

Ueber die Augen und Nerven der Seesterne.

Von

Dr. Ernst Haeckel.

Mit Tafel XI.

1. Ueber den feineren Bau des Seestern-Auges.

Die rothen Pigmentflecke, welche die Asterien an der Unterseite der Strahlen im Endtheil der Ambulacralfurche tragen, und durch Umbiegen der Strahlenspitze frei nach aussen richten, sind bekanntlich zuerst von Ehrenberg als Augen gedeutet worden, welcher auch bei Asteracanthion violaceus eine Anschwellung am Ende der Nerven, auf denen diese Augenflecke aufsitzen, wahrnahm. Soviel ich weiss und aus v. Siebold's Lehrb. d. vergl. Anat., der einzigen Quelle, die mir gegenwärtig hier in Neapel zu Gebote steht, ersehen kann, hat seitdem kein anderer Beobachter einen weiteren Beitrag zur Erkenntniss ihrer Structur geliefert. Die neueren Zoologen bezweifelten ihre wahre Augennatur, da es ihnen nicht gelang, einen lichtbrechenden Körper in den Pigmentanhäufungen nachzuweisen, und sie wurden wieder in die Reihe der einfachen rothen Augenflecke zurückgestellt, die so vielen niederen Wirbellosen gemeinsam sind. Eine erneuerte, genaue Untersuchung hat mir nicht nur den Nachweis des lichtbrechenden Körpers geliefert, sondern auch das überraschende Resultat ergeben, dass diese rothen Pigmentflecke in die Kategorie der bisher nur bei den Gliederthieren bekannten zusammengesetzten Augen gehören.

Das zusammengesetzte Seestern-Auge erscheint in seiner Grundform als ein halbkugelig oder halbeylindrischer Bulbus, der mit seiner breiten Grundfläche auf einem etwas erhöhten Polster an der Unterseite der Strahlenspitze angewachsen ist, welches von der (gegen den centralen Mund gerichteten) Innenseite her von einem keilförmig verbreiterten, in der Ambulacralfurche gelegenen und den Sehnerv enthaltenden

Stiel umfasst wird. Die convexe Oberfläche des Bulbus ist von einer einfachen Cornea überzogen, die aus einem kleinzelligen Pflasterepithel, und darüber aus einer homogenen Cuticula besteht. Der planconvexe Bulbus selbst zerfällt in eine innere, homogene, feinkörnige Markschicht, welche wahrscheinlich nur eine ganglienartige Anschwellung des hier von unten eintretenden Nervus opticus ist, und eine äussere Rindenzone, in welcher in gewissen regelmässigen Abständen (von der Länge des ganzen oder halben Durchmessers der Einzelaugenbasis) eine grosse Anzahl (80—200) kegelförmige Einzelaugen angebracht sind, die mit ihren Axen gegen einen gemeinsamen Mittelpunkt oder eine Längsmittellinie gerichtet sind. Jedes Einzelauge erscheint als ein rother Pigmentkegel, in dessen, unmittelbar unter der gemeinsamen Cornea liegende Basis eine kugelige homogene Linse eingebettet ist, während die nach innen gerichtete Spitze auf der Oberfläche der halbkugeligen oder halbcylindrischen Markmasse, des vermuthlichen Ganglion opticum, ruht. Das nähere Verhalten dieser Augenstructur bei den drei Seesternarten, die allein ich hier in Neapel untersuchen konnte, ist Folgendes:

1. *Astropecten aurantiacus*.

