériment. 2e Série. I, 1883, pag. 413.

*16. Tad. Garbowski, Hyperienartige Amphipoden des Mittelmeeres. Denkschrift d. Akad. d. Wissensch., Wien, math.-naturwissensch. Cl., Bd. LXIII, 2. Abth., pag. 89 bis 116 (Taf. IV, Fig. 35).

*17. K. Grobben, Entwicklungsgeschichte von Moina rectir. Arbeiten des zoolog. Instituts in Wien. II, pag. (203), Taf. III und IV.

18. W. Haacke, Schöpfung der Thierwelt. 1893.

19. E. Haeckel, Siphonophoren. Naturkundige Verhandelingen Prov. Utrechtsch Genootschap van Kunsten en wetenschappen. 1869, pag. 73, Taf. XI.

19 *a*. Derselbe. Metagenesis und Hypogenesis bei Aurelia aurita. 1881, pag. 27 (Taf. II, Fig. 38).

20. B. Hatschek, Studien zur Entwicklungsgeschichte der Annelliden. Arbeiten d. zoolog. Inst. in Wien, I.

*20 *a*. Derselbe. Lehrbuch der Zoologie. Jena 1889. (2. Lief.)

*21. Heineken, Zoological journal. 1829, Vol. IV (Apr. 28 — May 29), pag. 284. Experiments and observations on the casting and reproduction of the legs in crabs and spiders.

21 *a*. Derselbe, pag. 422. Observations on the reproduction of the Members in spiders and insects.

22. Hepke, Ueber histo- und organogenet. Vorgänge bei den Regenerationsprocessen der Naïden. Zeitschr. f. wissensch. Zool. 63, pag. 263.

*23. C. Herbst, Ueber die Regeneration von antennenähnlichen Organen an Stelle von Augen. I. Mitth. Archiv f. Entwicklungsmechanik. II, pag. 544, Tab. XXXI.

*24. F. Herrick, The american lobster. Washington 1895 (pag. 100).

25. O. Hertwig, Zeit- und Streitfragen der Biologie. Heft 1. Präformation oder Epigenese. Jena 1894 (pag. 47).

*26. Hofer, Die Extremitätentheorie des Stielauges. Sitzungsb. d. Ges. für Morph. u. Phys. München 1894 (12. December 1893), (nur erwähnt).

*26 *a*. Derselbe, Ein Krebs mit einer Extremität statt eines Stielauges. Verhandl. d. deutschen zool. Gesellsch. 1894, pag. 82 (mit Photographie).

*27. Howes (Proc. Zool. Soc. 1887, pag. 469). — Bateson, Mat., pag. 150, Fig. 19.

*28. Huxley, Der Krebs. Intern. wissenschaftl. Bibl., Bd. XLVIII, 1881.

29. Helen D. King, Regeneration in Asterias vulgaris. Archiv für Entwicklungsmechanik. VII, pag. 351.

*30. Kurz, Ueber androgyne Missbildung bei Cladoceren. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien. Bd. LXIX, 1874, pag. 40—46.

31. Lillie, On the smallest parts of stentor capable of regeneration (Journal of Morph. XII, pag. 239). Ref. Driesch, Archiv für Entwicklungsmechanik. V, pag. 162.

32. J. Loeb, Untersuchungen zur physiologischen Morphologie der Thiere. 1. Ueber Heteromorphose. Würzburg 1891.

32 *a*. Derselbe, 2. Organbildung und Wachsthum. Würzburg 1892.

32 *b*. Derselbe, Bemerkungen über Regeneration. Arch. f. Entwicklungsmechanik. II, pag. 250.

download unter www.biologiezentrum.at

33. T. H. Morgan, Regeneration in Allolobophora foetida. Arch. f. Entwicklungsm. Bd. V, pag. 570.

33*a*. Derselbe, Experimental Studies of the Regeneration of Planaria maculata. Arch. f. Entwicklungsmechanik. Bd. VII, pag. 365.

