

# Über die Regeneration von antennen-ähnlichen Organen an Stelle von Augen.<sup>1)</sup>

Versuche mit *Sicyonia sculpta* M. Edw.

Von

Curt Herbst in Neapel.

---

(Hierzu Tafel 8.)

---

Nachdem es mir im Winter 1894/95 gelungen war, festzustellen, dass ausgewachsene Vertreter der Gattung *Palaemon* an Stelle der weggeschnittenen Augen — sofern überhaupt Regeneration eintritt — stets antennen-ähnliche Organe wiedererzeugen, welche Uebereinstimmungspunkte mit den normalen ersten Antennen, den sogenannten Antennulis, zeigen, betrachtete ich es während meines diesjährigen Aufenthaltes an der zoologischen Station zu Neapel als eine meiner Aufgaben, zu untersuchen, ob — abgesehen von der Gattung *Palaemon* — auch noch andere Krebse Antennen an Stelle verloren gegangener Augen regenerieren. Der von Milne-Edwards<sup>2)</sup> aufgefundene *Palinurus*; welcher auf seinem linken Augenstiel neben einer rudimentären Cornea ein antennen-ähnliches Flagellum trug, und der von Hofer<sup>3)</sup> beschriebene *Astacus*, der an Stelle des rechten Auges ein einer Antennula äusserst ähnliches Organ aufwies, wiesen ja mit Nachdruck auf einen grösseren Gültigkeitsbereich der von mir ermittelten merkwürdigen Thatsache hin. Ich nahm deshalb Ende Oktober 1895 meine Regenerationsversuche im grossen Masstabe wieder auf und zog nicht nur Krebse mit Stielaugen, sondern auch solche mit Sitz-

---

<sup>1)</sup> Eine frühere Mitteilung, in welcher die bei *Palaemon* gewonnenen Resultate niedergelegt sind, ist erschienen im Archiv für Entwicklungsmechanik, Bd. II, Heft IV, 1896.

<sup>2)</sup> Sur un cas de transformation du pédoncule oculaire en une antenne, observé chez une langouste. Compt. rend. Bd. 59, 1864, pag. 710.

<sup>3)</sup> Ein Krebs mit einer Extremität statt eines Stielauges. Verhandl. d. deutschen zool. Gesellschaft. 1894.

augen in den Kreis meiner Untersuchungen. Da die meisten derselben zur Zeit noch im vollen Gange sind, so will ich mich in dieser Mitteilung auf eine kurze Wiedergabe der Resultate beschränken, welche ich mit *Sicyonia sculpta*, einem Krebse, der ebenso wie *Palaemon* zur Familie der Carididen gehört, erhalten habe.

Die Operation wurde ebenso wie früher bei *Palaemon* mit einer feinen Scheere vollzogen und zwar wurde das linke Auge möglichst dicht am Ansatzpunkte des Augenstiles am Kopfbrustpanzer abgeschnitten. Die allermeisten Tiere, an denen die Operation vollzogen wurde, waren ausgewachsen, d. h. besaßen, von der Spitze des Rostrums bis zum freien Ende des Telsons gerechnet, eine Körperlänge von 4—4½ cm. Nur einige wenige Individuen waren jünger und nur 3 cm lang.

Während von den operierten *Palaemon* gleich nach der Operation ein grosser Prozentsatz wahrscheinlich an Verblutung zu Grunde geht, ist dies mit *Sicyonia* nicht der Fall; dieselbe verträgt die Operation selbst ausgezeichnet und schien infolgedessen ein ganz besonders gutes Versuchsmaterial abzugeben. Leider machte ich jedoch bald andere Erfahrungen, da es sich herausstellte, dass die Fütterung der Tiere die allergrössten Schwierigkeiten bereitete. Während *Palaemon* mit Gier auf zerschnittene Sardinen losstürzt, ist *Sicyonia* nicht zum Fressen zu bewegen, selbst wenn man ihr kleine Fischstückchen oder kleine Anneliden direkt vor die Fresswerkzeuge legt. Nur in seltenen Fällen begannen einmal einige Individuen für kurze Zeit an einem Sardinenstückchen ohne sonderlichen Appetit herumzunagen. Infolge des Nahrungsmangels lichteten sich natürlich die Reihen der Versuchstiere — zu Anfang waren es ca. 85 Stück — zumal nach Verlauf einiger Monate bedenklich, sodass am 16. April, als die Versuche abgebrochen wurden, nur noch 6 Exemplare am Leben waren, von denen sich zwei Anfang April noch einmal gehäutet hatten, obgleich sie bereits sehr matt waren.

Eines dieser 6 letzten überlebenden Exemplare wies auch jetzt nach Verlauf von ca. 5½ Monaten — die Krebse waren zum Teil in den letzten Tagen des Oktobers, zum Teil in den ersten des November operiert worden — noch nicht die geringste Spur einer Neubildung auf, während die 5 anderen eine solche in Gestalt eines

kleinen Höckers erkennen liessen. Diese fünf Neubildungen sind nun aber merkwürdiger Weise nicht die am weitesten ausgebildeten, welche ich überhaupt erhalten habe, vielmehr stammen diese letzteren von Individuen, welche 2 Monate früher fixiert worden waren. Da ich nämlich fürchten musste, dass ich am Ende wegen der Unmöglichkeit, die Sicyonien künstlich zu füttern, überhaupt keine Resultate mit ihnen erhalten würde, so durchmusterte ich von Ende Januar an, als sich die ersten deutlichen Anzeichen einer Regeneration wahrnehmen liessen, täglich die beiden Aquarien und fand ich irgend einen bedenklich matten oder gar bereits abgestorbenen Krebs vor, so wurde er — falls eine Neubildung an ihm zu erkennen war — fixiert. Auf diese Weise habe ich von Ende Januar bis Ende März 7 Neubildungen gesammelt, so dass ich also insgesamt 12 Fälle von Regeneration zu verzeichnen habe, die mich in den Stand setzen, die Frage, ob auch *Sicyonia* an Stelle weggeschnittener Augen Antennen regeneriert, mit Sicherheit zu beantworten.