Der rothe Augenpunkt dieses Seesternes liegt ziemlich versteckt in einer kleinen Vertiefung zwischen den beiden letzten grossen Seitenplatten an der Unterseite der Strahlenspitze. Kriecht der Seestern frei umher, so wird letztere unter rechtem Winkel nach oben zurückgeschlagen und das Auge schaut dann frei zwischen den beiden auseinanderweichenden Deckplatten nach aussen vor. Durch vorsichtiges Wegnehmen der letzteren mit der Pincette kann man den Bulbus unversehrt freilegen und bei schwacher Vergrösserung und auffallendem Licht in seiner natürlichen Form und Lage betrachten. Er erscheint alsdann von der Fläche, von oben¹⁾ gesehen (Fig. 7), als kreisrunde Scheibe, im Profil (Fig. 8) dagegen als planconvexes Kissen, welches am innern Ende von dem keilförmig verbreiterten, den Sehnerv führenden, Augenstiel umfasst wird. Der höhere (dickere) Durchmesser des halbkugeligen Bullus beträgt 0,4—0,5^{mm}, der Durchmesser der kreisrunden flachen Basis 0,8—1,0^{mm}. Das erhöhte Polster, auf dem letztere ruht, ist durch eine flache grabenförmige Vertiefung von einem niederen concentrischen Wall getrennt, auf welchem eine Anzahl Stacheln und Ambulacren stehen, erstere am äusseren, letztere am inneren Umfang. Sie können sich über das Auge hinweg legen und dasselbe schützend vollständig zudecken. Der Bulbus ist von einem Pflasterepithel überzogen, dessen polygonale, 0,005^{mm} grosse Zellen

1) D. h. wenn wir obere Fläche die dem Licht zugewandte convexe, untere die an das Polster befestigte plane nennen. In natürlicher Stellung ist erstere, die obere Fläche, wenn der Seestern mit zurückgeschlagener Strahlenspitze sieht, nach aussen, wenn die Armspitze mit geschlossenen Augen gerade ausgestreckt ist, nach unten gerichtet.

einen $0,002^{\text{mm}}$ grossen Kern enthalten und von einer glashellen, structurlosen, $0,002^{\text{mm}}$ dicken Cuticula bedeckt sind. Die letztere hob sich an Chromsäure-Präparaten über jedem Einzelauge in Form einer ziemlich stark convex gewölbten Cornea ab, wodurch das ganze Auge ein facettirtes Aussehen, ähnlich den Facettenaugen mancher Gliederthiere, erhielt. Unmittelbar unter dem Epithel liegen in Abständen, die ihrem eigenen Durchmesser gleich sind, die Grundflächen der einzelnen Augenkegel, welche, durchschnittlich 100 an der Zahl, gleichmässig über die ganze Rindenschicht des Bulbus vertheilt sind. Die Axen aller Einzelaugen convergiren so gegen einen gemeinsamen Mittelpunkt, dass sie sich, verlängert, in dem geometrischen Centrum der kreisrunden angewachsenen Unterfläche des Bulbus treffen würden. Jedes Einzelauge (Fig. 9) besteht aus einem Pigmentkegel, von $0,05$ — $0,08^{\text{mm}}$ Länge, in dessen nach aussen gekehrte Grundfläche, von $0,025$ — $0,040^{\text{mm}}$ Durchmesser, die kugelige Linse eingebettet ist, und in dessen nach innen gewendete Spitze wahrscheinlich aus der Markmasse, auf der sie ruht, ein Endfaden des Sehnerven eintritt, um sich vielleicht innerhalb des Pigmentmantels trichterförmig auszubreiten. Der letztere, welcher der Choroidea analog ist, wird zusammengesetzt aus burgunderrothen Pigmentzellen (Fig. 6) von sehr verschiedener Form und Grösse. Die äusseren, der Linse zunächst gelegenen, sind kleiner, bis zu $0,005^{\text{mm}}$ herab, unregelmässig rundlich polygonal; die inneren, die Kegelspitze bildenden, sind lang ausgezogen, bis über $0,03^{\text{mm}}$ lang, spindelförmig und geschwänzt, selten sternförmig und durch kurze Ausläufer mit den benachbarten verbunden. Hier innen stehen die Farbzellen auch lockerer und lassen weitere Zwischenräume zwischen sich, während sie am hintern Umfang der Linse sehr dicht gehäuft liegen, oft in mehreren Schichten sich deckend, und selbst in Form eines breiten irisartigen Ringes den ganzen mittleren Umfang der Linse einhüllend, so dass nur den die Mitte der Linse treffenden Lichtstrahlen der Eingang gestattet ist. Die Pigmentzellen sind mit einer hellrothen Flüssigkeit erfüllt und enthalten in dieser suspendirt ausser einem hellen runden Kern von $0,002^{\text{mm}}$ Durchmesser, mehrere (5—15) dunklere Körnchen. Dies wird besonders beim Abflachen der Zellen während des Eintrocknens deutlich. Der lichtbrechende Körper, der in der Basis jedes einzelnen Augenkegels nachzuweisen ist, stellt eine kugelfunde, glashelle, structurlose Linse dar, von $0,014$ — $0,016^{\text{mm}}$ Durchmesser. Meist fällt dieselbe deutlich in die Augen, wenn man den unversehrten Bulbus bei schwacher Vergrösserung betrachtet und bei auffallendem Licht, welches von ihrer vorderen, freien Kugelfläche, wie von einem Convexspiegel, mit glänzendem grünlich weissem Schimmer zurückgeworfen wird. Besonders an den randständigen Augen im Profil sieht man diesen hellen Reflexpunkt oft recht hübsch. Aber auch bei durchfallendem Licht und starker Vergrösserung springt der scharfe, feine Contour des kreisförmigen Linsenumfanges oft deutlich vor, sowohl beim Anblick von der