*34. F. Müller, Haeckel's biogenet. Grundgesetze bei der Neubildung verlorener Glieder. Kosmos (Leipzig). Bd. VIII, pag. 388.

*34*a*. Derselbe, Atyoida potimirim. Kosmos (Leipzig). Bd. IX, pag. 117 (Abb.).

35. H. Müller, Ueber das ♂ von Argonauta argo und das Hectocotylen. Zeitschr. f. wissenschaftliche Zool. Bd. IV, 1853, pag. 1. (Ueber Reg. pag. 30.)

*36. Nordquist, Fall androgyner Missbildung bei Diaptomus gracilis. Archiv für Naturgeschichte. 1889, Taf. 12, pag. 241.

*37. W. Patten, Variations in the development of Limulus polyphemus. Journal of Morph. XII, pag. 17 ff. — (Ref. Driesch, Entwicklungsmech. V, pag. 161.

*38. H. Przibram, Regeneration bei den niederen Crustaceen. (Vorläufige Mittheilung.) Zool. Anzeiger. Nr. 514, 1896.

39. Harriet Randolph, Observations and Experiments on Regeneration in Planarians. Arch. f. Entwicklungsmechanik. Bd. VII, pag. 353.

40. A. Rauber, Formbildung und Formstörung in der Entwicklung der Wirbelthiere. Leipzig 1880.

40*a*, *b*. Derselbe, Die Regeneration der Krystalle. Leipzig, I, 1895. — II, 1896.

*41. Rehberg, Süsswasser-Copepoden. Abhandl. d. naturwissenschaftl. Vereines in Bremen, Bd. VI, 1880, pag. 535—536.

*42. Reichert (Gesellschaft der naturf. Freunde in Berlin. 23. VI. 42. vorgelegt.) Neue Notizen aus dem Gebiete der Naturwissenschaft und Heilkunde von L. und R. Froriep, Bd. XXIII, Juli-September 1842, pag. 10.

*43. J. Richard, Anomalie de l'antenne droite chez Diaptoms coeruleus. Bull. Soc. zool. de France. 12. Februar 1889, Jahrg. 14, pag. 38 und 39.

*43*a*. Derselbe, Sur quelques cas de monstruosités observés chez les crustacés Décapodes. Ann. d. sciences natur. 7e Sér. Zool. 15, 1893, pag. 99.

44. Richardson, Zygaena filip. specimen poss. a supernum. wing. aris. in such a posit. as to suggest that it replaced a leg (Proc. Dorset Field Club 1891. — Proc. Entom. soc. London 1891, pag. X.) Bateson, Mat., pag. 148.

45. Rievel, Regeneration des Vorder- und Enddarmes bei einigen Annelliden. Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoolog. 62, pag. 291.

*46. Rösel von Rosenhof, Insecten-Belustigung. 1755, III, pag. 344, Tab. LX und LXI.

47. W. Roux, Beitrag VII zur Entwicklungsmechanik. Merkel-Bonnet, Anatom. Hefte, 1893, 5, 279.

47*a*. Derselbe. Ueber die Specification der Furchungszellen und über die bei der Postgeneration und Regeneration anzunehmenden Vorgänge. Biolog. Centralblatt. Bd. XIII, 1893.

48. J. A. Ryder, A dynamical Hypothesis of Inheritance. Biolog. Lectures delivered at the Marine Biol. Laborat. of Woods Holl, in the summer session of 1894, pag. 23.

*49. Stebbing, On some species of sessile eyed Crustaceans. Ann. Nat. hist. IVse, Vol. 17, pag. 78.

50. Tornier, Ueber Hyperdaktylie, Regeneration und Vererbung, mit Experimenten. Arch. f. Entwicklungsmechanik. III, pag. 469.

