

Die neuesten Beobachtungen über natürliche Eisenresorption in thierischen Zellkernen und einige charakteristische Fälle der Eisenverwerthung im Körper von Gephyreen.

Von

Dr. Robert Schneider

in Berlin.

Mit Tafel 8.

Bei meinem diesjährigen Aufenthalte an der Zoologischen Station zu Neapel kam es mir darauf an, mit Hilfe einer längeren Reihe von Controlluntersuchungen besonders zwei Punkte möglichst klarzulegen, welche sich bei meinen bisherigen Arbeiten über Verbreitung und Bedeutung des Eisens im Thierkörper als die strittigsten und bedeutsamsten herausgestellt hatten, aber bislang einer definitiven wissenschaftlichen Klärung noch ermangelten. Es galt die Fragen zu beantworten, erstlich: haben die Nuclei des lebendigen animalischen Zellgewebes eine besondere Neigung, das vom Organismus natürlich resorbirte Eisen in sich aufzuspeichern, d. h. also, müssen sie als der Hauptablageungsort des fraglichen Elementes in der Zelle angesprochen werden? — zweitens: spielt das Eisen in oxydischer, durch Ferrocyankalium nachweisbarer Form in den respiratorischen Geweben und Organen aller wasserbewohnenden Evertbraten eine ausgesprochene Hauptrolle und steht es demnach zu den Processen der Athmung und des Gasaustausches in bestimmter physiologischer Beziehung? — Aus der großen Zahl vorliegender Beobachtungen, deren Ergebnisse jene beiden wissenschaftlichen Fragen in zweifellos positivem Sinne entscheiden, möchte ich an dieser

Stelle einige besonders charakteristische und, wie ich glaube, beweiskräftige kurz erörtern.

Die regelmäßige und natürliche¹ Aufnahme von Eisenverbindungen gerade in die Zellkerne thierischer Gewebe musste mit Recht bis in die neueste Zeit immer noch als kritische Frage behandelt werden. Freilich hatte ich selbst schon eine ganze Reihe für diese Erscheinung sprechender Beobachtungen mitgetheilt². Seitdem will MACALLUM³ das vom Körper aufgenommene Eisen sogar direct im Chromatin von Zellkernen nachgewiesen haben, ein Resultat, welches besonders von GILSON⁴ in Zweifel gezogen worden ist. In der That liegen mancherlei Bedenken vor, deren mehr oder minder anzuerkennende Berechtigung eine völlig klare Erkenntnis und durchschlagende Entscheidung vielfach erschwerte. Schon die Natur der anzuwendenden chemischen Reagentien giebt zu Irrthümern Veranlassung; denn wie leicht kann, wenn nicht die äußerste Vorsicht obwaltet, aus dem gelben Blutlaugensalze unter dem Einflusse der Salzsäure Berlinerblau künstlich ausgeschieden und hinterher als angeblich natürlich resorbirtes Eisen irgendwo gefunden werden. Solche Fälle können bei einfachen chemischen Analysen mit unterlaufen; um wie viel eher, wenn, wie hier, organische Gewebe und Substrate die Zersetzbarkeit der Chemikalien vermehren. Ferner kommen die sehr mancherlei Conservirungs- und Härtungsmittel in Frage, wenn es sich um Präparate oder Schnitte handelt, welche auf die Gegenwart von Eisen geprüft werden sollen. Was kann da nicht

¹ Ich betone das Wort natürlich hier ausdrücklich, denn es handelt sich bei allen hier vorliegenden Untersuchungen nicht etwa um künstlich dem Organismus zugeführtes Eisen oder gar um noch künstlichere Färbungen abgetödteter Gewebe mittels der Eisenreaction (unter Ausscheidung von Berlinerblau), sondern ausschließlich um das von den Thieren unter normalen Lebensbedingungen freiwillig, also natürlich aufgenommene. In so fern hat, meines Erachtens, der hier zunächst vergleichend anatomisch und histologisch behandelte Gegenstand auch seine physiologische Seite, da das hier nachgewiesene Vorhandensein des Eisens einer gesetzmäßigen Function der Lebensthätigkeit, einem natürlichen Bedürfnisse entspricht.