Es bedarf noch der besonderen Erwähnung, dass das erste Anzeichen einer Regeneration nie gleich nach der ersten Häutung sichtbar ist, sondern dass erst einige Häutungen vergehen, bis man etwas von einer Neubildung wahrnehmen kann. Die Häutungen gehen bei *Sicyonia* ebenso wie bei *Palaemon* in Intervallen den ganzen Winter hindurch vor sich; wie viele Häutungen jedoch bis zum Sichtbarwerden einer deutlichen Neubildung vorgehen müssen, ob 2, 3 oder gar 4, habe ich nicht mit Sicherheit feststellen können, da ich meine zahlreichen Versuchstiere in nur 2 Aquarien getrennt hielt, zur Entscheidung der betreffenden Frage, die übrigens von nebensächlicher Bedeutung ist, aber isolierte Züchtung notwendig wäre. Bei *Palaemon* habe ich beobachtet, dass die Häutungen nach Verlauf von 18 Tagen auf einander folgen können. Ein *Palaemon squilla*, der sich in der Nacht vom 3. zum 4. März gehäutet hatte, wechselte nämlich seine Haut bereits in der Nacht vom 21. zum 22. desselben Monats wieder. Bei *Sicyonia* verliefen dagegen die Häutungen in der letzten Zeit der Versuchsdauer bedeutend langsamer. In der Zeit von Anfang Februar bis Anfang April habe ich keine einzige Häutung konstatieren können. Freilich waren die Tiere wegen Nahrungsmangels bereits sehr matt geworden, so dass es wunderbar ist, dass sich 2 von ihnen, das

eine am 4., das andere am 7. April, schliesslich doch noch einmal häuteten.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen über die Versuchstiere und die Versuchsbedingungen wollen wir zur

### Beschreibung der erhaltenen Neubildungen

übergehen.

Wir wollen dieselben ihrer verschiedenen morphologischen Ausbildung gemäss in drei gesonderten Kategorien besprechen.

In die erste derselben gehören alle jene Neubildungen, welche der in Figur 1 auf Tafel 8 dargestellten entsprechen. Wie man sieht, wird diese letztere durch ein einfaches, borsten- und sinneshaarloses Gebilde (*n*) repräsentiert, das in Form eines kleinen Zapfens jenem Teile des Cephalothorax aufsitzt, der die beiden Stielaugen brückenartig verbindet und von dem übrigen Kopfbrustpanzer derartig abgesetzt ist, dass er sich leicht samt den beiden Augen mittels eines Skalpell's entfernen lässt. In Figur 1 ist diese zwischen den beiden Augen gelegene Brücke (*br*) bis zur Medianebene des Körpers dargestellt worden. Von den beiden nach vorn gerichteten, schuppenartigen Hervorragungen (*sch*), welche sie in der Mitte aufweist, ist die eine samt ihrem eigenartigen Haarbesatz ebenfalls zu sehen. Auf der Konvexseite hat man bei *ag* in der nach innen vordringenden Chitinfalte wahrscheinlich das erste Anzeichen einer Abgliederung der Neubildung von der interocularen Brücke zu erblicken, während auf der Concavseite die Wandung der letzteren noch direkt in die der ersteren übergeht. Wenn wir schliesslich noch darauf aufmerksam machen, dass der Endteil infolge einer wenig tiefen Einschnürung gegen den Basalteil etwas abgesetzt ist, und noch hinzufügen, dass das ganze Gebilde nicht beweglich war, sondern steif vom Kopfbrustpanzer resp. der erwähnten interocularen Brücke abstand, so haben wir alles gesagt, was sich über die kleine, etwa 1 mm grosse Neubildung überhaupt sagen lässt. Der Krebs, von welchem sie stammt, war Anfang März fixiert worden. Etwa zu derselben Zeit musste ein anderes Exemplar konserviert werden, welches eine Neubildung von ähnlicher einfacher Ausbildung aufwies. Die anderen Krebse dagegen, an denen die vier übrigen, in dieselbe Kategorie gehörigen Regenerate gefunden

wurden, gehörten den 6 überlebenden Individuen an, welche erst am 16. April bei Abbruch des Versuches abgetötet wurden. Keine dieser kleinen Neubildungen entspricht ganz der in Figur 1 dargestellten, alle weichen vielmehr etwas in der äusseren Form von einander ab. Am meisten glich noch der dargestellten Neubildung die von jenem Tiere, welches, wie bereits erwähnt, ebenfalls Anfang März konserviert worden war. Dieselbe war von schlanker Form und besass einen abgestumpften und von dem Basalteil durch eine Einschnürung abgesetzten Endteil. Alle übrigen Neubildungen waren mehr von gedrungener Form und an ihrem freien Ende von derselben Breite wie an der Basis. Einer von den wenigen Krebsen jüngeren Alters, der eine Körperlänge (gerechnet von der Spitze des Rostrums bis zum freien Ende des Telsons) von nur 3 cm besass, gehörte ebenfalls zu denjenigen, die einen derartigen gedrungene Stummel regeneriert hatten.

Wenden wir uns nun zu den regenerativen Bildungen der zweiten Kategorie, so stossen wir hier bereits auf eine etwas höhere Organisation, insofern nämlich die Neubildungen mit Haaren von zweierlei verschiedenem Bau besetzt sind. In ihrer dimensional Ausbildung übertreffen freilich diese behaarten Gebilde die kleinen Stummel der ersten Kategorie kaum, da ihre Länge ebenfalls ungefähr nur 1 mm beträgt. An 5 Krebsen, von denen der erste am 31. Januar, der letzte am 16. April konserviert wurde, kamen sie zur Beobachtung. Wir müssen jedoch von diesen fünf Fällen eine Neubildung von verzerrten Formen ausschliessen, da es den Anschein hat, als ob bei diesem Exemplar bei der Operation ein Teil des Augenspiegels und zwar ein Teil der nach aussen gekehrten Wand desselben zufällig erhalten geblieben ist. Es bleiben mithin nur noch 4 Objekte übrig.

Das einfachste von diesen stammt von einem Exemplar, das Ende März konserviert worden war. Es wird von einem kleinen gedrungene Höcker repräsentiert, der fast ebenso lang als breit ist und an seinem freien Ende drei kleine sekundäre Hervorragungen erkennen lässt. Von diesen liegt die eine ventral, die andere dorsal und die dritte zwischen beiden.

Der Haar- resp. Borstenbesatz ist an unserem Objekte in folgender Weise verteilt: Auf der Ventralseite sind lange Haare zu sehen, die mit dem in Figur 1 dargestellten übereinstimmen

und wegen ihrer rings um den Schaft in grösseren Zwischenräumen angeordneten Seitenfedern fernerhin unter dem Namen „Quirlhaare“ angeführt werden sollen. Am Rande dagegen stehen an der nach innen d. h. nach dem Rostrum zu gewandten Seite einige „Federhaare“, wie sie die Figur 7 wiedergibt. Von diesen Federhaaren befinden sich auch 2 auf der sekundären ventralen Hervorragung, die ausserdem zwei steifere Borsten ohne Seitenfedern aufweist, wie wir sie später an dem einen Aste der gabeligen Neubildung (Figur 4 und 5) kennen lernen werden. Auch die mittlere der drei Hervorragungen besitzt 3 lange Federhaare, die Dorsale dagegen — übrigens die unscheinbarste — ist ganz borstenlos.