*51. J. Vosseler, Ueber einen „Cyclops mit verkrüpelter Furca". Arch. f. Naturgeschichte. 1889, Bd. LV/1, pag. 123, pl. VI, Fig. 16.

download unter www.biologiezentrum.at

52. F. Wagner, Zur Kenntniss der Regeneration des Vorderdarmes bei Lumbriculus. Zoolog. Anzeiger. 526. (Frühere Ansicht, Biolog. Centralbl. F. Wagner, 93.)

53. V. Wagner, Ueber die Erneuerung verlorener Organe bei den Spinnen. (Bull. de la Société des Naturalistes de Moscou, 1887/8). Wildermann, Jahrb. der Naturwiss. 1888/89, pag. 267.

54. A. Weismann, Das Keimplasma, eine Theorie der Vererbung. Jena 1892.

55. F. Werner, Ueber die Schuppenbekleidung des regenerirten Schwanzes bei Eidechsen. Sitzungsb. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, math.-naturwissenschaftl. Classe, Bd. CV, I.—II. Heft, 1896, Abth. I, pag. 123. L.

*56. A. Wirén, Ueber die Selbstverstümmelung bei Carcinus Maenas. Festschrift für Lilljeborg. Zoolog. Studien. 1896, Upsala, pag. 301, Tab. XIX, L.

Nachtrag.

*57. Réaumur (Mém. de l'Acad. Royale des sciences. 1712, pag. 226), citirt von Fraisse (Nr. 14) und:

*57 *a*. Bonnet, Considérations sur les Corps organisées. Amsterdam 1742, II, pag. 21.

*58. Herbst, C, Ueber die Regeneration von antennenähnlichen Organen an Stelle von Augen. Versuche mit Sicyonia sculpta. Vierteljahrsschr. der Naturf.-Ges. zu Zürich. 41. Jhrg., pag. 435—454, tb. 8.

[Herbst erhielt wie bei Palaemon antennulaähnliche Gebilde auch bei Sicyonia nach Abschneiden des Auges; jedoch wurde merkwürdigerweise die am meisten ausgebildete Heteromorphose nicht bei Abbruch der Versuche, d. i. $5^1/_2$ Monate nach der Operation, sondern an Individuen, welche 2 Monate vorher fixirt worden waren, beobachtet. Dies würde erklärlich sein, wenn es sich um Präliminarregeneration handeln sollte. Leider wurden die Krebse nicht isolirt gehalten und der Verlauf der Regeneration an den einzelnen Individuen nicht beobachtet. Herbst glaubt nach neuen Versuchen, die er in einer weiteren (III.) Mittheilung zu veröffentlichen verspricht, sowie nach einer Beobachtung von Chantran (s. u. Nr. 59 a) annehmen zu können, dass junge Krebse Augen, alte aber an deren statt Antennen regeneriren.

Ohne die Möglichkeit dieser Ergebnisse bezweifeln zu wollen, möchte ich hiezu bemerken, dass die Palaemon, an welchen ich nicht-heteromorphotische Regeneration beobachtete, geschlechtsreif waren und dass die Heteromorphosen der Antennen bei Daphnia eher öfter an jungen Thieren auftraten.]

Die folgenden Literaturangaben verdanke ich der Herbst'schen Arbeit.

*59. Chantran, M. S., Nouvelles observations sur le développement des écrevisses. Compt. rend. Bd. LXXIII, 1871, II, pag. 221 (keine Abb.). (Regeneration der Extremitäten inclusive Telsonplatten beobachtet.)

*59 *a*. Derselbe, Expérience sur la régéneration des yeux chez les Ecrevisses. Compt. rend. Bd. LXXVI, 1873, I, pag. 240—241 (keine Abb.).

*60. Edwards, Alphonse Milne, Sur un cas de transformation du pédoncule oculaire en une antenne, observé chez une Langouste. Compt. rend. Bd. LIX, 1864, II, pag. 710—712 (keine Abb.). (Bezieht sich auf denselben Fall wie Nr. 27.)

