

Verbreitung und Bedeutung des Eisens im animalischen Organismus.

(Im Besondern erforscht am Seetierleben des Golfes von Neapel.)

Von

Professor Dr. Robert Schneider, Berlin.

Ein kurzer Inhaltsbericht der Arbeit ist bereits von der Preuß. Akademie der Wissenschaften angenommen, da dort auch meine ersten grundlegenden Arbeiten über den Gegenstand seiner Zeit veröffentlicht wurden. Dazu kommt, daß ich (einen zweiten Aufenthalt an der Zoologischen Station zu Neapel der Beihilfe der Akademie verdanke, im besondern dem Einflusse und Interesse des damaligen ständigen Sekretärs, des Geheimrats Professor Dr. du Bois-Reymond. Auch das zugehörige Tafelwerk (13 Farbentafeln) befindet sich im Besitze der Akademie, da an eine Reproduktion desselben unter jetzigen Zeitumständen nicht zu denken ist. Es steht auf Wunsch wissenschaftlichen Einblicken zur Verfügung. Deshalb ist auch der Hinweis auf die Figuren in vorliegendem Texte beibehalten worden.

Meine früheren Untersuchungen über die natürliche Aufnahme, Ablagerung und Verwertung des Eisens*) im Tierkörper, deren Hauptresultate in den Abhandlungen und Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften, den Zeitschriften „Humboldt“ und „Naturwissenschaftl. Rundschau“ sowie in zahlreichen kleineren Aufsätzen bekannt gegeben wurden, hatten sich besonders auf Vertreter der Süßwasserfauna erstreckt. Sehr bald hatte es sich herausgestellt, daß derartige, d. h. wasserbewohnende Organismen sich in viel höherem Maße zu diesen Ermittlungen über die natürliche Fe-Res. im Körper eignen als die meisten Landbewohner; daß beispielsweise die große Menge der Insekten zu einer wirklichen Fe-Aufnahme auf natürlichem Wege sehr wenig neige und daher voraussichtlich dem vorliegenden Zwecke wenig dienen würde. Mein Plan war es bei alledem, den Versuch anzustellen, ob sich nicht gegenüber den bisher nur geringen, auf rein medizinischem und physiologisch-chemischem Wege gewonnenen Einblicken in das wichtige Fe-Problem an der Hand histologisch-anato-

*) Im Nachfolgenden ist wegen häufiger Wiederkehr dieser Ausdrücke für Eisen Fe, für Resorption Res., für Ferrocyankalium FeCyK gesetzt.

mischer Forschung und systematischer Durchführung durch alle Tier-typen umfassendere Gesichtspunkte und ein tieferes Verständnis der Sache würden gewinnen lassen. Vor allem lag die Frage nahe: welche Bedeutung hat überhaupt das Fe im Körper, welche Rolle fällt ihm im Kreislaufe des allgemeinen Stoffwechsels zu? — eine Frage, auf welche bis dahin weder die praktische Medizin noch die Physiologie eine voll befriedigende Antwort gab.

In der schon vorhandenen einschlägigen Literatur fand sich damals nur wenig, das diesen zoologischen Untersuchungen zu weiterem Aufbau als Grundlage dienen konnte. Ich verweise auf die diesbezüglichen Quellenangaben in meiner ersten größeren Arbeit.¹⁾ Seitdem ist eine stattliche Reihe von Schriften meist auf Grund physiochemischer Experimentaluntersuchungen veröffentlicht worden. Dieselben betreffen aber fast alle nur Zustände des Menschen- und Säugetierkörpers und unterscheiden sich ferner von den meinigen wesentlich dadurch, daß es sich bei ihnen in den meisten Fällen um künstliche Fe-Zufuhr durch Infiltration oder Injektion, also sozusagen um Fe-Vergiftung, um pathologisches Verhalten handelt und um die Feststellung des aus dieser anormalen Fe-Aufnahme sich ergebenden Befundes. Meine eigenen Untersuchungen behandeln ausschließlich das naturgemäß, freiwillig, aus physiologischer Notwendigkeit vom Organismus aufgenommene Element. Von jenen Arbeiten hebe ich die unten verzeichneten hervor.²⁾ Außerdem führte Bunge durch seine besonders an Hunde-Embryonen vorgenommenen Experimente den entwicklungs-geschichtlich interessanten Nachweis, daß in gewissen Organen des Embryonalkörpers das Fe in weit auffälligerer Menge angehäuft ist als im entwickelten. Die Arbeiten von M. Verworn in Neapel beziehen sich nur auf künstliche Färbungen mittels der Fe-Reaktion. Sonst für diese Sache Bedeutsames wird in den nachfolgenden Sonderkapiteln Beachtung finden.

1) Ueber Fe-Res. in tierischen Organen und Geweben. Abhandlg. der Preuß. Akademie der Wissenschaften. Berlin 1888. Mit 3 Tafeln.

2) Dietl, Experimentelle Studien über die Ausscheidung des Eisens. Sitzungsber. der Kgl. Akad. d. Wissensch. Bd. 71. Wien 1875. — Kunkel Zur Frage der Eisen-Resorption. Pflügers Arch. f. d. gesamte Physiol. Bd. 50. 1891. — Hamburger, Ueber die Aufnahme u. Ausscheidung des Eisens. Zeitschr. f. physiolog. Chemie von Hoppe-Seyler. Bd. 2. 1878. — Gottlieb Beiträge zur Kenntnis der Eisenausscheidung durch den Harn. Arch. f. exp. Pathologie u. Pharmac. Bd. 26. 1890. — Socin, In welcher Form wird das Eisen resorbiert? Zeitschr. f. phys. Chemie von Hoppe-Seyler. Bd. 15. Heft 2. 1891. — Jacoby, Ueber das Schicksal der in das Blut gelangten Eisensalze. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharm. Bd. 28. 1891. — Quincke, Zur Physiol. Pathol. des Blutes. Deutsches Arch. f. klin. Med. Bd. 33. — Kobert, Zur Pharmakologie des Eisens Mangans. Arch. f. exp. Path. u. Pharm. Bd. 16. 1883. — Stender, Mikroskop. Untersuchungen über die Verteilung des in großen Dosen eingespritzten Eisens im Organismus. Arb. des Pharmak. Inst. zu Dorpat von Prof. Dr. R. Kobert. VII 1891.

Begreiflicherweise richtete sich das Hauptinteresse von jeher auf das Fe im Blute. Pathologische sowohl wie physiologische Tatsachen hatten ergeben, daß es darin unentbehrlich, daß es ein integrierender Bestandteil des Haemoglobins der roten Blutkörper sei, daher die allgemein verbreitete Anschauung, daß die Blutbildung im tierischen Körper als des Eisens Haupt- und Endzweck zu gelten habe. Damit ist aber keine physiologische Erklärung, sondern nur einer schlechthin bekannten Tatsache Ausdruck gegeben. In welcher Verbindungsform es hier aufträte und durch Vermittlung der Darm-Res. und Lymphbildung hierher gelange, ob als Oxyd oder als Oxydul, blieb dabei völlig unklar, bekanntlich deshalb, weil das Fe die Merkwürdigkeit besitzt, mit gewissen organischen Körpern, hier also Eiweißstoffen, sogenannte maskierte (komplex-ionale) Verbindungen zu bilden, d. h. solche, in denen es durch die gebräuchlichen Reagenzien direkt nicht nachgewiesen werden kann, sondern erst in den Aschenrückständen, wo das ursprüngliche Verbindungsverhältnis natürlich aufgehoben ist.