² Über Eisenresorption in thierischen Organen und Geweben. in: Abh. Akad. Berlin 1888. — Histologische Untersuchungen über die Eisenaufnahme in den Körper des *Proteus*. in: Sitz. Ber. Akad. Berlin 1890 pag. 887—897.

³ A. B. MACALLUM, On the demonstration of the presence of iron in chromatin by microchemical methods. in: Proc. R. Soc. London Vol. 50 1892 pag. 277—286.

⁴ G. GILSON, On the affinity of nuclein for iron and other substances. in: Rep. 62. Meet. Brit. Ass. Adv. Sc. 1893 pag. 778—780.

schon Alles zersetzt, hineingerathen oder auch ausgezogen worden sein? Ebendahin gehört auch der MACALLUM'sche Nachweis mit Zuhilfenahme des Schwefelammonium, der in mir selbst gewisse Zweifel aufsteigen ließ. Vollends bei schon länger conservirten Objecten liegt die Frage nahe, ob das Eisen nicht etwa erst aus der Conservirungsflüssigkeit eingedrungen sein könne. Ja, der Berliner Botaniker MÜLLER verweist sogar auf die Gefahr, welche vom Eisengehalt in den Gläsern drohe, besonders wenn es sich um darin aufbewahrte, vorher mit starken Alkalien behandelte Dinge handelt. Und wenn dann gerade die Zellkerne irgendwie künstlich eingeschlepptes Eisen oder nachträglich erzeugtes Berlinerblau in sich aufnehmen, so entspricht dies ganz ihrer anderweitigen Natur. Dazu kommt endlich jenes alte Vorurtheil, das Eisen spiele überhaupt nur im Blute der Thiere eine hervorragende Rolle, und auch dann nur in der sogen. verkappten, durch Ferrocyankalium direct nicht nachweisbaren Form; durch andere Reagentien zersetzt und der gewöhnlichen Reaction zugänglich gemacht, werde dieses »Bluteisen« dann leicht in alle möglichen anderen Körpertheile und Organe übertragen.

Dieser vollkommen berechtigten Skepsis gegenüber hatte ich schon bei meinem hiesigen Aufenthalte vor 5 Jahren an frischen Objecten, z. B. *Squilla mantis*, gezeigt, wie sich hier oft beträchtliche Mengen natürlich resorbirten Eisens, zumal in den Kiemen, auf untrüglichen Wege nachweisen lassen. Diesmal kam es mir in erster Linie darauf an, direct an frischem Materiale die bisher ermittelten Erscheinungen der Eisenresorption zu prüfen, und zwar unter Beobachtung aller denkbaren Vorsichtsmaßregeln, um jeden Irrthum von vorn herein auszuschließen. Dass das Eisen schlechthin in bestimmten Körpertheilen vieler marinen Thiergruppen quantitativ weit mehr dominirt und eine weit bedeutsamere Rolle spielt, als man bisher anzunehmen geneigt war, bestätigte sich bei dieser Gelegenheit sehr bald. Aber auch die besondere Neigung der Zellkerne in den Geweben solcher hervorragend siderophilen Organismen, das natürlich resorbirte Eisen gerade in sich aufzuspeichern, trat als unverkennbares und immer wiederkehrendes Gesetz hervor, d. h. einfach empirisch ausgedrückt: die Inhalte solcher Nuclei zeigten nach der Behandlung mit Ferrocyankalium und ganz verdünnter Salzsäure eine deutliche, oft sehr brillante und scharf abgegrenzte Bläuung. Zu aller Sicherheit wurden die fraglichen Objecte sofort nach der möglichst schnell vorgenommenen chemischen Reaction zunächst frisch in Glycerin

beobachtet und meist schon hier die ausgesprochene Kernresorption erkannt. Präparate, welche den Proceduren des Entwässerns, Härtens, Färbens und Schneidens ausgesetzt werden mussten, wurden erst dann als beweiskräftig und vollwerthig anerkannt, wenn sie ein den frisch beobachteten analoges mikroskopisches Bild ergaben.