*61. Morgan, T. H., A Study of Metamerism. Qu. Journal of Microscop. Science. XXXVII. 1895, pag. 395—476, pl. 40—43. IX. Modifications in Antennae of Arthropods., pag. 435, tb. 43, Fig. 90—95. („Vielleicht sind viele Unregelmässigkeiten in der Segmentirung der Hummerantenne auf fehlerhafte Regeneration zurückzuführen.")

download unter www.biologiezentrum.at

Tafelerklärung.

(* bezeichnet eine Operationsstelle.)

Tafel I.

Fig. 1. Branchipus stagnalis. *a* Larve mit operirter 2. Antenne. *b* Kopf von der Unterseite mit der in Regeneration befindlichen 2. (rechten) Antenne und der der Gegenseite zum Vergleiche. *c* Das in Regeneration befindliche Glied von der Seite, *d* von oben.

Fig. 2. Branchipus stagnalis. *a* Operirte 2. Antenne der Larve. *b* Dieselbe regenerirt.

Fig. 3. Daphnia pulex. 2. Antenne mit den Operationsstellen. *a* Dieselbe in Regeneration begriffen. *b* Ausstülpung eines klauenförmigen Präliminargebildes. *c* Dasselbe in fettiger Degeneration. *d* Dasselbe mit einer Häutung abgeworfen. *e* Die 2. Antenne mit der an Stelle des Präliminargebildes getretenen Borstenknospe.

Fig. 4. Simocephalus simus. *a* Abgeworfene Haut der 2. Antenne, welche die Operationsstellen erkennen lässt. *b* Aeste der 2. Antenne mit (links) Borstenknospen und (rechts) klauenförmigen Präliminargebilden, daneben *c* die letzteren und der Ast mit den Borstenknospen etwas (2. Tage) später, stärker vergrössert. *d* Die mit der Haut abgeworfenen Präliminargebilde. *e* Die beiden Aeste der Antenne in nunmehr regelmässiger Regeneration.

Fig. 5. Simocephalus simus. *a* 2. Antenne nach der Operation, die Schnittstellen zeigend. *b* Abgeworfene Haut derselben mit den Blutschorfen. *c* Nach der 1. Häutung zum Vorschein gekommenes verzweigtes Präliminargebilde. *d* Abgeworfene Haut mit dem Präliminargebilde. *e* Antenne nach der 2. Häutung.

Fig. 6. Simocephalus simus. *a* 2. Antenne Schorfbildung und Schnittstellen zeigend. *b* Abgeworfene Haut. *c* 2. Antenne mit Präliminargebilden nach der 1. Häutung, stärker vergrössert. *d* 2. Antenne nach der zweiten Häutung und Abwurf der Präliminargebilde mit regenerirenden Borsten. *e—h* Weiterer Verlauf der Regeneration, bei *f* nur das letzte Glied des längeren, bei *g* des kürzeren Astes gezeichnet.

Fig. 7. Daphnia pulex. *a* 2. Antenne nach der Operation, die Schnittstellen zeigend. *b* Dieselbe mit Präliminargebilden nach 2. Häutung.

Fig. 8. Daphnia pulex. 2. Antenne mit Präliminargebilde.

Fig. 9. Daphnia pulex. *a* 2. Antenne mit Knospen der Ruderäste, *b* Ruderast in Regeneration.

Fig. 10. Daphnia magna. *a* 2. Antenne nach der Operation, die Schnittstellen zeigend. *b* Abgeworfene Haut mit den Blutschorfen. *c* 2. Antenne nach 1. Häutung. *d* Dieselbe 3 Tage später. *e* Dieselbe mit regenerirten Borsten an einem Gliede, wo sie normalerweise nie zu stehen kommen (Heteromorphose). *f* der Endtheil dieses Gliedes stärker vergrössert nach einem mit Boraxcarmin gefärbten Präparate.

Tafel II.

Fig. 11. Daphnia pulex. *a* 2. Antenne mit Atrophie der angeschnittenen Glieder. *b* Dieselbe mit Regenerationsknospen. *c* Dieselbe mit (heteromorph) regenerirten Borsten. *d* Dieselbe 3 Tage später.