Es muß nunmehr entschieden als überwundener Standpunkt bezeichnet werden, daß das Fe nur im Blute des tierischen Organismus schlechthin in größeren Mengen vorhanden und bedeutsam sei. Die neueren Untersuchungen haben ergeben, daß es bei der überwiegenden Mehrzahl der Evertebraten, aber auch in manchen Fällen bei Vertebraten, in gewissen anderen Körperteilen, Organen und konstituierenden Geweben eine mindestens ebenso große, wenn nicht größere Rolle spielt, daß seine Anwesenheit im Blute hier oft nur mehr als Mittel zum Zwecke erscheint. Als durchgreifend wichtig mag gleich im voraus hervorgehoben werden, daß unser Element sich hier meist mit Hilfe mikroskopischer Dünnschnitte, an Vertretern aller Tiertypen ausgeführt, zunächst in zugänglicher, also durch Fe Cy K u. a. Reagenzien nachweisbarer Form im Gegensatze zum Bluteisen und zwar vorherrschend in Oxydform erkennen ließ; ferner, daß seine Wege im Körper bis in die feineren histogenen Bestandteile hinein, in Teile des Zellplasmas, Nucleus und Nucleolus, verfolgbare sind. Wenn in den bei weitem meisten der behandelten Fälle die Reaktion erst auf Zusatz der lösenden, auflockernden Salzsäure eintrat, so bewies solches, daß es sich hier wesentlich um Fe-Verbindungen in ungelöster Form handelt.

Als für die natürliche Fe-Res. besonders empfängliche Organe stellten sich heraus: die äußeren Körperhautbekleidungen, mancherlei äußere und innere Drüsen, die Atmungsorgane, gewisse Skeletteile, die verschiedenen Abschnitte des Verdauungstractus, die Milz und vor allen als ein förmlicher Fe-Speicher die Leber. An den Zahnsitzen aller Fische und Amphibien ließ sich das Gesetz nachweisen, daß hier das Fe-Oxyd in erheblicher Menge konstant eine Art cutikularen Ueberzuges bildet, vielleicht ein gewisser Ersatz für die oft nur dürtiger entwickelte Schmelzschicht. Meine Beobachtung, daß die hepatischen Organe von den Wirbeltieren bis zu den Niederen hinab in hervorragendem Maße das Fe in sich aufzuhäufen die Neigung besitzen, wird durch die schönen Untersuchungen von K o b e r t und

Stender, an Säugetieren im pharmakologischen Institute zu Dorpat ausgeführt, bestätigt. Die Dorpater Versuchstiere ergaben, daß die in der Leber angehäuften, von mir „Cumuli“ genannten Fe-Ballen höchst wahrscheinlich, wie ich gleichfalls beim *Proteus*³⁾ vermutete, mit der Bildung und Umbildung von Blutkörpern, speziell Leukocyten, im Zusammenhange stehen; daß dieses Fe für die Zwecke des bei der Rückkehr zum Herzen durchströmenden Venenblutes (durch die Bahnen der *Venae intralobulares* und *hepaticae*) Verwendung finde, und wohl nicht, wie ältere Autoren, z. B. Lehmann, annehmen, eine direkte Sekretion des Fe durch die Galle statthabe, was allerdings auch mir bei früher untersuchten *Salamandra*-, *Triton*- und *Pelobates*-larven wegen der starken Fe-Ablagerung im Duodenum der Fall zu sein schien.

Auch von den Gewebe- und Zellarten stellten sich sehr verschiedene als für die Fe-Aufnahme empfänglich heraus: Epithelien. Cutikulargebilde, Drüsenzellen, Eizellen, vor allen aber die mancherlei Bindesubstanzen und ihre Derivate, die Bindegewebskörper sowohl wie die Fibrillen, das großmaschige Mesenchym, sogar Chorda- und Knorpelzellen. Muskel- und Nervengewebe dagegen, wenigstens die charakteristischen Elemente derselben, erwiesen sich als der Res. entschieden unzugänglich. Besondere Beachtung verdienen hier die Bindegewebe deshalb, weil zwischen ihnen, zumal den interstitiellen oder retikulären, einerseits und dem lymphatischen resp. Blutssysteme andererseits eine nahe histogene Beziehung besteht. Nimmt man doch, auf die Untersuchungen von Virchow, Brücke, Leydig u. a. gestützt, mit Recht an, daß die Anfänge der Lymphgefäßstämme mit den feineren Spalten des fibrillären Bindegewebes identisch sind und die Lymphkörper (resp. farblosen Blutzellen) von Bindegewebszellen ihren Ursprung nehmen. Mir selbst gelang es, in dem mächtig entwickelten cytogenen Bindegewebe jüngerer *Pelobates*-larven den gleichzeitigen und übereinstimmenden Fe-Gehalt der hier in engster Gemeinschaft befindlichen Bindegewebskörper und Lymphzellen nachzuweisen.

Ich hatte ehemals auf die Unterscheidung dreier Res.-Stadien, in welchen das Fe im lebendigen Gewebe vorkommen kann und wie sie in der Tat auch mit den Hauptphasen des allgemeinen Stoffwechsels zusammenfallen, einen gewissen Wert gelegt: die eigentliche Res. (in engerem Sinne), die Akkumulation und die Sekretion. Indessen hat sich mehr und mehr herausgestellt, daß diese drei Zustände häufig zusammenfallen, ineinander übergehen und somit nicht scharf auseinander zu halten sind, was eigentlich auch ganz naturgemäß erscheint. Ich lasse daher diese Abgrenzung hier als entbehrlich beiseite. Der im Texte ständig wiederkehrende Ausdruck *Resorption* ist also der Vereinfachung halber im kollektiven Sinne gebraucht und bedeutet schlechtweg Fe-Gegenwart in den betreffenden Organen. Die

³⁾ Neue histologische Untersuchungen über die Fe-Aufnahme in den Körper des *Proteus*. Sitzungsber. der Preuß. Akad. d. W. XXXVI 1890 Tafel Fig. 10.

Begriffe Sekretion und Akkumulation z. B. fließen offenbar ineinander, wenn es bei gewissen Tieren zur Bildung förmlicher Fe-Hüllen oder cutikulierter Fe-Membranen kommt, wie durch den Mantelrand der Najaden und anderer Mollusken, in den Eihüllen von *Astacus*, *Cyclops* und gewisser Würmer; Fälle, wozu sogar Protozoen wie *Diffugia*, *Arcella*, *Cothurnia* in ihren zarten Fe-reichen Gehäuseabsonderungen weitere Analoga liefern.

Wenn in solchen und ähnlichen Fällen, wie auch bei den erwähnten Zahnüberzügen, das Prinzip eines Schutzes, einer Bindung oder Festigung, einer erhöhten Elastizität, zuweilen vielleicht auch einer Sicherung gegen septische Einflüsse durch die Gegenwart des Fe denkbar und plausibel erscheint, so paßt diese Deutung der hier obwaltenden kausalen Zusammenhänge für viele andere Fälle typischer Fe-Ablagerung doch wieder nicht. Durch meine Untersuchungen an der Zoologischen Station zu Neapel nun, welche marine Organismen in großer Zahl aus allen Typen umfassen, hat sich in unverkennbarer Weise das durchgreifende Gesetz herausgestellt, daß besonders die Respirationsorgane oder Körperteile, welche irgendwie die Blutreinigung, den Gasaustausch vermitteln helfen, das Fe in hervorragendem und auffälligem Maße enthalten.