Als ein solches Versuchsobject, welches mit überraschender Präcision die Thatsache vom Eisengehalte der Zellkerne darlegt, erwies sich *Clavellina Rissoana* Sav. Diese Tunicate, so zu sagen auf frischer That überführt, habe ich für das geeignetste Beweisstück an dieser Stelle gehalten. An Hunderten von Exemplaren wurde in der eben angeführten einwandfreien Weise die Eisenreaction vorgenommen, und alle gewährten danach, schon makroskopisch betrachtet, das schöne Bild einer charakteristischen, von innen nach außen sich regelrecht fortsetzenden Gesamtresorption (Taf. 8 Fig. 1), deren Ausgangspunkt offenbar die Verdauungsorgane sind. Die Bläuung ist im Tractus und Magen (zuweilen auch im Hepatopankreas) am intensivsten, zieht sich von dort in die Wandungen der Kiemenhöhle, durchsetzt die Körperhaut und gehört auch einigen typischen Stellen der Tunica an, besonders in der Umgebung des Kiemendarmabschnittes selbst, aber auch häufig des Magendarmes. In den Gewebeschichten dieser sämtlichen Organgruppen nun wurden die Kerne als der Hauptablageort des vom Thiere aufgenommenen Eisens erkannt, zunächst die ziemlich großen der Tunicazellen¹. Bei stärkerer Vergrößerung wird es hier aber leicht offenbar, dass bei Weitem in den meisten Fällen das Eisen nicht den ganzen Nucleus erfüllt, sondern auf eine bestimmte Inhaltszone concentrirt ist, die wohl nur als Nucleolus oder Kerngerüst angesprochen werden kann (Fig. 2a). Diese Erscheinung dürfte ihrerseits geeignet sein, auch die Glaubwürdigkeit der MACALLUM'schen Beobachtung vom Eisen im Chromatin der Zellkerne immerhin zu stützen, so weit die bisher gewonnenen Anschauungen von der nahen Beziehung zwischen jenen Kernbestandtheilen überhaupt als maßgebend gelten können. Besonders scharf tritt dies Verhalten hervor, wenn dann noch eine nachträgliche künstliche Rothfärbung der Kerne mit Carmin (in diesem Falle mit Boraxcarmin) vorgenommen wird. Ein solches Verfahren der halb natürlichen, halb künstlichen Kerndoppelfärbung ist bei dieser Gelegenheit zum ersten Male angewendet worden (Fig. 2b). Mit der

¹ Dieselbe Erscheinung ließ sich übrigens auch in den entsprechenden Zellen von *Diazona violacea* und *Ciona intestinalis* feststellen.

hier erforderlichen noch stärkeren Vergrößerung sieht man dann auch noch zwischen den Kernen Eisenpartikelchen in feinen Körnchen von Berlinerblau durch das ganze Gewebe vertheilt, ein Hinweis darauf, dass auch ein gleichzeitiger Austausch des betreffenden Stoffes durch alle Theile des Gesamtgewebes stattfindet. Ein anderes charakteristisches Bild ergab sich bei einer derartigen Doppelfärbung der Körperhaut (Fig. 3). Die Kerne des Epithels erscheinen hier meist völlig blau, haben also offenbar, bei ihrem completeisen Gehalte, ein Eindringen des Carmins verhindert; dagegen sind die Muskelfasern gefärbt. Die feineren Strukturverhältnisse hinsichtlich der Nucleus-Resorption sind wegen der wesentlich kleineren Epithelzellen begreiflicherweise weniger gut zu studiren, indessen tritt immerhin auch hier ein charakteristisches Verhalten der Kernecentra zum Eisen hervor. Fig. 4 zeigt, wie sich die Epithelien der Kiemenhaut um die eisenhaltigen Nuclei herum in toto gefärbt haben (bei etwas intensiverer Wirkung des Färbemittels).