Fig. 12. Simocephalus simus. *a* Abgeworfene Haut der 2. Antenne, die Schnittstellen zeigend. *b* die 2. Antenne nach der 1. Häutung in Regeneration.

Fig. 13. Simocephalus exspinosus. *a* Schematische Darstellung der Schnittstellen an den Borsten der 2. Antennen. *b* Reparirte (von der Schnittstelle regenerirte) Borste.

download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 14. Daphnia pulex. 2. Antenne mit senkrecht zur Wundfläche regenerirten Borsten.

Fig. 15. Daphnia pulex. *a* Linke 2. Antenne nach der Operation, die Schnittstellen zeigend. *b* Dieselbe mit regenerirenden Borsten *c*, *d* Endglieder der 2. Antenne in weiteren Stadien der Regeneration. *α* Rechte 2. Antenne nach der Operation, die Schnittstellen zeigend. *β—ζ* Dieselbe in fortschreitender Regeneration mit monströsen Doppelbildungen, in *ζ* nur die Enden der Ruderäste stärker vergrössert gezeichnet.

Fig. 16. Daphnia magna. *a* 2. Antenne nach der Operation, die Schnittstellen zeigend. *b* Dieselbe mit regenerirten Borsten und degenerirten Endgliedern mit Blutschorfen. *c* Dieselbe mit Regenerationsknospen der Endborsten, die eine Knospe stärker vergrössert daneben gezeichnet. *d* Weiterentwicklung unregelmässiger Borsten, nur die Enden der beiden Ruderäste stärker vergrössert gezeichnet.

Fig. 17. Simocephalus simus. *a* 2. Antenne nach der Operation, die Risstellen zeigend. *b* Dieselbe in Regeneration begriffen, daneben das Ende des einen Astes stärker vergrössert. *c* Dieser Ast in weitervorgeschrittener Regeneration. *d* Endglied des anderen Astes in weitervorgeschrittener Regeneration, beide mit abnormalem Seitenzweige an einer Borste.

Fig. 18. Daphnia magna. *a* Ein Ruderast der 2. Antenne nach der Operation, die Rissstellen zeigend. *b* Derselbe in Regeneration begriffen. *c* Endglied desselben mit unregelmässigen, theilweise überzähligen Borsten.

Fig. 19. Daphnia magna. *a* 2. Antenne nach der Operation, die Rissstellen zeigend. *b* Degeneration der zerrissenen Glieder nach 1. Häutung mit Blutschorfen. *c* Abrundung zur Regeneration. *d* Heteromorphotische und überzählige Borsten regenerirt.

Fig. 20. Simocephalus simus. *a* 2. Antenne nach der Operation (Rissquetschwunde). *b* Dieselbe vollständig, aber unregelmässig regenerirt.

Fig. 21. Simocephalus simus. *a* Ein Ruderast der 2. Antenne mit natürlicher Verletzung. *b* Das Ende desselben in Regeneration begriffen.

Fig. 22. Daphnia magna. Antenne des Embryo (zum Vergleiche mit den Regenerationen).

Tafel III.

Fig. 23. Cyclops (serrulatus?). Operirtes Glied der 1. Antenne mit regenerativem Auswuchse.

Fig. 24. Nebalia Geoffroyi. *a* Exstirpirtes Auge. *b* Dasselbe (noch kleiner) regenerirt und das Auge der Gegenseite, mit den angrenzenden Kopftheilen.

Fig. 25. Nebalia Geoffroyi. *a* 1. Antenne, die Schnittstelle zeigend. *b* Dieselbe regenerirt. *α* Furca mit operirtem Aste. *β* Derselbe in Regeneration begriffen.

Fig. 26. Nebalia Geoffroyi. *a* 2. Antenne, die Schnittstelle zeigend. *b* Dieselbe regenerirt.