Nachdem mir ähnliche Erscheinungen bereits vorher an Süßwasserorganismen, z. B. Petromyzonten, Unionen, Gammariden, Daphniden, aufgefallen waren, ließen sich hier zunächst an den reichhaltigen Reihen durchgeprüfter Mollusken und Crustaceen mit geringen Ausnahmen die Kiemen als Fe-haltig erkennen, wobei hervortrat, daß die bindegewebigen Grundlagen, die Cavitäten und Lakunen innerhalb dieser Organe, ganz besonders aber die Zellen des respiratorischen Epithels zur Aufnahme des Elementes neigen. Von den höheren Crustaceen konnte man buchstäblich Stück für Stück untersuchen, ohne Fe-freie Kiemen anzutreffen. Die schönsten hierher gehörigen makroskopischen Objekte lieferte *Squilla mantis*, an die sich für mich eine gewisse klassische Erinnerung knüpft. Professor P. Mayer in Neapel hatte eine schon früher von mir gemachte Mitteilung über die starke Fe-Res. am Körper der Stomatopoden, wie sie freilich nur an schon länger konservierten Exemplaren beobachtet worden war, mit einigem Rechte in Zweifel gezogen. Es wurden daher frisch gefangene, von jedem anderen Reagens unberührte Exemplare direkt in FeCyK abgetötet, und es trat sofort bei der darauf folgenden Salzsäurebehandlung eine so prachtvolle Blaufärbung sämtlicher Kiemenbüschel, übrigens auch der Borstenbehänge an den benachbarten Pleopoden, ein, daß hier an etwa vorliegende Irrtümer nicht zu denken war. Der ganze cutikulierte Ueberzug der Kiemenfäden erschien so tiefblau, daß die inneren Teile zunächst verdeckt blieben. Dieselben Objekte bedeuten gleichzeitig eine Entkräftung des etwaigen Einwandes, daß das Fe in derartigen Krustern nur mehr zufällig mit dem resorbierten Kalk zusammen, als unvermeidliches Adhaerens des letzteren, eingeschleppt sei, denn gerade die Skeletteile waren hier so gut wie Fe-frei. Aehnliche überraschende

Bilder boten die Kiemenblätter der Dekapoden sowie die Kiemenschlauchhäute meerbewohnender Gammariden, als vielsagende Bestätigung dessen, was ich schon vorher an unsern Süßwasserformen beobachtet hatte.

In den bekanntlich sehr verschiedengestaltigen Kiemen der Mollusken trat Res. der Epithelzellen, auch Kern-Res. hervor. Inwieweit dort gewisse andere Organe die manchmal fehlende Kiemen-Res. ersetzen können, sowie über interessante Einzelfälle wie *Tethys*, *Elysia*, *Aplysia*, *Patella* u. a. Näheres im Sonderabschnitte „Mollusken“

Wenn aus dem Kreise der Würmer die Meeres-Chaetopoden zunächst in ihren Borstensystemen fast regelmäßig Fe führen, so ist dies nur eine Bestätigung der von mir schon früher beobachteten analogen Erscheinung bei Oligochaeten wie *Tubifex*, *Lumbriculus*, *Limnodrilus* u. a. Aber diese Borstengruppen stehen doch gewöhnlich in engstem Zusammenhange mit den parapodialen Anhängen der lateralen Segmentabschnitte, denen man respiratorische Bedeutung beilegt. Tatsächlich macht sich nun auch in der Regel bei diesen Würmern nach der Reaktion eine Bläuung der Parapodien oder gar der gesamten lateralen Region geltend. Bei den Aphroditiden zeigten die mächtig entwickelten, scheinbar ein wüstes Durcheinander vorstellenden Cutikularanhänge eine dementsprechende Fe-Res. besonders wieder an den lateralen Partien. Bei manchen anderen wie *Cirratulus*, *Stylaroides* gab es totale Haut-Res. Die eigentlichen Kiemenanhänge an den Parapodien z. B. von *Diopatra* ließen die Bläuung als Inhalt des zuführenden Blutgefäßzweiges erscheinen, so daß hier also der Fe-Gehalt des Blutes direkt nachweisbar ist. Das Gleiche gilt aber auch von dem ventralen Hauptgefäßstrange bei *Diopatra*, *Nephtys*, *Polynoe*, welcher als blaue Linie hervortritt, sich mithin als Fe-führend unmittelbar zu erkennen gibt. Wir befinden uns hier offenbar an der Grenze, wo die maskierte Bluteisen-Verbindungsform, wie sie bei den Vertebraten vorherrscht, in die dem FeCyK zugängliche übergeht. So verrät auch das Blutserum von *Lumbricus* auf Querschnitten unverkennbar seinen Fe-Gehalt, den übrigens Hünefeld bereits im Jahre 1838 gesehen hat. Auch an Schnitten durch die Atemhöhle von *Helix pomatia* konnte ich den Inhalt der Blutgefäße und deren Wandungen selbst als Fe-haltig nachweisen. Wenn man sieht, wie sich der Fe-Gehalt des flach gelegenen ventralen Blutgefäßes bei jenen Würmern auch dem umgebenden Bindegewebe bis zur äußeren Körperhautbekleidung mitteilt, so ist man versucht, diesen Gefäßen eine indirekte Beteiligung an der allgemeinen Oberflächenrespiration zuzuschreiben. Ueber die auffälligen Res.-Erscheinungen verschiedener Haut- und Anhangsgebilde bei Gephyreen hatte ich schon in Neapel⁴⁾ berichtet. Der Meereseigel *Pontobdella* bestätigte mit seiner Hautdrüsen-Res. das schon früher an Süßwasseregeln wie *Clepsine* und *Nephtelis* Beobachtete.

Soweit bei Echinodermen überhaupt gesonderte Respirationsorgane vorhanden sind, zeigten solche auch mehr oder minder Neigung

zur Fe-Aufnahme, so die allerdings problematischen Wasserlungen der Holothuriern. In einigen Fällen war der Innenraum der dendritischen Verzweigungen dieses Organs auch von Acineta-artigen Parasiten mit Fe-haltigem Kern und Entosark besetzt. Bei den lungenlosen und dünnerhäutigen Synaptiden traten dafür charakteristische Haut- und Darm-Res. ein. Wenn bei den regulären Echiniden die um die orale Oeffnung gestellten sogenannten Mund- oder Hautkiemen Fe führen, so erscheint dies beinahe selbstverständlich. Auffälliger ist die typische Res. in den Ambulacren zumal der Asteriden, welche Organe aber wohl ebenfalls nebenbei den Gasaustausch vermitteln helfen. Dasselbe gilt von den kegelförmigen Fortsätzen der ganzen Rückenfläche (Ambulacralkiemen), denen nach Claus z. B.⁵⁾ auch eine Sauerstoff vermittelnde Funktion zukommt. Bei Comatula sind die durchsichtigen Füßchen der Pinnulae, besonders nach den Armspitzen zu, Fe-haltig.