Fläche, als im Profil (Fig. 9 l), im letztern Fall besonders der herausragende vorderste Abschnitt der Wölbung. Die ganze Linse wird um so leichter und deutlicher erkannt, je weniger die Pigmentzellen, die den Irisring bilden, an ihrem vorderen Umfang rings angehäuft sind. Immer aber, auch in jenen Fällen, wo die zahlreich und stark entwickelten Farbzellen ein breites, undurchsichtiges ringförmiges Diaphragma bilden, welches zuweilen selbst trichterförmig sich verlängert und nach vorn über die Linse herausragt, kann man diese leicht und sicher durch die Anwendung der Mineralsäuren nachweisen. Diese verwandeln die deckende rothe Flüssigkeit der Pigmentzellen in eine hell grünlich gelbe durchsichtige Masse, durch welche hindurch die kreisrunden Contouren der Linsenkugeln überall deutlich sichtbar sind (Fig. 5). Von der Fläche gesehen geben sie dann bei ihrer regelmässigen Vertheilung ein ähnliches Bild, wie die runden Drüsenmündungen auf manchen Schleimhäuten. Ob der kegelförmige, hintere Raum im Innern des Pigmenttrichters, zwischen seiner Spitze und dem hinteren Linsenumfang, von einem zweiten lichtbrechenden Medium (Glaskörper) oder blos von nervösen Elementen ausgefüllt wird, liess sich nicht entscheiden. Ebenso wenig liess sich die Natur der, wahrscheinlich blos bindegewebigen, weichen, gelblichen, feinkörnigen Zwischenmasse erkennen, welche die Zwischenräume zwischen den Einzelaugen in der Rindenzone ausfüllt. Die Endigung und Ausstrahlung des Sehnerven, dessen begleitendes orangerotes Pigment bis in die Mitte der oberen Unterfläche des Bulbus zu verfolgen war, blieb auch ebenso unklar, als die eigentliche Natur des halbkugeligen Ganglion opticum, in das jener hier vollkommen überzugehen scheint. Die Zerküderung dieses weichen gelblichen Körpers brachte nur sehr kleine und undeutliche zellige, körnige und feinfaserige Elemente zu Gesicht, aus denen sich nichts über den Antheil der Nerven und des Bindegewebes an der Constitution dieser Gebilde abnehmen liess.

II. *Asteracanthion glacialis*.

Das Auge dieses Asteriden, an dem ich den zusammengesetzten Bau zuerst auffand, eignet sich in sofern mehr zur Untersuchung, als es grösser und leichter zu isoliren ist, als bei der vorigen und folgenden Art. Schon an lebenden Thier, das mit nach oben umgeschlagener Spitze der Arme umherkriecht, fällt es sehr leicht in die Augen durch die hervorstechende Färbung der kleinen violetten Stacheln und orangerothern Ambulacren, die dasselbe zunächst umgeben und einen Kranz bilden, aus dem es frei hervorschaut. Bei störender Berührung legen sie sich als schützende Decke darüber hinweg. Hat man sie vorsichtig entfernt, so erscheint das unverletzte Auge als ein länglich runder, in der Grundform halbcylindrischer, in der Mitte bisquitförmig eingeschnürter Körper, welcher auf einem fast halbkugelig gewölbten, dicken, erhabenen Polster ruht. Mit diesem ist seine untere Fläche in den inneren (hinteren) zwei