Fig. 27. Gammarus (marine Art). *a* 2. Antenne, die Schnittstelle zeigend. *b* Dieselbe in Regeneration begriffen.

Fig. 28. Gammarus. *a* Natürliche Verletzung der 1. und 2. Antenne. *b* Die Endglieder der Antennen nach 2 Tagen mit den im Innern liegenden regenerirten Gliedern (Formolpräparat, stärker vergrössert).

Fig. 29. Gammarus. *a* Grosser Gnathopod mit Pincette gequetscht. *b* Der Gnathopod regenerirt, stärker vergrössert.

Fig. 30. Asellus aquaticus. *a* 1. Antenne, die Schnittstelle zeigend. *b* Dieselbe in Regeneration. *c* Die letzten Glieder derselben in weiter vorgeschrittener Re-

download unter www.biologiezentrum.at

generation. *d* 1. Antenne einer zweitägigen Assel zum Vergleiche. *e* Die Endglieder der normalen Antenne der Gegenseite zum Vergleiche. *α* 2. Antenne, die Schnittstelle zeigend. *β* Dieselbe in Regeneration begriffen. *γ* Das Ende derselben stärker vergrössert. *δ* Das Ende der 2. Antenne einer zweitägigen Assel zum Vergleiche. *ε* Das Ende der normalen 2. Antenne der Gegenseite zum Vergleiche.

Fig. 31. Asellus aquaticus. *a* Schreitbein, die Schnittstelle zeigend. *b* Dasselbe in Regeneration begriffen. *α* Hinterende mit abgeschnittenem Furcalast. *β* Furca (stärker vergrössert) in Regeneration begriffen.

Fig. 32. Idothea (sp.?) *a* Regenerirte 1. u. 2. Antenne. *b* Regenerirtes Auge.

Fig. 33. Palaemon serratus. *a* Abgeschnittenes Auge. *b* Kopftheil der 1. Häutung von oben. *c* Kopftheil mit kleinregenerirtem Auge von der Seite, daneben das Auge und die angrenzenden Theile stärker vergrössert.

Fig. 34. Palaemon serratus. *a* Durchschnittenes Auge. *b* Kopftheil der 1. Häutung. *c* Kopf mit regenerirtem Auge.

Fig. 35. Palaemon serratus. *a* Abgeschnittenes Augensegment. *b* Kopftheil der 1. Häutung. *c* Kopftheil der 2. Häutung. *d* Kopftheil mit regenerirtem Doppelauge, daneben das letztere stärker vergrössert.

Fig. 36. Palaemon serratus. *a* Grosser Chelipod, von der präformirten Bruchstelle aus regenerirt, von unten und oben. *b* Derselbe mit herausgeschlagener regenerirter Scheere von der Seite und von unten.

Fig. 37. Palaemon serratus. Schematische Abbildung, in welcher alle Stellen eingezeichnet sind, welche bei den verschiedenen Versuchen durchschnitten wurden und regelmässig regenerirten.

Tafel IV.

Stammbaum des Thierreiches zur Erläuterung der Abnahme der Regenerationskraft mit der Zunahme der allgemeinen Entwicklungshöhe und der speciellen Anpassung und deren ontogenetischen Parallele.

Die arabischen Ziffern beziehen sich auf das Literaturverzeichniss.