Andere untrügliche Fälle besonders schöner natürlicher Eisenresorption der Nuclei ergaben auch die Ektodermsschichten von *Adamisia Rondeletii* und die Oberhautzellen von *Cerebratulus roseus*, ein Beweis dafür, dass die Erscheinung allgemein verbreitet ist und die verschiedensten Thiertypen beherrscht. Mit dem strikten Nachweise aber, dass die Zellkerne in gesetzmäßiger Wiederkehr zur Aufnahme eines metallischen, genau an seiner Ablagerungsstätte zu ermittelnden Stoffes neigen, dürfte auch die Anschauung wesentlich gefestigt werden, dass dem Nucleus die Bedeutung eines Stoffspeichers zufällt, der zu den Stoffwechselvorgängen innerhalb der Gesamtzelle in statischer Beziehung steht; eine Anschauung, zu welcher ja auch auf anderem Wege gewonnene Ergebnisse, botanische wie zoologische¹, berechtigen.

Was den anderen Punkt von mehr allgemein physiologischer Bedeutung, die fast ausnahmslose Gegenwart des Eisens in den respiratorischen Geweben und Organen der wasserwohnenden Evertebraten, anbelangt, so ist derselbe, abgesehen von hierauf bezüglichen Einzelbemerkungen in meinen früheren Arbeiten über die Eisenresorption im thierischen Organismus, schon der Hauptgegenstand eines Vortrages gewesen, welchen ich auf der

¹ So auch die neueren Untersuchungen von MAX VERWORN: Die physiologische Bedeutung des Zellkerns. in: Arch. Phys. Pflüger 51. Bd. 1892 pag. 1 bis 118 Taf. 1—6.

Naturforscherversammlung zu Halle a/S. im Jahre 1891 hielt, wobei auch eine lange Reihe makroskopischer und mikroskopischer Beweisobjecte, meist ebenfalls von der Neapolitanischen Station herrührend, vorgelegt wurde¹. Die neueren, der Sicherheit halber an Vertretern aller wirbellosen Thiertypen angestellten Controllversuche hieselbst haben nun ergeben, dass die früheren Beobachtungen ihre Richtigkeit hatten. Das Eisen findet sich, mit verhältnismäßig geringen individuellen oder speciellen Ausnahmen, oft in bedeutenden Mengen, in den Kiemen der Tunicaten, Mollusken, Crustaceen, den Wasserlungen der Holothurien; oder bei solchen Thieren, die selbständiger Athmungsorgane entbehren, in Körpertheilen, welche den allgemeinen Gasaustausch vermitteln helfen, wie in der Haut oder den Tentakeln gewisser Würmer und Anthozoen, den Ambulacris vieler Echinodermen, in der Sarkode der Schwämme. Dieser Befund ließ auch auf eine typische chemisch-physiologische Bedeutung des Eisens gerade für die respiratorischen Prozesse schließen und widerlegte die althergebrachte, einseitige Anschauung, dass das Element ausschließlich zur Blutbildung erforderlich sei. Dies respiratorische Eisen erwies sich auch als nicht etwa nur mechanisch eingeschlepptes oder, wie man leicht argwöhnen könnte, als zersetztes »Bluteisen«, sondern verrieth in allen Fällen eine bestimmte histogene Beziehung zu den respiratorischen Gewebetheilen, d. h. es gehörte den Plasmen oder Nucleis der betreffenden Zellverbände an. Eine umfassendere Abhandlung über diesen speciellen Gegenstand hoffe ich demnächst der Öffentlichkeit übergeben zu können.

An dieser Stelle sollen nur einige merkwürdige Fälle erwähnt werden, wo Organe, deren respiratorische Function bisher zweifelhaft erschien, der Eisenprobe, so zu sagen dem Reagens auf Athmungsorgane nach den vorliegenden Erfahrungen, unterzogen wurden und dabei in der That mit großer Schärfe als regelmäßig eisenführend hervortraten. In besonders auffälliger Weise lieferten hierfür einige Angehörige der Gephyrengruppe Belegstücke. Die sogen. Tentakel, richtiger wohl als gelappte wimpernde Membran des Rüsselendes zu bezeichnen², von *Sipunculus nudus* Lmk. erwiesen sich bei allen zur Untersuchung gekommenen Individuen als typisch eisenhaltig (Fig. 6). Die deutlich nachgewiesene Beziehung dieses Organs zum Blutgefäß-

¹ Vgl. d. betr. Jahrg. der Verhandlungen deutsch. Naturforscher und Ärzte.