Da die vorstehend kurz beschriebene Neubildung der zweiten Kategorie von allen der gleichen Art die am wenigsten ausgebildete ist und ausserdem der Erhaltungszustand des Haarbesatzes zu wünschen übrig lässt, so habe ich darauf verzichtet, eine genaue Zeichnung davon zu geben. Dies ist jedoch mit der zweiten hierher gehörigen regenerativen Bildung in Figur 2 geschehen. Dieselbe zeigt zwar in ihrer Form ebenfalls noch wenig Ausgeprägtes, da sie nur an ihrem freien Ende zwei kleine sekundäre Hervorragungen von verschiedener Grösse erkennen lässt, doch macht sich bereits in ihrem Haarbesatz eine gewisse Regelmässigkeit geltend. Um dieselbe besonders deutlich hervortreten zu lassen, ist das Objekt von der Ventralseite dargestellt. Auf den ersten Blick fallen an ihm Haare von zweierlei verschiedenem Bau auf. Die einen derselben haben wir oben unter dem Namen „Quirlhaare“ kennen gelernt; sie sitzen in geringer Zahl an dem nach aussen (in der Zeichnung nach unten) gekehrten Rande und gehen dorsalwärts in jene Anhäufung gleichartig gebauter Haare über, welche die mittlere Partie und die schuppenartigen Vorrangungen der oben erwähnten, „interocularen Brücke“ (Figur 1) bedecken.

Den Quirlhaaren gegenüber also an der nach innen d. h. nach dem Rostrum hingewandten Seite fällt eine Reihe dicht gedrängter Federhaare in die Augen. Dieselbe nimmt an der Spitze der grösseren Hervorragung ihren Anfang, zieht sich über die zweite, kleinere hin und endet ungefähr an der Stelle, wo die Neubildung mittels einer geringfügigen Falte in die Wandung des Cephalothorax übergeht. Zwischen den reihenweise angeordneten Feder-

haaren bemerkt man übrigens in der Nähe der zweiten kleinen Hervorragung auch ein vereinzelt Quirlhaar.

Von einer typischen Gliederung des Stammes unserer kleinen Neubildung kann noch keine Rede sein, ja ich betrachte sogar die beiden Hervorragungen am freien Ende nicht als Andeutungen einer künftigen Spaltung des Scheitelteiles, sondern bin der Ansicht, dass sich die betreffenden Vorrägungen bei weiteren Häutungen ausgeglichen haben würden.

Eng an die in Figur 2 dargestellte Neubildung schliesst sich eine andere an, welche an einem Exemplare, das am 16. April abgetötet wurde, aufgefunden ward. Ich konnte auch an ihr die beiden Gruppen verschieden gestalteter Haare konstatieren, die wir in Figur 2 kennen gelernt haben. Die Quirlhaare — hier nur in der Zweizahl vertreten — standen wie dort an der Basis der Neubildung und zwar an ihrem Aussenrand, während die Federhaare in dicht gedrängter Reihe auf der Ventralseite inseriert und mit ihren freien Enden nach innen d. h. nach dem Rostrum zu gerichtet waren.

Wenden wir uns nun endlich zu der vierten und letzten Neubildung der zweiten Kategorie, so werden wir bemerken, dass dieselbe bereits eine etwas höhere Stufe der Ausbildung als alle vorhergehenden erreicht hat. Zwar ist der Haarbesatz keineswegs mehr als bei der in Figur 2 dargestellten Neubildung entwickelt, wir bemerken auch hier nur an der Basis des Gebildes am Aussenrande einen Büschel Quirlhaare und am oberen Innenrande die reihenweise angeordneten Federhaare, was aber das Objekt über das andere erhebt, ist der Umstand, dass es in der Nähe seines freien Endes einen kurzen zweigliederigen Fortsatz (*f<sup>r</sup>*) aufweist, der im Leben hell aussah und ganz einem rudimentären zweigliederigen Flagellum glich.

An unserm Objekt fällt ausserdem auf, dass derjenige Teil des freien Endes, welcher die Federhaare trägt, ziemlich bedeutend über den anderen mit dem zweigliederigen Fortsatz hervorrägt; es scheint mir zumal bei einem Vergleiche des Objektes mit der noch höher differenzierten Neubildung der vierten Kategorie nicht ausgeschlossen zu sein, dass auch dieses Merkmal als ein Zeichen beginnender weiterer Gliederung aufzufassen ist, dagegen muss ich den verschiedenen Längs- und Querfalten, welche in der Zeichnung

deutlich wiedergegeben sind, jeden morphologischen Wert absprechen. Dieselben mögen vielleicht von Unregelmässigkeiten der anfänglichen Schnittfläche bedingt sein oder auch zum Teil mit dem Wachstum der Neubildung zusammenhängen, so dass sie sich bei weiteren Häutungen ausgeglichen haben würden.

Die zuletzt geschilderte Neubildung der zweiten Kategorie leitet uns nunmehr direkt zur dritten und letzten über.

Ihr einziger Repräsentant ist in Figur 4 und 5 in zwei verschiedenen Stellungen bildlich dargestellt. Ich bemerkte ihn im Februar, und um jeden Unglücksfall bei einer weiteren Züchtung unmöglich zu machen, konservierte ich die *Sicyonia*, welche die wichtige Neubildung aufwies, sofort, obgleich die Dimension der letzteren noch sehr gering war, da der Längsmesser nicht mehr als 2 mm. betrug. Trotz dieser geringen Grösse ist aber die regenerative Bildung vortrefflich ausgebildet, so dass sie uns in den Stand setzt, die Frage, ob die bei *Palaemon* gewonnenen Resultate auch für *Sicyonia* Geltung haben, mit Sicherheit zu entscheiden.