Drittheilen ihrer Länge verwachsen, während das letzte äusserste (vorderste) Drittheil als eine stumpfe rundliche Papille frei vortritt. In der Mitte ist die convexe Oberfläche des Bulbus seicht sattelförmig ausgeschweift, von innen nach aussen concav, von einer Seitenfläche zur andern convex. Dadurch erhält er, von der Fläche gesehen (Fig. 1), die Gestalt eines Biscuits oder einer Geige, mit breiterer äusserer, schmalerer innerer Anschwellung, im Profil (Fig. 2) die Form eines umgekehrten Pantoffels, dessen freie Apertur an die polsterförmige Unterlage angewachsen ist. Die freie stumpf papillenförmige Spitze des Schubes ist an ihrer Unterseite mit einer seichten mittleren Längsfurche versehen. In das weiche, gelbliche Gewebe dieses Bulbus sind nun 150—200 kegelförmige Einzelaugen dergestalt eingesenkt, dass ihre kreisrunde Grundfläche unmittelbar unter der gemeinsamen Cornea, d. h. dem kleinzelligen, von einer Cuticula überzogenen Pflasterepithel des Bulbus liegt, während die Kegelspitze nach innen gerichtet ist. Der Abstand der einzelnen Augen kommt ungefähr dem Durchmesser ihrer Basis gleich. Die Axe sämmtlicher Einzelaugen würde, wenn man sie nach innen verlängerte, die durch die angewachsene ebene Unterfläche des Halbcylinders gezogene Längsmittellinie unter einem Winkel schneiden, der nach innen stumpf, nach aussen spitz ist. Die Augen sind über die ganze freie Oberfläche des Bulbus gleichmässig vertheilt mit einziger Ausnahme der Mitte der äusseren freien Spitze, wo ein rautenförmiger heller Ausschnitt leer und statt der Augen nur mit spärlichen kleinen Pigmentpunkten bestreut ist. Die Grenzlinie des von den Augen besetzten Feldes ist daher, von oben gesehen, am vordern und hintern Ende convex nach hinten vorgewölbt. Im Profil ist die seitliche untere Grenzlinie durch einen in der Mitte convex nach unten vorspringenden Bogen ausgezeichnet. Betrachtet man das umgekehrt schuhförmige Auge im Profil, so liegen die Axen der untersten, diesen Seitenrand berührenden Augenkegel horizontal, die der obersten, in der Längsmittellinie der Oberfläche stehenden, vertical. Die Einzelaugen stimmen im Allgemeinen mit denen von *Astropecten* überein, sind jedoch etwas grösser und länger. Die Axe der Kegel (Fig. 3) ist 2—3 mal so lang als der 0,03—0,04^{mm} messende Durchmesser ihrer Grundfläche; doch sind nicht alle gleich gross. Die längsten Augen (bis 0,4^{mm}) sind am innern, die kürzesten (bis zu 0,06^{mm}) am äussern Ende des Bulbus gelegen. Die rothen Pigmentzellen des Mantels sind ebenfalls grösser und besonders länger, als bei *Astropecten*, und stehen weniger dicht, namentlich gegen die Spitze. Die kugelige wasserhelle structurlose Linse hat einen Durchmesser von 0,020—0,025^{mm}, tritt aber mit ihrer halbkugeligen Aussenwölbung meist weniger deutlich aus der ringförmigen Mündung des Pigmenttrichters, der kein so ausgesprochenes irisartiges Diaphragma bildet, hervor (Fig. 4). Ist aber durch Mineralsäuren das rothe Pigment grünlichgelb und durchsichtig geworden, so scheinen auch hier die regelmässigen Ringcontouren der Linsen deutlich durch (Fig. 5). Die gelbliche weiche Bindemasse, die

die Augenkegel in der Rindenschicht umgibt und trennt, die halbcylindrische Markmasse im Innern, auf der die Spitzen der Augen ruhen, endlich die Endausbreitung des Sehnerven und sein vermuthlicher Uebergang in dieses Sebganglion, blieben hier ebenso unklar und boten der näheren Untersuchung dieselben bedeutenden Hindernisse dar, wie bei *Astropecten*.