² Vgl. A. E. SHIPLEY, Notes on the genus *Sipunculus*. in: Proc. Z. Soc. London 1893 pag. 326 ff.

systeme, die auch aus den Darstellungen der SHIPLEY'schen Arbeit erhellt (Taf. 27 Fig. 13), spricht an sich schon für die respiratorische Natur des ersteren. Dazu kommt nun die hier zu verzeichnende regelmäßige Eiseneinlagerung in die Kerne des constituirenden maschigen Zellgewebes (Fig. 7). Nach den vorliegenden mikroskopischen Objecten sind nicht ausnahmslos alle Kerne getroffen, wenn auch die bei Weitem meisten. Zuweilen sind auch die Plasmen eisenhaltig, und der Kern zeigt hier oft das vom oben Angeführten abweichende Verhalten, dass gerade die centralen Theile eisenfrei sind, oder sich überhaupt die Resorption nur in der Umgebung des Kernes findet. Die ebenfalls regelmäßig vorhandenen Eisenmengen in Darm und Schlund des Thieres dürften als der Ausgangspunkt auch des in den Rüssellappen resorbirten Eisens gelten. Ein interessantes Seitenstück dazu liefert *Sternaspis thalassemoides* Otto in seinen merkwürdigen, am Analschilde entspringenden Spiralfadenanhängen. Unterwirft man diesen Wurm in toto der Eisenreaction, so macht sich sofort eine intensive, häufig tiefdunkle Bläuung dieser Anhänge sowie auch der Borstensysteme geltend (Fig. 8). Letzteres entspricht ganz der von mir auch bei fast allen Chätopoden nachgewiesenen Gesetzmäßigkeit vom Eisengehalte der Borsten, der hier wohl einem speciell mechanischen Zwecke zu dienen hat. Vergrößerte Borstengruppen von *Sternaspis* sind in Fig. 10 a—c dargestellt, aus denen man gleichzeitig ersieht, dass es sich auch hier nicht etwa um äußerliche Auflagerungen, sondern ebenfalls um endogene Resorption handelt. Jene Spiralfäden, in denen Athmungsorgane vermuthet werden, geben, stark vergrößert, das Bild, wie es Fig. 9 vorführt. Die feinen zapfenartigen Fortsätze der zarten, innerlich einen Hohlraum einschließenden Membran sind es, welche das Eisen führen und somit eine gleichmäßige Vertheilung desselben über die ganze Oberfläche hin bedingen. Lässt man die Eisenreagentien, besonders die Salzsäure, noch längere Zeit auf das Thier einwirken, so tritt — wenigstens war dies bei sämmtlichen hier untersuchten Exemplaren der Fall — allmählich eine matte Bläuung des ganzen Objectes ein, welche durch den unverkennbaren Eisengehalt auch der Hautschichten, sowie des Darmes bedingt wird, und man könnte nun auf Grund dessen den Einwand erheben, dass es sich hier überhaupt um eine hochgradig eisenliebende Species handle, bei welcher eben alle Organe zur Resorption des Elementes neigen. Indessen tritt, wie gesagt, die Reaction gerade an den fraglichen Spiralanhängen so außerordentlich viel schneller und schärfer hervor,

als an den übrigen Körpertheilen, dass jene dennoch als die bevorzugten Träger der Resorption gelten müssen. Trotzdem ist es wahrscheinlich, dass auch hier, wie wohl meist bei den Würmern, die ganze Haut beim Athmen betheiligt ist.