Druck von Gottlieb Gistel & Comp., Wien

download unter www.biologiezentrum.at

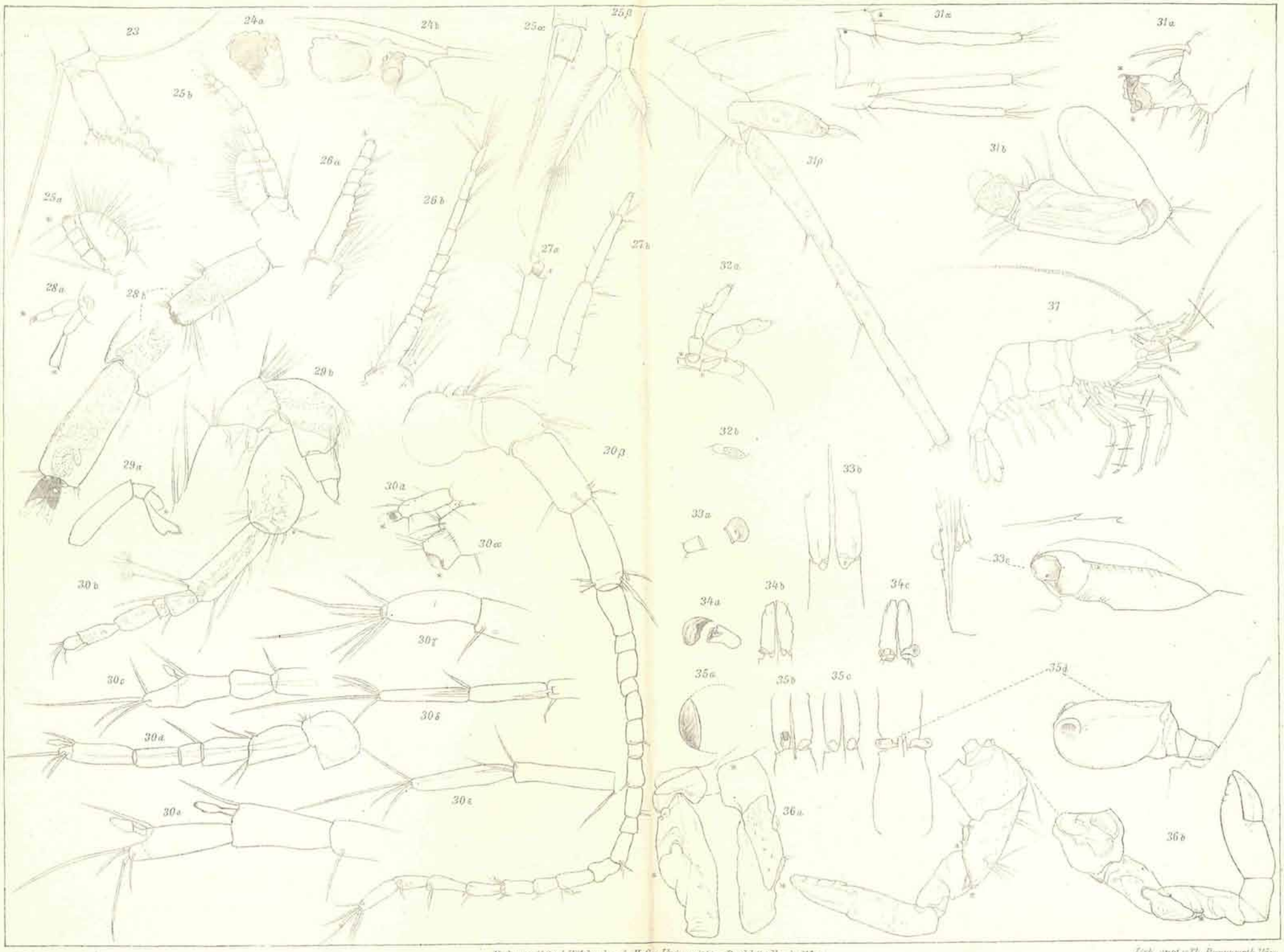
H. Przibram del.