III. *Asteriscus verruculatus*.

An diesem kleinen Seestern ist der rothe Augenpunkt ohne weitere Präparation leicht sichtbar am Ende der Ambulacralfurche, wenn diese geöffnet und das Ende des Strahles umgebogen ist. Der Bulbus gleicht im Ganzen dem von *Asteracanthion* und ist ebenfalls nach dem halbcylindrischen, nicht nach dem halbkugeligen Typus des *Astropecten* gebaut. Doch sind alle Theile viel kleiner. Der ganze Bulbus bildet mit dem unterliegenden Pelster, in das der Sehnerv von innen eintritt, einen an beiden Enden abgerundeten Cylinder, dessen obere Längshälfte mit etwa 80 Augen besetzt ist. Dieser obere Halbcylinder wird durch eine mittlere Längsfurche in 2 gleiche Seitenhälften getheilt; am vorderen und hinteren Ende der Furche fehlen die Augen und werden durch kleine Pigmentpunkte ersetzt, so dass jederseits ein länglich elliptisches, mit 40 Augen besetztes Feld übrig bleibt. Die Länge des ganzen Bulbus beträgt 0,030—0,033, der Breitendurchmesser 0,016^{mm}. Die Axen der Einzelaugen convergiren gegen die Axe des Cylinders und ihre Verlängerungen schneiden diese in einer Linie, welche etwa die Hälfte der letzteren beträgt und ihre Mitte einnimmt. Die vordersten Augen sind also nach hinten, die hintersten nach vorn mit der Spitze gerichtet. Die mittleren stehen senkrecht. Uebrigens lässt sich die Richtung und Vertheilung der Einzelaugen schwieriger als bei den beiden andern Seesternen verfolgen, da sie dichter gedrängt stehen, nur um die Hälfte ihres Grundflächendurchmessers von einander getrennt. Auch sind sie kleiner, nur 0,03^{mm} lang, 0,02^{mm} breit. Die Linse hat 0,01^{mm} Durchmesser. Der Pigmentkegel, die halbcylindrische innere Markmasse und die übrigen Verhältnisse weichen nicht wesentlich von *Asteracanthion* ab.

Eine ähnliche zusammengesetzte Structur an den rothen Augenflecken der andern Echinodermen aufzufinden ist mir nicht geglückt, da mir dazu hier nur die untaugliche *Holothuria tubulosa* und der kleine *Echinus esculentus* zu Gebote standen.

2. Ueber die Elementartheile der Seestern-Nerven.

Die Formelemente des Nervensystems der Seesterne sind, soviel mir bekannt, noch von Niemand erwähnt und dieser Umstand mag die Mittheilung der folgenden dürftigen Notizen rechtfertigen. Um dieser höchst zarten Gebilde unverletzt ansichtig zu werden, bedarf es der grössten