Zweifellos scheint mir dies nach den vorliegenden Ergebnissen der Fall zu sein bei einem Dritten im Bunde, nämlich *Phascolosoma vulgare* Kef. Hier tritt nach der Behandlung mit Ferrocyankalium und Salzsäure sehr bald eine Bläuung der gesammten Körperoberfläche ein, ohne dass dabei die ebenfalls vorhandenen, aber viel weniger augenfälligen tentakelartigen Organe als besonders stark eisenführend auffielen. Bei genauerer Untersuchung dieses Theiles erwiesen sich die Hakengruppen des Rüssels und nur vereinzelt Kerne im Gewebe der Tentakelspitzen als eisenhaltig. Am bedeutendsten aber, wie gesagt, erscheint hier jene ausgedehnte Hautresorption. Die Oberhaut zeigt nur mehr unregelmäßige Einlagerungen ohne ausgesprochene Beziehung zur Structur, welche sich indessen besonders um und auf die Hautpapillen concentriren. Der Eisengehalt der letzteren selbst, oft wieder den Kernen angehörig (Fig. 11), setzt sich, wie auch die Papillen dies thun, bis in die Unterhaut fort, und in dieser befindet sich, wie man schon mit bloßem Auge nach der Reaction erkennt, der Hauptsitz der starken Resorption. Zwischen und über den Fasern des Hautmuskelschlauches treten hier vorzugsweise die Elemente des Bindegewebes (Fig. 12) als die Träger des Eisens heraus, ein Verhalten, welches auch durch dünne Querschnitte bestätigt wird. Eine solche auffällige Totalresorption der Hautschichten habe ich bei einer ganzen Anzahl von Würmern, auch aus anderen Gruppen, feststellen können, so bei *Stylaroides* (*Pherusida*), *Aphrodite*, *Hermione*, bei gewissen Hirudineen und bei *Cerebratulus*.

Napoli, März 1895.

Erklärung der Abbildungen

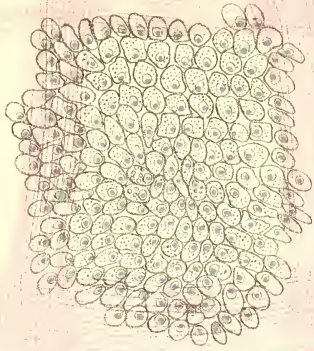
auf Tafel 8.

- Fig. 1. Zwei *Clavellina Rissoana* nach der Eisenreaction (nat. Gr.).
- Fig. 2. Eisenhaltige Zellkerne aus der Tunica von *Clavellina*.
a. bei Anwendung der einfachen Eisenreaction (ca. $\frac{180}{1}$),
b. bei Anwendung der Doppelfärbung (ca. $\frac{500}{1}$).
- Fig. 3. Aus der Körperhaut von *Clavellina* (Doppelfärbung; $\frac{500}{1}$).
- Fig. 4. Aus der Kiemenhaut von *Clavellina* (Doppelfärbung; $\frac{500}{1}$).
- Fig. 5. Zellen aus der inneren Darmhaut von *Clavellina* mit eisenhaltigen Kernen ($\frac{500}{1}$).
- Fig. 6. Aussehen des aus einander geschlagenen Rüsselendes von *Sipunculus nudus* nach der Eisenreaction (schwach vergr.).
- Fig. 7. Dünnschnitt durch dasselbe Organ mit den eisenhaltigen Zellkernen ($\frac{180}{1}$).
- Fig. 8. *Sternaspis thalassemoides* nach der Eisenreaction; *k* Kopfborsten, *a* Analschild, *sp* die analen Spiralanhänge (schwach vergr.).
- Fig. 9. Kurzes Stück eines einzelnen Spiralfadens mit den eisenhaltigen Zäpfchen ($\frac{500}{1}$).
- Fig. 10. Borstengruppen von *Sternaspis* ($\frac{180}{1}$).
a. Kopfborsten mit der inneren Eisenresorption.
b. Schildborsten, Spitzen.
c. Schildborsten, Basis, von Unterhautzellen mit eisenhaltigen Kernen umgeben.
- Fig. 11. Papille aus der Haut von *Phascolosoma vulgare*; die körnigen Massen daneben sind ebenfalls eisenhaltige Einlagerungen der Oberhaut ohne bestimmt nachweisbare Beziehung zur Structur ($\frac{180}{1}$).
- Fig. 12. Eisenhaltiges Bindegewebe aus der Unterhaut von *Phascolosoma* ($\frac{500}{1}$).
-