Schon mit blossen Auge erkannte man, dass das Organ aus einem breiten Stamme (*pr*) bestand, dem zwei etwas nach einwärts gekrümmte Aeste aufsassen. Das Organ sass unbeweglich am Cephalothorax an Stelle des weggeschnittenen Auges fest und war so orientiert, dass seine beiden Breitseiten mit den Körperseiten parallel waren, von seinen schmalen Seiten dagegen die eine nach hinten, die andere nach vorn gerichtet war. Von den beiden Aesten entsprang der schlankere (*ex*) an der Hinterseite, während der etwas dickere (*en*) vorn inseriert war. Bei schwacher Vergrösserung unter dem Mikroskop erkannte man nun, dass die beiden Aeste, welche dem breiten ungegliederten Stamme aufsassen, kleinen Flagellen glichen, wie sie sich auch an den Antennen vorfinden. Die schlankere der beiden kleinen Geisseln hat sich von dem gemeinsamen Stamme abzugliedern begonnen, doch ist die Abgliederung noch nicht ganz vollendet, wie man an der Figur 4 erkennt, welche unser Organ von der schmalen Hinterseite darstellt. An der Ansatzstelle am Stamm ist das Flagellum noch ungegliedert und ziemlich breit, während das freie Ende 4 deutliche Glieder aufweist. Die zwischen Ansatz- und Endteil gelegene Partie zeigt eine in die Augen fallende enge Ringelung, was mit der Bildung neuer Segmente zusammenzuhängen scheint. Zu beachten ist noch,



dass das ziemlich grosse zweite Glied vom freien Ende her an der Convexseite ein deutliches Anzeichen einer Zweiteilung aufweist, während dasselbe an der Concavseite nicht zu bemerken ist. Solche Unregelmässigkeiten der Gliederung sind an den Geisseln der Krebsantennen nicht selten und von Morgan<sup>1)</sup> mit Recht auf unexakte Regeneration zurückgeführt worden. Wie wir auf der Zeichnung weiter sehen, ist das gegliederte Ende unsrer kleinen Geissel mit langen strukturlosen Haaren (*frs*) besetzt, welche wegen ihrer Zartheit umgebogen und häufig mit einander verknäuelst sind. Wichtig ist nun, dass diese Sinneshaare nicht rings um die ganze Geissel verteilt sind, sondern nach Art einer Franse angeordnet sind und ausschliesslich auf den nach vorn gekehrten Flächen der Endglieder des Flagellums entspringen. Ihren Ursprungsort sieht man infolgedessen in Figur 5, welche das regenerierte Organ von der Vorderseite darstellt.

Wollen wir nunmehr das andere kleine Flagellum etwas genauer kennen lernen, so bedienen wir uns ebenfalls am besten der Figur 5. Wir sehen an dieser zunächst, dass dasselbe — wie bereits gesagt — am oberen Ende der vorderen Schmalseite des breiten Stammes entspringt und aus 5 Gliedern besteht. Das erste basale Glied ist noch nicht vollständig vom Stamme abgegliedert, wie man an der nur halb herumreichenden Einkerbung bemerken wird. Was den Borstenbesatz anbetrifft, so fällt sofort in die Augen, dass sich derselbe im Gegensatz zu dem der anderen, bereits beschriebenen Geissel rings um die einzelnen Glieder vorfindet. Die einzelnen Borsten entspringen stets vom Ende eines jeden Gliedes, sie sind mit ihren Spitzen nach dem freien Ende der ganzen Geissel hin gerichtet und besitzen eine weit grössere Steifheit als die langen, zarten, fransenartig angeordneten Haare des anderen kleinen Flagellums. Für unsere späteren Erörterungen von besonderer Bedeutung ist nun die Thatsache, dass an den ersten zwei Segmenten unsrer Geissel und zwar an der nach hinten gekehrten Seite einige wenige ganz besonders lange und steife Borsten inseriert sind, die in Bezug auf ihre Struktur erheblich von den übrigen, kürzeren verschieden sind. Sie besitzen nämlich Seitenfedern, welche ähnlich wie bei den Quirlhaaren rings um

<sup>1)</sup> A Study of Metamerism. Quart. Journ. of Micr. Sc. Vol. 37. 1895.

den Stamm herum gestellt sind, aber an Steifheit jene der letzteren weit übertreffen. Auch der Stamm zeichnet sich vor dem der Quirlhaare durch seine bedeutendere Festigkeit aus. Die einzelnen steifen Fiederchen sind nun, besonders nach dem Schaftende zu, weit enger an einander gereiht als an den Quirlhaaren, und indem sie ausserdem nicht immer ringsum gleichmässig verteilt sind, sondern an zwei gegenüberliegenden Seiten oder auch nur an einer besonders angehäuften Seite, kommen Formen zu Stande, die an die gewöhnlichen Federhaare unserer Neubildungen erinnern, von denen sie freilich immer noch wegen ihrer Steifheit sofort zu unterscheiden sind. In Figur 4 sieht man zwei dieser langen Borsten mit Seitenfiedern bei *f* hinter der schlanken Geissel hervorragen; in Figur 5 dagegen lässt sich nur eine einzige wahrnehmen und zwar da, wo das schlankere Flagellum (*ex*) hinter dem etwas dickeren (*en*) verschwindet, die übrigen sind bei dieser Lage des Objektes verdeckt.

Was nun schliesslich noch den dritten und letzten Teil der merkwürdigen regenerativen Bildung, den ungegliederten Stamm (*pp*) anbetrifft, so ist über denselben wenig zu sagen. Er besitzt eine von links nach rechts abgeflachte Gestalt und geht ohne tiefe Abgliederung direkt in jenen, zwischen den beiden Stielanlagen gelegenen, vom Cephalothorax scharf abgesetzten Teil über, den wir oben als „interoculare Brücke“ bezeichnet haben. Ebenso wie die Neubildungen der zweiten Kategorie (Fig. 2 und 3) ist auch er mit zweierlei verschiedenen Haaren besetzt. Der Büschel von langen Quirlhaaren steht am unteren Ende der hinteren Schmalseite, an deren Scheitel die kleine schlankere Geissel inseriert ist, die reihenweise angeordneten Federhaare entspringen dagegen von der Vorderseite, was man besonders deutlich an Fig. 5 erkennt. Nach oben schliesst die Reihe der Federhaare mit einem kräftigen, spitzen Stachel ab.

Am Ende der Beschreibung sämtlicher Neubildungen angelangt, welche ich bei *Sicyonia* an Stelle der abgeschnittenen Augen erhalten habe, möchte ich noch kurz auf die riesige individuelle Verschiedenheit hinweisen, welche sich im Regenerationsvermögen dieser Tiere kundgiebt. Während nämlich die beiden am weitesten entwickelten Neubildungen am 8. und 10. Februar beobachtet worden waren, also ca. 3½ Monate nach erfolgter Operation, besaßen bei Abbruch des Versuches vom 16. April von den sechs

überlebenden Krebsen vier erst rudimentäre Ansätze der ersten Kategorie und einer liess überhaupt nicht die Spur einer Neubildung erkennen. Diese Krebse hatten es also nach  $5\frac{1}{2}$  Monaten noch lange nicht so weit gebracht, wie die beiden anderen nach ca.  $3\frac{1}{2}$  Monaten. Es sei noch hinzugefügt, dass die Grösse der Krebse ungefähr gleich war, nur einer war kleiner als alle anderen und gerade dieser hatte am 16. April erst einen kleinen, undifferenzierten Stummel regeneriert. Bei meinen Versuchen mit *Palaemon* habe ich ganz die gleiche Erfahrung über die grosse individuelle Verschiedenheit im Regenerationsvermögen — wenigstens in diesem bestimmten Falle, d. h. bei weggeschnittenen Augen — gemacht.