Bei den festsitzenden Tunicaten war die Pharyngeal- (Kiemen-) höhle selbst zwar an der Res. beteiligt, meist aber in viel stärkerem Maße Darm und Leber und als für diese Tiere hochcharakteristisch die ganze äußere bindegewebige Gallertscheide, die Tunica; dasselbe gilt für die verschmelzende Hülle der Botryllidenstöcke. Daran erinnert übrigens die gleichmäßige, ausgesprochen histogene Fe-Konzentration in den gemeinsamen Außenhüllen oder Ektocysten auch bei anderen sessilen und koloniebildenden Tiergruppen wie Bryozoen, Alcyoniden oder Hydroidpolypen. Es ist immerhin wahrscheinlich, daß diese verbindende und umhüllende Schicht beim respiratorischen Gaswechsel beteiligt ist.

Gegenüber allen diesen Nachweisen mußte es um so auffallender erscheinen, wenn fast sämtliche wasserbewohnende Vertebraten, also Fische, Amphibienlarven, Perennibranchiaten, eine wirkliche Kiemen-Res. im obigen Sinne nicht zur Schau tragen. Zwar sind die hier beteiligten Skelettbildungen, die knöchernen und knorpeligen Bögen, die Kiemenstacheln und Schlundzähne, immer Fe-haltig, nicht aber die eigentlichen respiratorischen Epithelial- und Bindegewebe. Indessen fehlt es auch hier nicht an Uebergänge bildenden Ausnahmen wie bei Cyclostomen und einigen Plagiostomen. Den auch hier bedeutungsvollen Amphioxus habe ich auf besonderen Wunsch des Herrn Professor Kowalevski, der sich damals zufällig einige Tage in Neapel aufhielt, auf meinen Gegenstand hin untersucht und gefunden, daß hier eine ziemlich konstante Fe-Res. der den Kiemenkorb auskleidenden Epithelzellen vorliegt, ganz ähnlich wie bei Ciona und Clavellina unter den Tunicaten. Jener vorherrschende Mangel bei den Fischen im allgemeinen, speziell den Teleostiern, aber dürfte auf

4) Die neuesten Beobachtungen über natürliche Fe-Res. in tierischen Zellkernen und einige charakteristische Fälle der Fe-Verwertung im Körper von Gephyreen. Mitteilgn. a. d. Zoolog. Station zu Neapel. Bd. XII, I, 1895.

5) Claus, Lehrb. d. Zoologie. 1885. S. 231.

Grund dessen zu setzen sein, daß es sich hier eben um Vertebraten handelt, in deren Haemoglobin führenden roten Blutkörpern das Fe eine andersartige, respiratorisch an sich schon bedeutsamere Rolle spielt, und so gewissermaßen ein Ersatz für das Fe in der einfacheren und zugänglicheren Verbindungsform innerhalb des Atemorgans selbst geboten wird.

Aber noch einige andere Tatsachen, gerade Organismen betreffend, denen selbständige Atmungsorgane sowie Blutbildung überhaupt fehlen, scheinen mir für eine Beziehung des Fe zur Respiration in weiterem Sinne zu sprechen, im besondern die wundersame und ausnahmslose Anhäufung des Fe in den Schwämmen. Man wird die hier vorliegende massenhafte Fe-Zufuhr durch das dauernd neu einströmende Wasser an sich ganz begreiflich finden oder gar der Ansicht zuneigen, daß es sich gerade hier nur um unvermeidliche oder zufällig miteingeschleppte Fe-haltige Bestandteile handeln dürfte. Dem ist aber nicht so, denn erstlich steht die Fe-Armut des hier in Frage kommenden Wassers in gar keinem Verhältnisse zu den Fe-Massen selbst noch junger Schwammkolonien; zweitens lagert sich das Element nicht aufs Geratewohl am und im Schwammgewebe ab, sondern wird in ganz bestimmte, auch feinere Bestandteile aufgenommen, so daß man ein Bedürfnis danach, eine gewisse nutzengewährende Verwendung des Stoffes folgern muß. Schon über *Spongilla* hatte ich früher einige diesbezügliche Mitteilungen gemacht. Die Spongillen an den Brücken der Oberspree stellten wahre Fe-Filter dar, während das beständig hindurchzirkulierende Flußwasser nach daraufhin angestellten Analysen äußerst Fe-arm ist. Noch weit unbedeutender aber ist der durchschnittliche Fe-Gehalt des Meerwassers. Es ist sehr bezeichnend, daß in den bewährten Kolbeschen Tabellen von Meerwasseranalysen unter der Rubrik Fe immer nur Striche oder Minimalwerte in zweiter oder dritter Dezimale stehen. Um so mehr weisen Tiere mit starker und typischer Fe-Res. auf eine bestimmte, durch Anpassung erworbene Fixierung unseres Elementes, auf eine physiologisch-kausale Bedeutung desselben hin.

Dazu kommt die ziemlich häufige Erscheinung Fe-haltiger Parasiten bei Tieren, deren Atmungsorgane selbst wenig oder kein Fe führen, wie *Cothurnia* und *Vorticellinen* in den Kiemen von *Astacus* und *Asellus*, vielleicht eine eigentümliche Symbiosis mit respiratorischer Nebenbedeutung (?). Ja, wirkliche Chlorophyllhaltige Algen-Symbionten scheinen unter gewissen Bedingungen, wie z. B. bei Lichtmangel, durch Fe-Einlagerungen ersetzt werden zu können, wie ich von *Stentor*, *Paramaecium* und *Hydra* gelegentlich, und zwar vorbehaltlich mitteilte, eine Erscheinung, die noch weiteren Verfolg erheischt.

Aber auch bei den höheren Tieren steht ja nach allverbreiteter und wohlbegründeter Ansicht das Fe in Blut- und Lymphkörpern und damit im interstitiellen Bindegewebe an sich schon in Beziehung zur Atmung, denn gerade das Haemoglobin, also der Fe-haltige Bestand-

teil der Blutkörper, vermittelt den Austausch der Atemgase, indem es Sauerstoff im Respirationsorgane aufnimmt und ihn in den Capillaren wieder abgibt.

Die Frage, weshalb fast nur Wasserorganismen jene scharf ausgeprägten, direkt nachweisbaren Fe-Res. aufzuweisen haben, könnte im respiratorischen Sinne dahin beantwortet werden, daß sich die Atmung im Wasser hinsichtlich der Sauerstoffzufuhr überhaupt weit ungünstiger vollzieht als die direkte Atmung in der Luft, weil immer nur ein verhältnismäßig geringes Quantum Sauerstoff in der dem Wasser beigemischten Luft disponibel ist und gerade hier ein Medium wie das Fe als chemisch fördernd und unterstützend am Platze wäre. Unter diesem Gesichtspunkte wird es vielleicht um so verständlicher, wenn bei vielen Wasserbewohnern, besonders sesshaften oder wenig beweglichen, die Atmungsorgane im engeren Sinne durchaus nicht allein die respiratorische Funktion für den Gesamtkörper voll und ausreichend versehen, sondern andere, allgemeiner ausgebreitete Körperteile, wie ganze Oberhaut-, Mantel-, Darm- oder Bindegewebsschichten, in viel umfassenderer und wirksamerer Weise daran beteiligt sind, in welchem Sinne sich auch Leydig hinsichtlich der Mollusken und Würmer äußert. Damit würde die Tatsache zusammenfallen, daß bei dergleichen Organismen die Atmungsorgane selbst oft viel weniger oder nicht mehr Fe führen als jene anderen Körperteile, daß sich gerade hier zuweilen vollkommene Fe-Ueberzüge finden; daß die sogenannten Kiementakeln von Serpuliden, Bryozoen oder Brachiopoden Fe-arm sind, während beispielsweise bei *Lingula anatina* die ausgedehnten Blutsinus des Mantels von Fe strotzen.