Vorsicht der Präparation. Die Einwirkung des Wassers, leichte Zerrung mit der Nadel, der schwache Druck des Deckgläschens reichen hin, um sie in eine unkenntliche feinkörnige Trümmermasse zu verwandeln. Trotz aller Vorsicht und trotz der Anwendung verschiedener Erhärtungsmethoden ist es mir nur gelungen, die Existenz der Ganglienzellen und der Primitivröhren, sowohl in dem centralen Nervenring, als in den Radialstämmen, nachzuweisen, während ich über die Vertheilung und Verbindung der beiderlei Elemente nicht klar werden konnte. Untersucht wurden zwei grosse Arten, *Asteracanthion glacialis* und *Astropecten aurantiacus*, von denen die erstere wegen der bedeutenderen Grösse der Formbestandtheile vorzuziehen ist. Der Durchmesser der Ganglienzellen beträgt bei der ersteren $0,01-0,02^{\text{mm}}$ (im Mittel $0,016^{\text{mm}}$), bei der letzteren $0,004-0,012^{\text{mm}}$ (im Mittel $0,008^{\text{mm}}$). Es sind äusserst zarte und blasse, helle Kugeln von tropfenähnlichem Habitus, wegen ihrer schwachen Lichtbrechung schwer in der gleichartigen verkittenden Zwischenmasse zu erkennen. Eine Membran lässt sich daran nicht wahrnehmen. Der Inhalt ist ganz wasserklar, nicht körnig und zeigt fast immer in excentrischer Lage einen ebenso blassen und homogenen Kern von ungefähr $0,002-0,005^{\text{mm}}$ Durchmesser. Fortsätze der Nervenzellen und Verbindungen mit den Primitivröhren waren nicht zu erkennen. Die Primitivröhren selbst sind $0,0015-0,006^{\text{mm}}$, die meisten $0,004^{\text{mm}}$ breit und verhalten sich in ihrem Aussehen und ihrer grossen Empfindlichkeit gegen alle mechanischen und chemischen Einwirkungen den Zellen ganz analog. Sie sind ebenso zart, blass, homogen und ohne sichtbare Differenz zwischen Hülle (Röhre) und Inhalt. Kerne und Theilungen wurden nicht daran bemerkt. Nach längerem Liegen in Wasser wurden sie varicös, ohne dass jedoch auch dann eine Primitivscheide sichtbar geworden wäre. Bei *Astropecten* liegen zwischen den Primitivröhren, sowie auch unter dem ziemlich festen, quengerunzelten, homogenen Neurilemma, Längsreihen, stellenweise auch klumpige Anhäufungen von $0,003-0,005^{\text{mm}}$ grossen, gelben, dunkel und scharf contourirten, ein oder ein paar dunkle Körnchen enthaltenden Pigmentzellen. Das Einzige, was aus vielfachen Untersuchungen über die Vertheilung der beiderlei nervösen Elementartheile hervorging, war, dass sie beide in der ganzen Ausdehnung der Radialstränge und des Nervenringes vorzukommen, und dass die Zellen in der Peripherie, die Röhren in der Axe der Nervenstränge zu überwiegen schienen.

Erklärung der Figuren.

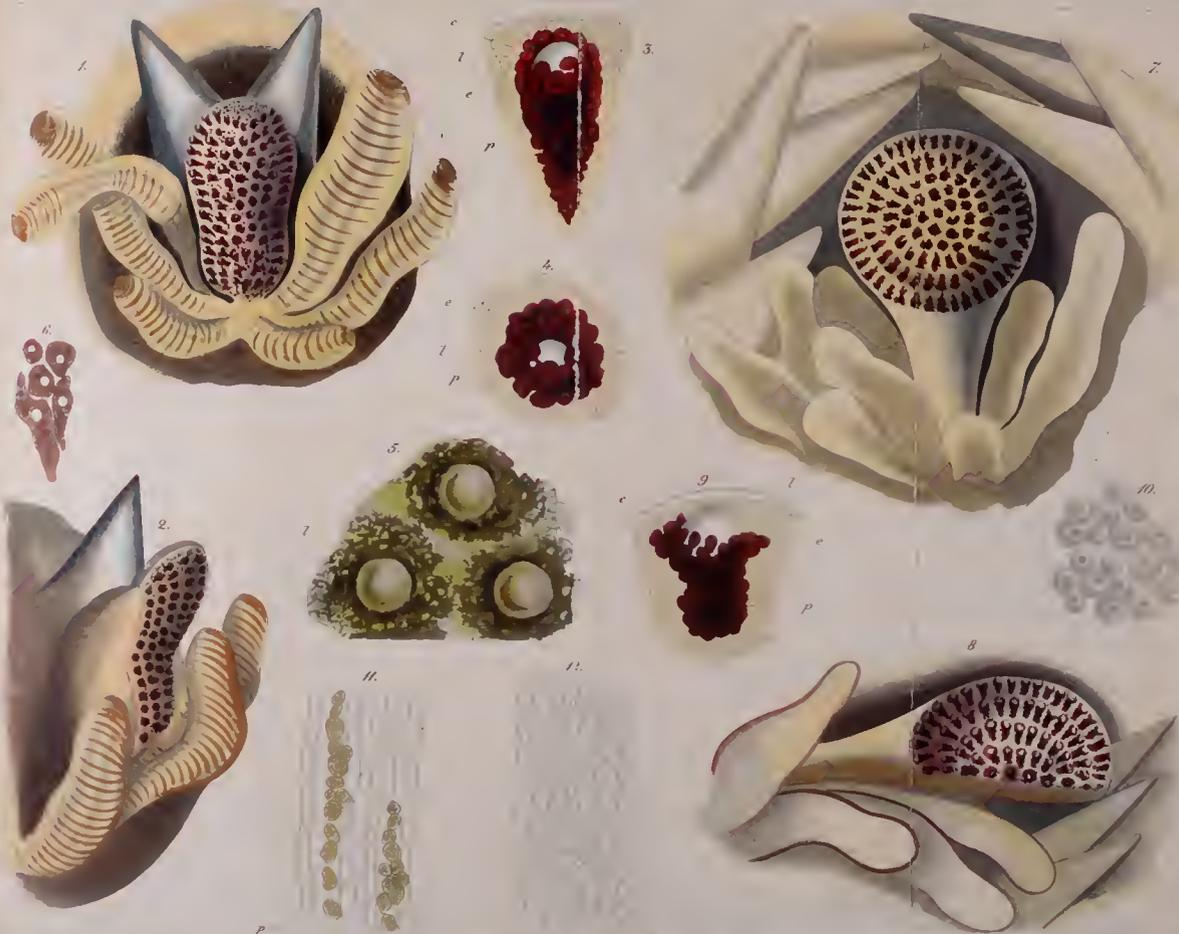
Vergrößerung: 30 in Fig. 1, 2, 7, 8. 300 in Fig. 3, 4, 5, 9.
800 in Fig. 6, 10, 11, 12.