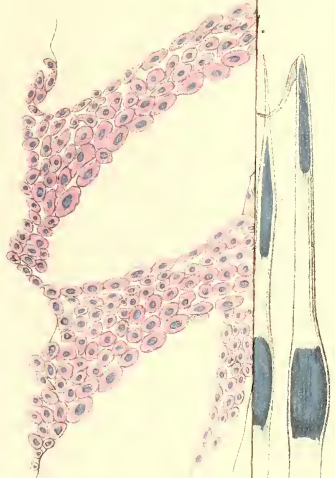
1.



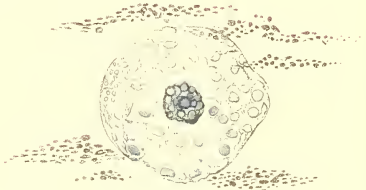
3.



4.



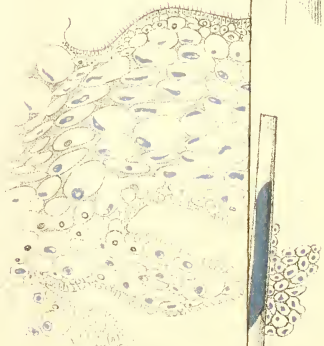
11.



12.



7.



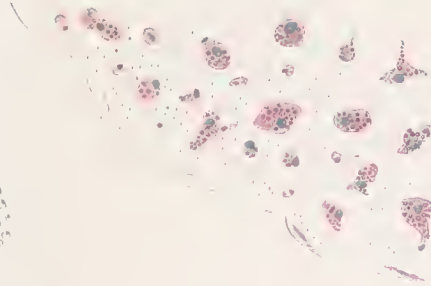
1.



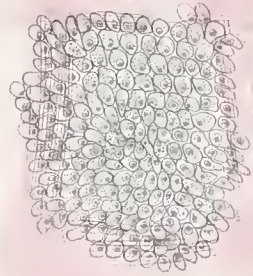
2A.



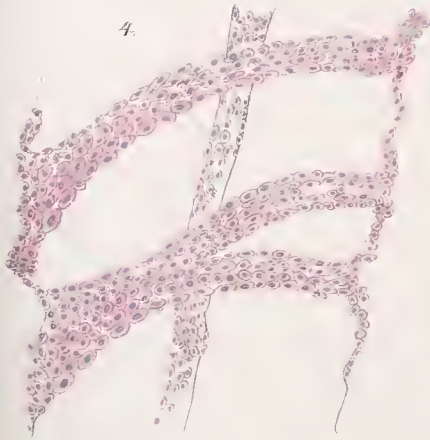
2B.



3.



4.



5.



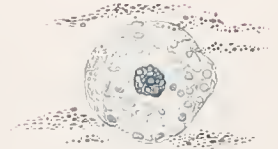
6.



10A.



11.



10B.



12.

Handwritten notes and a small diagram in the bottom right corner, including a list of numbers and some illegible text.

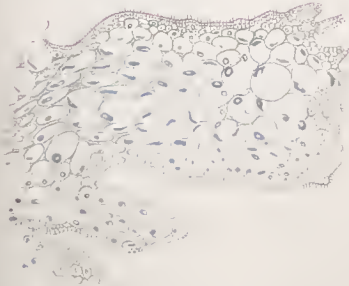
8.



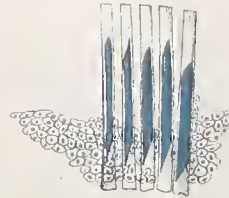
9.



7.



10C.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mittheilungen aus der Zoologischen Station zu Neapel](#)

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Schneider Robert

Artikel/Article: [Die neuesten Beobachtungen über natürliche Eisenresorption in thierischen Zellkernen und einige charakteristische Fälle der Eisenverwerthung im Körper von Gephyreen. 208-216](#)