Auf Grund aller dieser Tatsachen dürfte das Fe als respiratorisches Moment vom chemisch-physiologischen Standpunkte aus am ehesten verständlich werden, wenn man dasselbe als einen allgemeinen Sauerstoffvermittler auffaßt, welcher dieses Lebenselement bindet und wieder abgibt je unter den oxydierenden oder reduzierenden Einflüssen im Organismus. Von chemischer Seite wird die Richtigkeit dieser Anschauung, soweit die Natur der Fe-Oxydationsstufen dabei in Betracht kommt, bestätigt; ebenso daß, bei den allerdings vorwaltend oxydierenden Prozessen im Tierkörper, durch die Eiweißstoffe, welche hier doch als Hauptträger der Fe-Verbindungen auftreten, auch immer wieder Reduktionen unter Freiwerden von Sauerstoff statthaben, so daß demnach beständig Oxyd und Oxydul nebeneinander vorhanden sein müßten. Vielleicht wird der Prozeß allgemein und vereinfacht schematisch erläutert durch die Formel:



In der Tat ist das Vorhandensein auch der Ferro-Stufe im lebendigen Tierkörper oft nachgewiesen, so regelmäßig als Fe-Chlorür im Magensaft, und ich selbst habe genug frische Objekte untersucht, wo auch mit rotem Blutlaugensalz sofort Bläuungen eintraten. Andererseits handelt es sich ja bei diesen Nachweisen, wie betont, überwiegend um Oxydmengen, und die Schwierigkeit, kleinere Oxydulquanten neben

vorhandenem Fe-Oxyd mit Sicherheit nachzuweisen, ist jedem geläufig, der mit Fe-Reagenzien umzugehen versteht. Da konservierte, etwa durch Chromsäure gehärtete Objekte, wie sie doch für feinere zoologische Untersuchungen, Dünnschnitte usw. meist unerlässlich sind, zur absoluten Feststellung dieses physiochemischen Sachverhaltes wenig nützen können, — denn in ihnen ist alles etwa vorher vorhandene Oxydul unfehlbar oxydiert, — so werden weitere methodisch verfeinerte Prüfungen daraufhin erforderlich sein, welche schließlich auch die Frage nach der Form des Fe im Organismus vollständig zu klären imstande sind.

In den nachfolgenden Sonderkapiteln habe ich nun die einzelnen und allgemeinen Ergebnisse vornehmlich meiner Arbeiten an der Zoologischen Station zu Neapel zusammengestellt. Vertreter sämtlicher Tier-typen wurden dort behandelt. Was die allein hier fehlenden Protozoen anbelangt, so verweise ich auf das in meiner früheren Arbeit darüber Gesagte.⁶⁾

Poriferen.

Auf den starken, oft erstaunlichen Fe-Gehalt der Schwämme fast ohne Ausnahme habe ich bereits hingewiesen; die Bezeichnung siderophile Organismen kommt ihnen in besonderem Maße zu. Genauer untersucht wurden:⁷⁾

Euspongia officinalis, zahlr. von verschied. Fundst.,
Hippospongia spez., *Hircinia variabilis*, zahlr.

Chondrosia reniformis, *Halichondria* spez., *Pachychalina* spez. Schimdt (?), *Suberites domuncula*, zahlr. von versch. Fundst., *Tethya lyncurium*, zahlr., *Thenea muricata*, *Spongilla fluviatilis* und *lacustris*, zahlr. von versch. Fundst. — *Sycon raphanus*, zahlr., *Leuconia aspera*, *Leucosolenia clathrus*, *L. primordialis*.

Von allen diesen ergaben nur *Chondrosia* einen verhältnismäßig geringen, die drei letztgenannten Calcispongien keinen scharf diagnosierbaren Fe-Gehalt, womit keineswegs gesagt sein soll, daß sich alle Angehörigen dieser Schwammgruppe ebenso negativ verhalten. Demgegenüber sind besonders *Suberites*, *Tethya*, auch viele Spongien und Spongillen wahre Fe-Akkumulatoren; bei Anwendung der FeCyK-Reaktion wurden sie sofort tief- bis schwarzblau. Bei mehreren Exemplaren von *Tethya* war die innere Markfaserschicht übermäßig Fe-reich, die Rindenschicht schwächer (Fig. 1); *Thenea* strotzte von Fe-haltigen Fremdkörpern außer ihrem Eigengehalte, auch zeigen hier die großen Spicula zuweilen inneren Fe-Gehalt (Fig. 3).

⁶⁾ Ueber Fe-Res. usw. Abhandlgn. der Akad. d. W. 1888. A. O. S. 8 ff.

⁷⁾ Alle hier erwähnten Untersuchungen wurden an frischem bzw. lebendem Materiale vorgenommen, soweit nichts Besonderes dabei bemerkt. Dann erst wurden zur genaueren mikroskopischen Kontrolle einzelne Stücke den notwendigen Prozessen der Härtung, Konservierung unterworfen.

Daß gerade den Schwämmen bei ihrer Sessilität an Boden und Küsten und der beständigen Wasserzirkulation durch ihre Gewebe auch feinere und gröbere Fe-reiche Massen aus Detritus, Senkstoffen und dergl. mechanisch andauernd mitzugeführt werden, ist durchaus verständlich, so z. B. bei *Euspongia*, *Spongilla*. Diese Dinge sind aber keineswegs die Hauptursache des allgemeinen Fe-Reichtums im Gesamtkörper. So kompakte, fest abgeschlossene Formen wie *Suberites* oder *Tethya* (Fig. 2, 1), die gerade von homogen verteilten Fe-Mengen strotzen, enthalten, zumal im Innern, fast nichts von jenen mechanischen Eindringlingen, wie ihrer ganzen Struktur nach nicht anders zu erwarten. Vielmehr verteilt sich das wirklich resorbierte Fe zunächst in feinsten Weise im organischen Grundgewebe (dem kontinuierlichen Plasma), oft in netzartigen, netzartigen Fäden und Strängen (Fig. 4b, 5, 6). Gleichzeitig häuft es sich aber auch um die Skeletteile, die Spicula bzw. Spongiolinfasern, an, besonders da, wo Spicula-Gruppen zusammengelagert erscheinen, ineinandergreifen oder sich kreuzen, hier oft so dicht, daß die Fe-haltige Plasma- bzw. Spongiolinmasse wie eine zusammenhängende Membran erscheint (Fig. 4a, 6). Auf stärker vergrößerten Dünnschnitten löst sich diese in Berlinerblaukörnchen winzigsten Kalibers als Resultat der Reaktion auf, wie auch die dünnere Ablagerung im Plasmagewebe (Fig. 4b, c), hier meist in äußerst zarter und gleichmäßiger Verteilung. Dieselbe Beziehung ergab sich auch zu den Sternkieselkörpern bei *Tethya* (Fig. 7a); bei dieser wie auch den zugehörigen Spicula-Bündeln war die Fe-Umhüllung oft so dicht, daß eine nachträglich angewandte Anilinfärbung nicht einzudringen vermochte (Fig. 7b).