Nach diesem kurzen Exkurs wollen wir nunmehr daran gehen, einen

#### Vergleich der regenerierten Bildungen mit den übrigen Körperanhängen

anzustellen.

Fassen wir hier zunächst die erste Kategorie der Neubildungen ins Auge, so ist klar, dass man denselben noch nicht ansehen kann, ob sie die Ansätze von Augen oder von anderen Organen sind. Dies ist jedoch sehr leicht bei jener Neubildung der zweiten Kategorie der Fall, welche in Fig. 2 dargestellt ist. Hier sehen wir an dem rudimentären, zweigliedrigen Fortsatz am freien Ende des Gebildes, dass dasselbe mit Sicherheit weder die regenerierte Anlage des ganzen Auges noch die des Augenstieles repräsentiert, da letzterer keinen Fortsatz irgend welcher Art aufweist. Wir haben also in dieser Neubildung mit Sicherheit eine Heteromorphose vor uns, d. h. die betreffende *Sicyonia* hat an Stelle des weggeschnittenen linken Auges ein anderes Organ zu regenerieren begonnen. Den anderen Vertretern der zweiten Kategorie der Neubildungen geht nun zwar dieser kleine bedeutungsvolle Fortsatz ab, eine genaue Vergleichung des Augenstieles mit ihnen wird jedoch zeigen, dass auch sie als Heteromorphosen aufzufassen sind.

Im Gegensatz zu *Palaemon* ist der Augentiel bei *Sicyonia* — von dem kleinen Basalglied, das nur einige wenige Quirlhaare

aufweist, abgesehen — ringsum dicht mit Haaren, Borsten und Stacheln von verschiedenem Bau bedeckt. Um also sicher zu entscheiden, ob wir in allen Vertretern der zweiten Kategorie unserer Neubildungen Heteromorphosen und nicht etwa regenerierte Augenstiele vor uns haben, müssen wir den Haarbesatz der letzteren genau kennen lernen. Derselbe wird zum grösseren Teil von kleinen hakenförmig gekrümmten Borsten gebildet, die ziemlich dicht bei einander rings um den Augenstiel angeordnet sind und mit ihren Spitzen nach dem freien Ende des Stielauges zu sehen. Zwischen diesen kleinen, hakenförmigen Gebilden stehen hie und da steifere Borsten gerade von der Wandung ab. Auffallender als diese beiden Arten sind aber die langen Quirlhaare, welche sich namentlich an dem nach innen, d. h. nach dem Rostrum zugekehrten Rande vorfinden. Sie bilden einen dichten Besatz von der Basis des Stieles bis zum Rande des Facettenauges selbst. Letzteres setzt sich etwas wulstartig vom Augenstiel ab und ist an seiner Peripherie rings von Stacheln umgeben, die mit ihrer Spitze nach dem freien Ende des Stielauges gekehrt sind. Von diesen Stacheln finden sich die kräftigsten an der in der Ruhelage nach oben gekehrten Seite des Augenstieles, und zwar zeichnen sich zwei, drei, vier oder auch einige mehr durch besondere Grösse aus. In Fig. 6 ist ein solcher langer, steifer Stachel dargestellt, und seine beiden Charakteristika fallen auf der Abbildung sofort in die Augen. Einmal nämlich sieht man, dass er nicht allmählich spitz ausläuft, sondern ziemlich breit endet und auf der einen Seite seines stumpfen Endes einen kleinen, schwach gekrümmten Stift trägt, und sodann bemerkt man unterhalb dieses kleinen Fortsatzes einen dichten Besatz kurzer Fiedern, welche rings um den oberen Teil des Schaftes angeordnet sind und auf der einen Seite eine grössere Länge als auf der andern erreichen. Der untere Teil des Schaftes ist vollkommen glatt und scheint auch bei den Jugendstadien der langen Stacheln der Fiedern zu entbehren, wenigstens weisen die kleineren Stacheln in der Nähe der grossen, falls sie überhaupt etwas von Fiedern erkennen lassen, dieselben ebenfalls nur an ihrem oberen Teile auf. Wichtig ist sodann noch für uns, dass die betreffenden langen Stacheln nicht bei allen *Sicyonia*-Individuen den Fiederbesatz besitzen, sondern dass ich dieselben vielmehr in der Mehrzahl der Fälle glatt vorfand. Ob freilich die Stacheln dann überhaupt

nie Fiedern besessen haben oder ob dieselben erst sekundär im vorgerückteren Alter abgefallen sind, vermag ich zwar nicht anzugeben, ist aber für uns hier vollkommen nebensächlich.

Vergleichen wir nunmehr den Haarbesatz der Neubildungen unserer zweiten Kategorie (Fig. 2) mit dem der Augentiele, so zeigt sich, dass die Quirlhaare beiden gemeinsam sind, dass aber die einreihig angeordneten Federhaare, wie sie in Fig. 2 und 3 zu sehen sind, an den Augentielen vollkommen fehlen. Zwar haben dieselben eine entfernte Aehnlichkeit mit den in Fig. 6 dargestellten Stacheln, ein Vergleich von Fig. 6 und 7 genügt aber, um sofort den grossen Unterschied, der in der That zwischen ihnen besteht, erkennen zu lassen. Während in Fig. 6 die Fiedern sich nur am oberen Ende finden und ringsum den steifen Schaft angeordnet sind, sind sie dort von oben bis unten zweireihig ganz nach Art einer Feder an der weit zarteren Spule inseriert, während der dargestellte Stachel auf seinem breiten Ende einen kleinen gekrümmten Fortsatz trägt, läuft der Schaft des Federhaares ganz allmählich spitz aus, und zu alledem kommt noch, dass der Stachel der Figur 6 nicht einmal bei allen Exemplaren den Fiederbesatz aufweist.

Es ist also somit strikte bewiesen, dass sämtliche vier Neubildungen der zweiten Kategorie wegen des Besitzes der einreihig angeordneten Federhaare nicht als regenerierte Augentiele ohne Auge, sondern als Ansätze zu ganz anderen Organen, kurz als Heteromorphosen aufzufassen sind.