Verlag v. Alfred Hölder, k. u. k. Hof- u. Universitäts-Buchhändler in Wien.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

download unter www.biologiezentrum.at

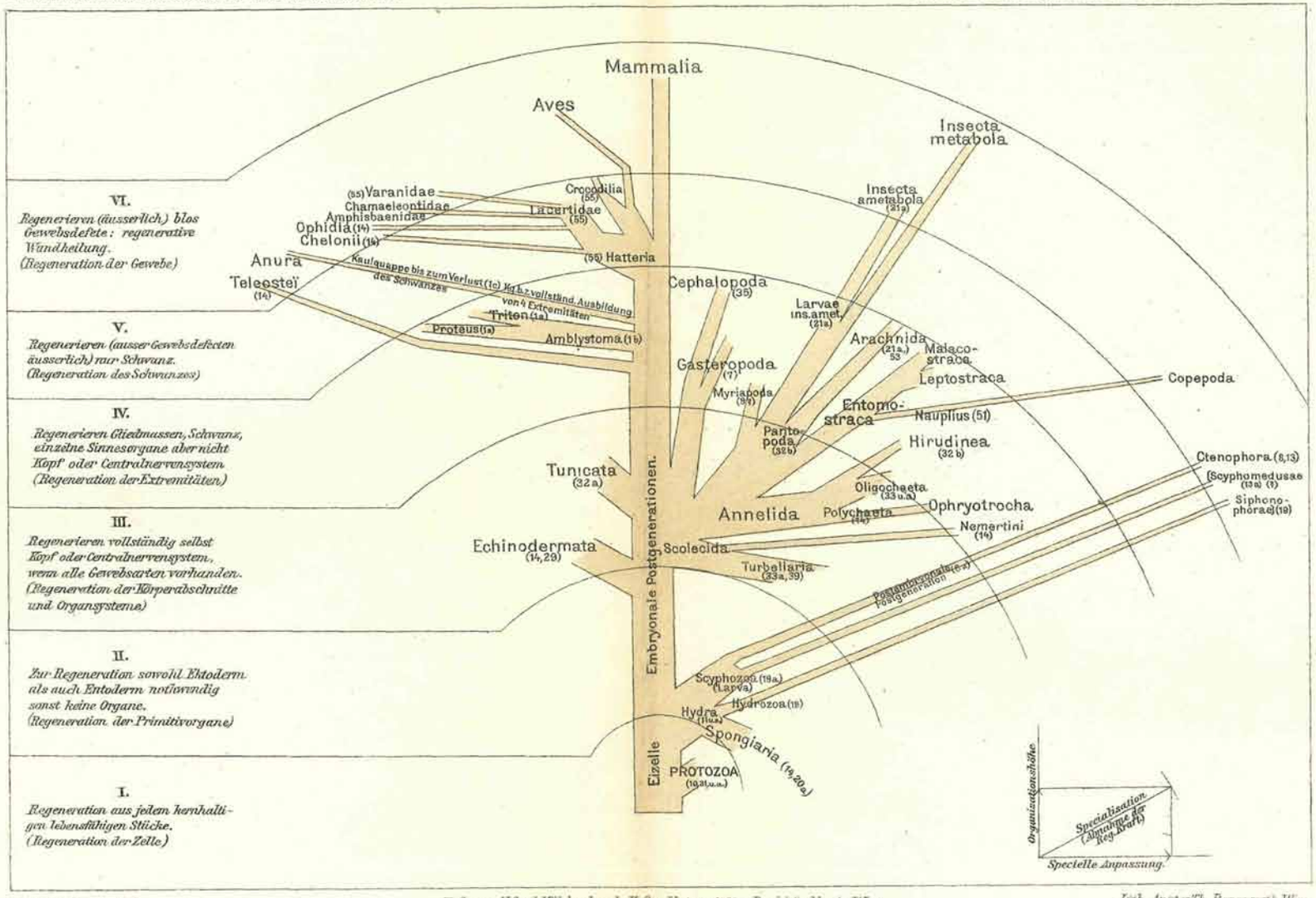
download unter www.biologiezentrum.at



Verlag v. Alfred Hölder, k. u. k. Hof- u. Universitäts-Buchhändler in Wien.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien

download unter www.biologiezentrum.at



ZOBODAT - 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: 1899

Band/Volume: 11_2

Autor(en)/Author(s): Przibram Hans Leo

Artikel/Article: Die Regeneration bei den Crustaceen. 163-194