Die Inhalte selbständiger, geformter Schwammzellen habe ich bisher nur hier und da als Fe-führend nachweisen können. Im besondern dürfte das Verhalten der Geißelkammern, Geißel- und Kragenzellen sowie der Eizellen und Larven zum Fe noch näher zu studieren sein.

Bei gewissen Kalkschwämmen (*Sycon*, *Sycandra*) fand sich eine Anhäufung um das Osculum, im Innern wieder mit typischer Beziehung zu den Skelett-Elementen, die natürlich hier durch die Einwirkung der Salzsäure ausgelöst waren (Fig. 8); das Fe verrät hier noch die Spuren der verschwundenen Kalkkörper. In wie innigem Zusammenhalte auch mit dem Hornfasergerüste der Ceraospongien sich das Fe befindet, beweisen alte, selbst langjährig benutzte Badeschwämme, die nach meinen Erfahrungen immer eine schwache Fe-Reaktion ergeben. Dieselbe verrät sich bei genauerem Hinsehen als ein äußerst feinkörniger und festhaftender Blaubeleg (Fig. 9). Besondere Erwähnung verdient *Hircinia*. Hier erwiesen sich als fast alleinige Siderophoren des im Ganzen stark auf Fe reagierenden Schwammes die goldgelben Körnchen, welche den feineren Fasern, den sogenannten Filamenten, dicht aufsitzen. Nur selten fand ich hier jene sowie die viel feineren Granula von Berlinerblau im Protoplasma oder auf den Gerüstfasern verstreut (Fig. 10). *Haeckel* spricht diese Filamente als Sym-

bionten an. Mir scheint die Fe-Frage auch für die so verbreitete Schwamm-Symbiosis nicht ohne Belang zu sein, jedoch kann ich augenblicklich nichts Abschließendes darüber mitteilen.⁸⁾ Bei einem Symbionten führenden Halichondrier (*Pachychalina?*) ergaben sich diese als ziemlich Fe-frei (Fig. 5).

Das Fe steht also nach obigen Befunden in gleich stereotyper Beziehung zum Grundgewebe sowohl wie zu den Skeletteilen, zwischen beiden gleichsam vermittelnd lokal und damit auch histogenetisch, eine Art von Kitt- oder Bindesubstanz. Diese homogene Verbreitung des Fe durch das ganze Schwammgewebe in so äußerst fein molekularer Verteilung aber — natürlich, wie immer bei diesen Res.-Nachweisen, zunächst an die beteiligten Eiweißstoffe gebunden — spricht meines Erachtens für einen bestimmten chemisch-physiologischen Zweck. Es liegt nahe, gerade hier bei den Schwämmen an respiratorische Funktion zu denken.⁹⁾ Oder sollte bei den niedrigsten der Metazoen das Fe in einfachster und einheitlichster Form sogar physiologische und mechanische Funktion gleichzeitig versehen?

In der so außerordentlich gründlichen und umfassenden Besprechung der Schwämme seitens Vosmaer besonders betreffs Pigmentbildung und Chemismus habe ich die Nichterwähnung des Fe förmlich als Lücke empfunden. Und doch spielt es zweifellos gerade hier eine Rolle. Manche der hierbei erörterten und noch umstrittenen Pigmentfragen werden vermutlich dadurch beeinflusst. Uebrigens ist auch dort von einer eventl. respiratorischen Bedeutung dieser Pigmente die Rede.¹⁰⁾

Coelenteraten.

Untersuchungen einer Anzahl von Actinien, Octactinien und Hydroidpolypen liegen hier vor; über Acalephen bzw. Medusen einiges bei den pelagischen Tieren.

Bei den Actinien besteht die Neigung zur Fe-Res. in den Geweben des Ektoderms, des Epithels und der darunter gelegenen Bindegewebsschicht, zuweilen bis in die muskulösen Elemente hinein. Auch Kern-Res. trat hier gelegentlich zutage (Fig. 11). Bei *Adamsia Rondeletii* sondert sich, zumal am Fußende, über dem Epithel eine förmliche Fe-reiche Membran ab, die beinahe wie eine Art Kittsubstanz zwischen den Paguriden- bzw. Schneckengehäusen und der auf jenen

⁸⁾ In K. Brandts Tabellen finde ich bei *Hircinia* als stationären Parasiten *Zooxanthella* angeführt, bin mir aber noch nicht klar darüber, ob diese Fe-führenden Gebilde damit etwas zu tun haben. Vgl. Vosmaer, Bronns Klassen u. Ordngn. II. S. 458.

⁹⁾ Uebrigens wird die besonders von Haeckel und O. Schmidt als stark und bedeutsam betonte Respirationstätigkeit der Spongien von Vosmaer als etwas übertrieben bezeichnet (Bronns Kl. u. Ord. a. a. O. II. S. 435). Indessen sprechen doch mancherlei andere Beobachtungen und Tatsachen dafür.

¹⁰⁾ Bronn's Kl. u. Ord. a. a. O. II. S. 436 u. 458.

parasitierenden Actinie erscheint. Auch *Cereactis aurantiaca* und *Heliactis bellis* zeigten diese Epithel-Res., wenn auch schwächer. Jene Sekretabsonderung entspricht übrigens dem auch von *Hydra fusca* mitgeteilten Befunde¹¹⁾ (Fig. 12). Die augenfällige Ektodermal-Res. im allgemeinen würde einer Haut- oder Gesamtoberflächen-Atmung dieser Polypen nach meinem Dafürhalten nicht ungünstig sein. Die Mageninhalte der Actinien sprechen fast immer für Fe-Aufnahme auch von innen her; das histochemische Verhalten des Entoderms muß hier noch weiterhin auf Querschnitten studiert werden. Bei *Cereactis* und *Cerianthus membranaceus* war auch das Ektoderm der Tentakeln Fe-haltig.

Ebendasselbe ließ sich bei den Alcyonarien *Alcyonium palmatum* und *Pennatula phosphorea* sowie auch meist bei Hydroidpolypen konstatieren. *Gorgonia verrucosa* und *Pteroides spinulosus* ergaben keine zuverlässigen Res. Bei allen diesen Stockbildnern enthält die cutikulierende Gesamthülle, welche die Einzeltiere vereinigt, sehr allgemein Fe in feiner homogener Verteilung, so daß die Stöckchen nach der Reaktion blaßblau erscheinen, entsprechend jener Ektoderm-Res., besonders gleichmäßig in der zarten Ektocyste (Periderm) der Hydroidpolypen (Fig. 13 a). Bei diesen trat aber auch, mit den Fe-reichen Nahrbestandteilen in der Magenöhle zusammenfallend, Res. der Entodermzellen zutage (Fig. 13 b); auch die Gonophoren und die Geschlechtsknospen waren häufig Fe-haltig. Die Nematocysten fand ich in allen Fällen Fe-frei.

Von Hydroiden wurden näher untersucht:

Tubularia larynx (hier auch der innere Tentakelkreis und die Proboscis Fe-haltig gefunden), *Eudendrium ramosum*, *Plumularia halecioides*, *Obelia geniculata*, *Sertularella spez.*, *Podocoryne carnea*, *Cordylophora lacustris*, von allen zahlreiche Kolonien.¹²⁾

Echinodermen

Einige Bemerkenswerte darüber ist in dem allgemeinen Abschnitt vorausgeschickt, besonders Organe betreffend, die bei der Respiration beteiligt sein können.