Von welchen anderen Organen bilden nun aber die betreffenden Neubildungen die Ansätze? Aus ihrem Haarbesatz allein lässt sich keine sichere Antwort auf diese Frage herauslesen, da sich die Federhaare sowohl an den beiden Antennenpaaren wie an den Mundgliedmassen und auch noch an anderen Körperanhängen vorfinden. Dagegen scheint der kleine zweigliedrige Fortsatz an dem in Fig. 3 dargestellten Organe, der im Leben den Eindruck eines ganz minimalen, rudimentären Flagellums machte, darauf hinzuweisen, dass unsere Neubildungen Ansätze zu antennen-ähnlichen Organen sind, und durch das Vorhandensein jener wohl entwickelten Neubildung der dritten Kategorie wird diese Andeutung zur vollen Gewissheit er-

hoben. Denn die Ausstattung des Organes mit flagellenartigen Fortsätzen, die mit Borsten und Sinneshaaren verschiedener Art besetzt sind, weist uns entschieden darauf hin, das regenerierte Organ zu den Antennen zu stellen und ferner, weil es eben zwei Geisseln auf einem gemeinsamen Stamme und nicht eine Geißel und einen schuppenförmigen Aussenast besitzt, anerkennen zu müssen, dass es sich zum mindesten in diesem Punkte einer Antenne des ersten Paares, einer Antennula, nähert.

Die genaue Beschreibung, welche wir oben von der merkwürdigen Neubildung gegeben haben, setzt uns nun aber in den Stand, noch weit mehr Annäherungsmerkmale zwischen ihr und einer Antennula zu konstatieren. Dieselben sind folgende:

1) Der Protopodit einer normalen Antennula ist von abgeflachter Gestalt, zeigt also auf dem Querschnitt eine ähnliche Form wie der Stamm unserer Heteromorphose.

2) Quirlhaare finden sich in verschiedenen Büscheln nur am Basalglied des Protopoditen der Antennula; auch bei unserer Neubildung sind diese Haarbildungen auf die Basis des Stammes beschränkt und an dessen Ende nicht vorhanden.

3) Die Federhaare sind am normalen Protopoditen in einer langen Reihe vornehmlich an jener Seite inseriert, an welcher der geißelförmige Endopodit sitzt. Auch bei dem heteromorphen Organ findet sich die Reihe der Federhaare an jener Seite, von welcher der gedrungene, rings mit Borsten besetzte Ast entspringt, und

4) Dieser Ast entspricht deshalb dem Endopoditen, weil sein Borstenbesatz mit dem des letzteren übereinstimmt und weil im Speciellen seine ersten beiden Glieder mit den gleichen, langen und steifen Borsten mit Seitenfiedern wie die ersten drei Segmente des Endopoditen besetzt sind.

5) Im Gegensatz zu dem Endopoditen ist der Exopodit einer normalen Antennula — von kleinen, stiftchenartigen Sinneshärcchen abgesehen — mit langen, zarten Sinneshaaren besetzt, die aber nicht ringsum stehen, sondern an einer Seite nach Art einer Franse angeordnet sind. Ganz dasselbe haben wir oben bei der etwas schlankeren Geißel unserer Neubildung kennen gelernt.

Ich glaube, diese fünf Punkte dürften genügen, um deutlich zu beweisen, dass der Stamm unserer Heteromorphose dem Protopoditen (*pr*), das etwas dickere Flagellum (*en*) dem

Endopoditen und das schlankere (*ex*) dem Exopoditen einer Antenne des ersten Paares entspricht, dass also die *Sicyonia* an Stelle des weggeschnittenen linken Auges eine rudimentäre Antennula regeneriert hat.

Die wenigen untergeordneten Unterscheidungsmerkmale, welche darin bestehen, dass der Protopodit bei der Antennula dreigliedrig, bei unserer Neubildung dagegen ungegliedert ist, dass die beiden Flagellen der letzteren weniger Glieder haben und den einzelnen Teilen die für die Antennen charakteristische Beweglichkeit abgeht, können den vielen wichtigen Punkten der Uebereinstimmung gegenüber gar nicht ins Gewicht fallen, zumal nicht sicher ist, ob diese Unterschiede bei weiteren Häutungen nicht etwa — mindestens teilweise — ausgeglichen worden wären.

Vergleichen wir nunmehr das bei *Sicyonia* gewonnene Resultat mit demjenigen, das meine Versuche mit *Palaemon* zu Tage gefördert haben, so fällt sofort die vollkommene Identität beider auf. Denn auch dort wurden an Stelle weggeschnittener Augen antennen-ähnliche Organe regeneriert, welche in wichtigen Punkten einer Antenne des ersten Paares glichen. Hiervon machte von den zehn beobachteten Heteromorphosen nur eine insofern eine Ausnahme, als ihr der fransenartige Sinneshaarbesatz und somit das charakteristische Annäherungsmerkmal an eine Antennula abging. Wir werden jedoch in der dritten Mitteilung nachweisen, dass diese Ausnahme von der Regel nur scheinbar ist und der Satz: „Bei weggeschnittenem Auge wird eine rudimentäre Antennula regeneriert“ für *Palaemon* volle Gültigkeit hat. In der folgenden dritten Mitteilung werden wir hoffentlich im Stande sein, den Gültigkeitsbereich noch auf weitere Krebsgattungen auszudehnen. Obgleich die Heteromorphosen, welche ich früher bei *Palaemon* erhalten habe, dimensional besser ausgebildet waren, als die fünf rudimentären heteromorphen Neubildungen bei *Sicyonia*, so haben die letzteren doch insofern ein noch deutlicheres Resultat ergeben, als wir wenigstens bei der am weitesten entwickelten die Homologie mit einer Antennula bis ins Einzelne verfolgen konnten, während es uns bei *Palaemon* nur möglich war, eine gewisse Annäherung der heteromorphen Bildungen an die Antennen des ersten Paares zu konstatieren.

Im Anschluss an vorstehende Darlegung meiner Resultate mit

*Sicyonia* möchte ich schliesslich noch einmal ganz besonders hervorheben, dass die allermeisten der Krebse, welche zu den Versuchen verwendet wurden, eine Körperlänge von 4 cm resp. etwas mehr (4,2; 4,3; 4,4 cm), von dem freien Ende des Rostrums bis zu dem des Telsons gerechnet, besaßen. Nur ganz einzelne waren nur 3 cm lang, also noch nicht ganz ausgewachsen. Ebenso habe ich zu meinen Regenerationsversuchen mit *Palaemon* zum grössten Teil ganz oder nahezu ausgewachsene Tiere benutzt und nur wenige kleine operiert. Ich halte es für nötig, auf die Grösse der verwendeten Versuchstiere deswegen besonders Gewicht zu legen, weil mir es — wie ich bereits im Schlusssatz meiner ersten Mitteilung andeutete — nicht ausgemacht erscheint, dass auch bereits jüngere Entwicklungsstadien der *Palaemon*- und *Sicyonia*-Arten Antennen an Stelle abgeschnittener Augen regenerieren.