Fig. 1—6. *Asteracanthion glacialis*. Auge.

- Fig. 1. Ein ganzes Auge (Bulbus) in seiner natürlichen Lage auf dem Polster, von oben gesehen, umgeben von Stacheln und Ambulacrea.
- Fig. 2. Dasselbe im Profil.
- Fig. 3. Ein kegelförmiges Einzelauge im Profil. *c* Cuticula. *e* Epithel. *l* Linse. *p* Pigment.
- Fig. 4. Dasselbe von oben (von der Grundfläche) gesehen. Buchstaben wie in Fig. 3.
- Fig. 5. Drei kegelförmige Einzelaugen, von oben (von der Fläche) gesehen. Das rothe diffuse Pigment ist durch Zusatz von Salzsäure hell grünlich gelb geworden und die kugeligen Linsen, *l*, scheinen sehr deutlich hindurch.
- Fig. 6. Fünf einzelne rothe Pigmentzellen mit hellem Kern und dunkeln Körnchen.

Fig. 7—12. *Astropecten aurantiacus*. 7—9 Auge. 10—12 Nerven.

- Fig. 7. Ein ganzes Auge (Bulbus) in seiner natürlichen Lage auf dem Polster, von Stacheln und Ambulacrea umgeben, von oben gesehen.
- Fig. 8. Dasselbe im Profil. Der orangegelbe Sehnerv ist in der Basis des keilförmigen Stiels sichtbar.
- Fig. 9. Ein kegelförmiges Einzelauge im Profil, durch leisen Druck etwas abgeplattet, so dass die kugelige Linse vorn ein wenig aus der Grundfläche des Pigmentbeckers vorgetreten ist. *c*, *e*, *l*, *p* wie in Fig. 3 und 4.
- Fig. 10. Ganglien kugeln mit Kern, aus dem Radialnerv.
- Fig. 11. Nervenprimitivröhren, ebendaher mit zwischengestreuten gelben Pigmentzellen *p*.
- Fig. 12. Dieselben, durch Einwirkung von Wasser varicos geworden.



520h

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1859-1860

Band/Volume: [10](#)

Autor(en)/Author(s): Haeckel Ernst Heinr. Phil. Aug.

Artikel/Article: [Ueber die Augen und Nerven der Seesterne. 183-190](#)