Was man hier „Kiemen“ nennt, wird allein kaum dem Gesamt-Atembedürfnis dieser weitflächigen und meist in starre Gerüste eingezwängten Körper genügen können. Es wird vielmehr eine allgemeine Oberflächenrespiration stattfinden. Innerlich wird das Wassersystem nebst von ihm umspülten Organen, sogar dem Darne¹³⁾, mittätig sein;

11) Sitzungsber. der Gesellschaft naturforschender Freunde Berlin. 1922. Nr. 1—2.

12) Es wäre dankenswert, wenn weiterhin größere, auch riffbildende Korallenstöcke, Madreporiden usw., da wo lebendes Material zur Verfügung steht, nachgeprüft würden. Ich erinnere daran, daß das Axengerüst von *Corallium rubrum*, wie schon längst bekannt, Fe-haltig ist.

13) Vgl. Claus, Zoologie 1895. S. 231.

äußerlich werden die verschiedentlichen feineren Integumentalgebilde, zum Teil mit jenem im Zusammenhange, den Hauptanteil daran haben. Dem nun entsprechen auch im allgemeinen meine Beobachtungen. Außer Darm- und anderen Eingeweide-Res. erwiesen sich vor allem die *Ambulacra* mit Vorliebe als Fe-haltig, besonders an ihren Köpfen (Saug-scheiben); freilich bei den Asteriden allgemeiner als bei den Echiniden, wo aber die verwandten subtilen Rückenanhänge (*Ambulacralkiem*en), auch die eigentlichen Mundkiemen dafür eintreten, wie bei den Asteriden außerdem die rückenständigen Paxillen, die schon an der Skelettbildung teilnehmen.¹⁴⁾ Bei Ophiuriden sind die Zapfen der Arm-Endigungen, bei Comatuliden die Pinnulae der Res. zugänglich. Die Fig. 14—18 werden diese Verhältnisse einigermaßen erläutern. Daß außerdem gewisse Stacheln und andere Skelettgebilde sich ganz oder teilweise an der Res. beteiligen können, zeigen Fig. 15, 17. Bis zu welcher Feinheit der Einlagerung die Res. hier gelangen kann, ergaben bei einem *Ophioderma* die schuppenartigen Fortsätze der Lateralplatten, unter denen die *Ambulacra* hervortreten, welche letztere in diesem Falle aber frei davon erschienen (Fig. 19). Diese Schüppchen erinnern nach erfolgter Salzsäurebehandlung, was die granulöse regelmäßige Fe-Verteilung anbelangt, merkwürdig an die Kiemenblätter niederer Crustaceen. Die *Pedicellarien* der Echiniden erwiesen sich stets als Fe-frei.

Genauer untersuchte Spezies:

Echinus microtuberculatus 5 (ohne Res.)¹⁵⁾, *Sphaerechinus granularis*, *Echinus acutus*, *Dorocidaris papillata* 4, *Echinocardium cordatum* 4 (*Ambulacra* geringe oder keine Res., Rückenfüßchen meist deutlich, Darm-Res. meist sehr stark).

Palmipes membranaceus, *Oreaster* spez., *Asterias glacialis*, *A. tenuispina*, zahlr., *Asterina gibbosa*, zahlr., *Astropecten aurantiacus*, *A. squamatus* (beide ohne Res.), *A. bispinosus* 3, *Asteracanthion rubens*, *Echinaster expositus* 3.

Ophiothrix fragilis, zahlr., *Oph. echinata* 2, *Ophioglyphalacertosa*, zahlr. (ohne Res.), *Ophioderma* spez., *Ophiura longicauda* 3, *Amphiura squamata*, zahlr.

Antedon rosaceus (*Comatula*), zahlr.

Die *Holothuriden* bilden auch auf dem hier behandelten Gebiete ein Kapitel für sich, das mir zuweilen zu besonderem Nachdenken oder gar Bedenken Veranlassung gab: bei vielen Individuen

¹⁴⁾ Die Reagenzien, besonders die Salzsäure, müssen bei diesen Untersuchungen oft länger wirken, da die Kalkhüllen nur ein allmähliches Eindringen gestatten.

¹⁵⁾ Die Ziffern geben die Anzahl der untersuchten Stücke. Der Zusatz „ohne Res.“ bezieht sich nur auf die respiratorischen Organe, schließt aber Eingeweide-Res. nicht aus.

auffällig starke, bis in die feineren Gewebeteile zu verfolgende Res., bei andern gänzlich Versagen, wie bei den meisten Cucumarien (*C. Plancii* und *C. Koellikerii*) und manchen Holothurien, während die Gattung *Stichopus* vorwiegend überraschend positive Resultate lieferte. Zunächst muß betont werden, daß diese Tiere vermöge ihrer eigentümlichen Nährmethode immer größere Mengen Fe-reicher Stoffe in sich aufnehmen, wie auch die Darmanalysen ergaben, also damit Gelegenheit und auch Neigung zur Res. ständig vorliegt. Darm-Res., solche in den Gefäßnetzen, den Mundtentakeln, sogar der äußeren und inneren Haut (in der Umgebung der *Ambulacra*) sind häufige Erscheinungen, wobei Bindegewebe und Epithelien sich als Hauptträger erwiesen. Das für uns vornehmlich kritische Organ aber ist die viel umstrittene sogenannte Wasserlunge. Das Fe, schien in ihr manchmal gänzlich zu fehlen oder war so fein und ungleich verteilt, daß es schwer festzustellen war, oft aber geradezu im Ueberschusse vorhanden. Das Bild aus dem Innern einer solchen Wasserlunge geben die Fig. 20 a, b wieder: feinkörnig verteilte Mengen, dazwischen größere Cumuli, meist wie in regelmäßig verlaufende Reihen geordnet. Bei stärkerer Vergrößerung erkennt man das Flimmerepithel als Fe-führend, außerdem noch feinere, mehr unregelmäßig im Bindegewebe verstreute Partikel (Fig. 20 c)¹⁶⁾.

Die Sonderanalyse eines *Stichopus regalis* ergab beispielsweise folgendes: Darminhalt: stark Fe-schüssige Mineralkorrosa, untermischt mit massenhaften Resten von Diatomeen, Rhizopoden u. dergl.; dazwischen überall die Körnchen des Berlinerblau. Res. in den Darmdrüsenzellen; im Gefäßnetze (zwischen Darm und *Vena intestinalis* bzw. *Arter. pulmonalis*) Epithel und größere Einzelzellen (lymphdrüsenartige?), zersetztes Blutsubstrat¹⁷⁾ (Fig. 21, 22); in den Wasserlungen Flimmerepithel, Bindegewebe; in der Polischen Blase und damit ins Wassersystem übergreifend; in der inneren Haut Res. im Flimmerepithel, sich ins Bindegewebe des Mesenteriums fortsetzend; in der äußeren Haut Res. an den (hier eingezogenen) *Ambulacren*. Also eigentlich eine Total-Körper-Res. — Bei einer *Cucumaria* waren die drei ventralen *Ambulacralfurchen* in der Umgebung der Füßchen und zuweilen auch diese selbst Fe-haltig.¹⁸⁾

¹⁶⁾ Ich will aber mit Nachdruck betonen, daß die hier so auffallend häufig und prägnant in meinen Präparaten hervortretenden Zellkern-Res. von konserviertem Materiale stammen; ich gebe sie daher nur mit Vorbehalt wieder. Der allgemeine Fe-Gehalt in den betr. Geweben als solcher wird indessen dadurch nicht in Frage gestellt.