Ganz zufälligerweise stiess ich nun vor kurzer Zeit in den *Comptes rendus* vom Jahre 1873 auf eine kurze Mitteilung von Chantran<sup>1)</sup>, die zwar sehr aphoristisch gehalten ist, aus der aber doch so viel — wie mir scheint mit Sicherheit — herauszulesen ist, dass sich wenigstens bei *Astacus fluviatilis* in der That die jungen Tiere anders als die alten verhalten. Da der genannte Forscher beobachtet hatte, dass beim Flusskrebs während der Häutung auch die Augen ihre alte Hülle abstreifen — was, nebenbei bemerkt, zu erwarten war — so hielt er es nicht für ausgeschlossen, dass dieselben auch regeneriert werden könnten. Um diese seine Vermutung zu prüfen, schnitt er einjährigen, zweijährigen und ausgewachsenen Flusskrebsen beide Augen ab, aber nicht wie ich dies gethan habe, vollständig, sondern so, dass die untere Hälfte des Augenstieles erhalten blieb. Es stellte sich nun heraus, dass die einjährigen Krebse, welche im Oktober operiert worden waren, in der Häutungsperiode des nächsten Sommers die Augen zu regenerieren begannen, so dass sie nach Verlauf von vier Häutungen, d. h. nach ca. 11 Monaten wieder in dem Besitze vollständig funktionsfähiger Sehorgane waren. Im Gegensatz zu diesem unzweideutigen Resultate steht nun jenes, welches seine Versuche mit zweijährigen Krebsen lieferten. Von diesen sollen zwar auch

---

<sup>1)</sup> Expériences sur la régénération des yeux chez les écrevisses. *Comptes rendus* Bd. 76, 1873, pag. 240.



einige nach drei oder vier Häutungen Augen regeneriert haben, aber es kamen sehr häufig Anomalien dabei vor. „Car tantôt la prunelle n'est représentée que par un trait noir sur le globe de l'œil, dans lequel d'autres fois il existe deux prunelles, mais dont chacune est plus petite que la prunelle normale; dans d'autres cas, l'un des yeux reste sensiblement plus petit que l'autre.“ Die Regeneration der Augen war also bei den älteren, zweijährigen unregelmässiger als bei den einjährigen und bei den Ausgewachsenen konnte er überhaupt nichts von einer Wiedererzeugung der Augen konstatieren, denn selbst nach der zweiten Häutung war nur ein kleiner Höcker mit einem Pigmentfleck und in einem Falle „un bourgeon opaque et bifide“ an der Operationsstelle sichtbar. Leider sind die Angaben über die Anomalien, welche er an den regenerierten Augen der zweijährigen Krebse beobachtet hat, sehr unbestimmt<sup>1)</sup> gehalten, so dass man nicht recht weiss, was er eigentlich gesehen hat, und noch mehr ist zu bedauern, dass der „bourgeon opaque et bifide“ gar keiner nähern Beschreibung für würdig befunden worden ist, so dass man sich über den Grad seiner Ausbildung gar keine bestimmten Vorstellungen machen kann, aber trotz alledem halte ich es nach den Resultaten meiner experimentellen Untersuchungen bei Palaemon und Sicyonia und nach dem zufälligen Befunde Hofers bei Astacus für ausgemacht, dass Chantran in dem „bourgeon opaque et bifide“ den Ansatz zu einer Antennula vor sich gehabt hat und dass derselbe bei Weiterverfolgung seiner Versuche mit ausgewachsenen Individuen gefunden haben würde, dass junge, erst vor einem Jahr ausgeschlüpfte Exemplare von Astacus fluviatilis an Stelle weggeschnittener Augen wieder Augen, erwachsene dagegen Antennulae regenerieren. Ich selbst habe noch, bevor ich von den Chantran'schen Versuchen Kenntnis erhielt, Experimente mit erwachsenen Flusskrebse begonnen, deren eventuelle Resultate in einer dritten Mittheilung niedergelegt werden sollen.

---

<sup>1)</sup> Es wäre zu wünschen, dass die Chantran'schen Versuche mit jungen Flusskrebse wiederholt würden und dass dabei besonders auch auf die Missbildungen geachtet würde, welche so häufig bei der Regeneration der Augen von zweijährigen Krebse auftreten sollen. Noch wichtiger wäre allerdings die Untersuchung von Larvenstadien mariner Dekapoden auf ihre Augenregenerationsfähigkeit hin.

In dieser dritten Mitteilung werde ich auch eingehender darauf zu sprechen kommen, welchen Wert die von mir ermittelten Tatsachen für verschiedene Gebiete der Biologie besitzen. Nach der Ansicht Hofers, der in seiner öfter zitierten Mitteilung eingehend erörtert, ob die von ihm gefundene Heteromorphose phylogenetische Bedeutung habe oder in den „Raritätenkasten“ gehöre, müsste ich mich zwar, da ich die erstere der beiden Alternativen bereits in meiner ersten Mitteilung verworfen habe, für die zweite entscheiden und meine Heteromorphosen in den genannten Kasten packen, um sie daselbst als merkwürdige Monstra unbeachtet liegen zu lassen, ich glaube aber, dass sich denselben doch noch ein anderes Interesse abgewinnen lässt, da es auf der Hand liegt, dass die Tatsache der möglichen Regeneration von Antennen an Stelle von Augen sowohl für die Sinnesphysiologie wie für die Entwicklungsanalyse resp. causale Morphologie von der allergrössten Bedeutung ist. Indem ich mir vorbehalte, in spätern Schriften in eingehender Weise hierauf zurückzukommen, will ich mich hier darauf beschränken mit kurzen Worten auf

Die Bedeutung der heteromorphen Neubildungen für die Frage nach der Kernspezifikation während der Ontogenese einzugehen.

In seiner Arbeit „Zur Analysis der Potenzen embryonaler Organzellen“<sup>1)</sup> hat Driesch nachgewiesen, dass nicht zu kleine Fragmente einer Echinodermenblastula ganzen kleinen Gastrulis oder auch Pluteis resp. Bipinnarien den Ursprung geben, wenn die Blastulae vor Anlage des Urdarmes zerschnitten werden. Findet dagegen die Operation erst nach dem Sichtbarwerden der Urdarmanlage statt, so entstehen aus den Bruchstücken der Blastulawand zwar auch geschlossene kleine Blastulae, dieselben bekommen aber keinen neuen Urdarm, obgleich sich ihre ektodermale Wandung weiter ausgestalten und Mund- und Wimperring bilden kann. Während also sämtliche Zellen der noch undifferenzierten Blastula noch alle Potenzen, die zum Ablauf der ganzen Ontogenese notwendig sind, besitzen, sind die Potenzen der Ekto-

---

<sup>1)</sup> Archiv f. Entwicklungsmechanik Bd. II, Heft II, 1895.

dermzellen nach erfolgter Urdarmanlage beschränkt, und zu gleicher Zeit ist dies auch mit den Potenzen der Entodermzellen geschehen, denn ein isolierter Urdarm vermag kein neues Ektoderm zu bilden oder sich zu einer Kugel abzurunden und die Entwicklung von neuem zu beginnen. Die Zellen des Ektoderms einer Gastrula sind also in Bezug auf ihre Entwicklungspotenzen von den Zellen des Urdarmes verschieden; im Vergleich mit ihresgleichen weisen dagegen die letzteren ebenso wie die ersteren dieselben Potenzen auf, was sich durch Zerschneiden noch undifferenzierter Gastrulae nachweisen lässt. Wird nämlich eine solche Larve mit einer Scheere eines Teiles ihrer Wandung und ihres Darmes beraubt, so bildet sich der Rest zu einem kleinen Pluteus resp. einer kleinen Bipinnarie mit dreigliedrigem Darm, Coelom- und Wassergefässanlage, definitivem Mund- und Wimperring aus. Hat sich dagegen an den Gastrulis vor der Operation eine weitere Differenzierung eingestellt, ist z. B. die Vasoperitonealblase gebildet worden, so ist hiermit die prospektive Potenz der Urdarmzellen ebenso wie früher jene der Blastodermzellen nach Anlage des Urdarmes beschränkt worden, und nach dem Wegschneiden des Urdarmendes mit der genannten Blase wird eine solche nicht wieder gebildet.

Gestützt auf diese Resultate könnten nun Anhänger der Hypothese von der Spezifikation der Kerne während der Ontogenese sich veranlasst fühlen, die Kernspecialisierung während der Furchung fallen zu lassen, dagegen eine solche während der Organbildung anzunehmen und somit die Beschränkung der Entwicklungspotenzen mit fortschreitender Organbildung auf eine Specialisierung der Kerne, die ja das Wesen der Zellen bestimmen sollen, zurückzuführen. Könnte man nun aber auch die Berechtigung einer solchen Annahme für die Asteriden und Echiniden ruhig gelten lassen, so muss man ihr doch angesichts der Resultate von G. Wolff<sup>1)</sup> bei der Regeneration der Tritonlinse aus der Iris des von Wagner'schen<sup>2)</sup> Nachweises der Wiedererzeugung des ursprünglich ektodermalen Vorder- und Enddarmes aus dem ursprünglich entodermalen Mitteldarme bei Lumbriculus und meiner eigenen

<sup>1)</sup> Entwicklungsphysiologische Studien. I. Die Regeneration der Urodelenlinse. Archiv f. Entwicklungsmechanik, Bd. I, Heft 3. 1895.

<sup>2)</sup> Einige Bemerkungen über das Verhältnis von Ontogenie und Regeneration. Biol. Centralbl., Bd. 13, 1893, p. 294 u. 295.

Versuchsergebnisse von vornherein die Allgemeingültigkeit ab sprechen, da es sich bei den letzteren herausgestellt hat, dass jene Zellen an der Basis der Augenstiele nach Bildung der Augen doch nicht die Potenzen zu anderer Organbildung verloren, sondern zum mindesten die Fähigkeit zum Erzeugen von Antennulis behalten haben.

Neapel, Zoologische Station, den 24. April 1896.

### Tafelerklärung.

Figur 1—5 gezeichnet mit Zeiss Obj. a Oc. II u. Zeichenapparat.

"	6	"	"	"	"	A	"	II	"	"
"	7	"	"	"	"	C	"	II	"	"

Figur 1. Neubildung (*n*) der ersten Kategorie, welche an Stelle des linken Auges der sogen. „interokularen Brücke“ (*br*) aufsitzt. Letztere ist bis zur Hälfte mitgezeichnet und lässt eine der beiden schuppenartigen, mit Quirlhaaren (*qu*) besetzten Hervorragungen (*sch*) erkennen, welche von ihrer Mitte entspringen und nach vorn gerichtet sind. Bei *ag* beginnt sich die Neubildung von der „interokularen Brücke“ abzugliedern.

Figur 2. Heteromorphe Neubildung der zweiten Kategorie von der Ventralseite gesehen. Man bemerkt den Büschel von Quirlhaaren (*qu*) und die reihenweise angeordneten Federhaare (*fe*).

Figur 3. Heteromorphe Neubildung derselben Kategorie, aber mit einem rudimentären, zweigliedrigen Fortsatz (*fr*) am freien Ende, welcher grosse Ähnlichkeit mit einem Geisselansatz aufwies.

Figur 4. Die heteromorphe Neubildung der vierten Kategorie von hinten gesehen. Man sieht auf den Exopoditen (*ex*), der an seinem gegliederten Endteil ein fransenartiger Besatz langer, zarter Sinneshaare (*frs*) trägt. Hinter dem Exopoditen bemerkt man den anderen geisselförmigen Fortsatz, den Endopoditen (*en*). Beide sitzen dem ungliederten Stamm, dem Protopoditen (*pr*) auf. Bei *fi* bemerkt man zwei der langen, steifen, an ihrem oberen Ende mit Fiedern besetzten Borsten, welche an den ersten beiden Gliedern des Endopoditen und zwar an der nach dem Exopoditen zugekehrten Seite inseriert sind.

Figur 5 repräsentiert dieselbe Heteromorphose von vorn gesehen, man sieht jetzt auf den Endopodit (*en*), von dem der Exopodit (*ex*) mit dem fransenartigen Sinneshaarbesatz (*frs*) teilweise verdeckt wird. Ausserdem bemerkt man, dass die reihenweise angeordneten Federhaare von der vorderen Schmalseite des Protopoditen entspringen, während der Büschel Quirlhaare an der Basis der hinteren Schmalseite inseriert ist.

Figur 6. Starke, steife Borste mit ringsum gestellten Seitenfiedern am oberen Ende von jener Seite des Augenstieles, welche in der Ruhelage nach oben gekehrt ist. Man beachte, dass die Borste an ihrem ziemlich breiten Ende einen kleinen, etwas gekrümmten Stift aufweist.

Figur 7. Zum Vergleich mit Figur 6 ist ein einzelnes Federhaar von der in Figur 2 dargestellten Neubildung bei stärkerer Vergrößerung gezeichnet worden.