¹⁷⁾ Die Farbe des Serumß ist bekanntlich hier rötlich, der Inhalt der *Arter. u. Ven. intestinalis* bläute sich mehrfach bei der Reaktion, das Blut-eisen ließ sich also direkt nachweisen. Ich erinnere an analoge Reaktionen bei gewissen rotblütigen Würmern und Gastropoden.

¹⁸⁾ Es dürften, wenn möglichst große Exemplare von Trepang oder *Stichopus*, wie sie einst Semper zur Verfügung standen, auf Fe untersucht würden, großartige Res. der betr. Organe zum Vorschein kommen.

Bei *Synapta* (*S. digitata* und *S. inhaerens*) fielen außer Res. in Fühlertentakeln, Schlund, Magen, Darm (Fig. 23) typische Einlagerungen der äußeren Körperhaut auf, was bezeichnend ist, da Sonder-Atemwerkzeuge hier fehlen. Fig. 24 zeigt in Parallelreihen verlaufende Residua der Cutis, welche nichts anderes sind als die hinterbliebenen Fe-Spuren der ausgelösten Kalkkörper; ferner Res. im Epithel der Unterhaut (bei entspr. Focus-Einstellung). Inwieweit die starke und eigentümliche Darm-Res. auch die Vermutung einer bei Synaptiden mitwirkenden Darmrespiration bestätigt, ist die Frage.

Würmer.

Aus dem bunten Gewirr derer, die man Würmer nennt, sind hier besonders die oberste Stufe derselben, die Anneliden (Chaetopoden und Hirudineen), ferner Gephyreen, einige Nemertinen und Turbellarien, schließlich auch Bryozoen und Brachiopoden berücksichtigt worden. Meine früheren Beobachtungen an Süßwasserbewohnern, besonders in den Abhandlungen der Akademie bekannt gegeben¹⁹⁾, werden durch die marinen Formen im wesentlichen bestätigt, hier in noch viel umfassenderer und überzeugenderer Weise. Im einleitenden Kapitel ist schon einiges Hauptsächliche erörtert.

Der Atmung dienende Sonderorgane, auf die es hier ankommt, in Gestalt eigentlicher Kiemen finden sich nur bei einzelnen Gruppen. Aber auch wenn solche vorhanden, wird es sich hier um eine allgemeine Oberflächen- oder Hautatmung handeln, und es werden auch die so vielfach entwickelten Integumentalanhänge verschiedenster Art, Tentakeln, Cirren, Parapodien, Papillen, dabei beteiligt sein. Dem entspricht es nun auch vollkommen, wenn sich typische Fe-Res. mit Vorliebe in und an diesen äußeren Körperteilen finden, von der totalen Haut-Res. bis zur mehr fein verteilten in Kiemen, Parapodien, Hautdrüsen usw., allerdings meist auch mehr oder minder deutlich vermittelt durch die Blutwege, Bindegewebe, Nephriden nach den inneren Organen zu. Einen solchen Vermittlungszusammenhang der Res. von innen nach außen, wie er bei Polychaeten vorliegen kann, stellt Fig. 25 schematisch dar.²⁰⁾

Daß Darm-Res. häufig genug vorkommen, ist selbstverständlich, wie in Fig. 26 von *Cerebratulus* (Nemertinen). Bei den Chaetopoden sind die so vielgestaltigen Borstensysteme charakteristisch Fe-haltig, bald mehr, bald weniger, gewöhnlich nach der Borstenspitze zu, zuweilen in der Mitte, wie bei *Nephtys* beobachtet (Fig. 27), meist deutlich mit innerlicher Res., auch bei manchen gliedweise verteilt, wie bei *Stylaroides* (Fig. 28) oder *Lingula* (Fig. 29b); dabei fiel es auf, daß die stärksten Aciculae einer Borstengruppe oft Fe-frei waren (Fig. 30 von *Hermione*). Darstellungen von Borsten-Res. geben

¹⁹⁾ Abhandlgn. d. Akad. d. W. a. O. S. 12.

²⁰⁾ Entsprechend dem früher an Oligochaeten Festgestellten. Abhdlgn. der Akad. d. W. a. O. Tafel I Fig. 6.

außerdem die Fig. 31—35. Es ist bezeichnend, daß diese Gebilde sich vorherrschend aus den lateralen Gewebekomplexen entwickeln, die als Parapodien auch jene Kiemen, Cirren, Segel usw. tragen (vergl. besonders die Fig. 35 und 30 von *Arenicola* und *Hermione*); ein genetischer und lokaler Zusammenhang²¹⁾, wenngleich selbstverständlich die Borsten als solche mechanischen Zwecken dienen.

Bei den *Aphroditiden* erscheinen die Verhältnisse verwickelt durch das ganze merkwürdige Gewirr des hier beteiligten vielseitigen Borsten- und Haarfilzes. An manchen Borsten bildet das Fe einen mehr drüsigen Ueberzug und ebenso um die Papillen, läßt sich aber auch in die darunter gelegenen Haut- und Bindegewebsschichten verfolgen²²⁾; die feineren Haarborsten, der eigentliche „Filz“, erwiesen sich als homogen Fe-haltig, ebenso, wenn auch schwächer, Cirren und Kiemenzapfen. Fig. 30, die etwas grotesk erscheinen mag, versucht dies halb-schematisch von *Hermione hystrix* darzustellen. O. Schmidt²³⁾ sagt darüber: „Unter diese zusammenhängende Decke (den Filz) strömt jedoch durch bestimmte Oeffnungen Wasser zu den kleinen über den oberen Fühlfäden der Segmente stehenden Kiemen“ Die *Elytren* stehen regelmäßig durch kräftige, aber feinkörnige Fe-Einlagerung mit der Rückenhaut und unter sich in Verbindung, tragen auch solche zwischen der eigenen Cutikularskulptur und auf den Randzapfen (Fig. 36 von *Polynoe*). Der gelegentlich geäußerten Vermutung einer respiratorischen Mitarbeit seitens dieser Gebilde steht solcher Befund jedenfalls nicht entgegen.

Totale Haut-Res. in überraschender Mächtigkeit fand ich sodann bei *Cirratulus*²⁴⁾, dessen meist ockergelbe Cirren schon vorher auf starken Fe-Gehalt hindeuten; das ganze Tier bis in die innersten Teile, Bindegewebe, Blutgefäße, Darm, hinein ist ein wahres Fe-Monstrum²⁵⁾ (Fig. 37). *Stylaroides* trägt das Fe in den Papillen (Fig. 28 b), in die Bindegewebe darunter verfolgbar; die Cutikula des Kopfes stellt eine förmliche Fe-Haube dar, während die Kiemen in diesem Falle frei waren. In anderen Fällen verrieten aber auch diese selbst hohen Fe-Gehalt. Die braunen Kiemen von *Halla* wurden schon durch die bloße Fe-CyK-Wirkung blaugrün (Fig. 32 b), ebenso die Kopfcirren bei *Terebella*. Von acht mir aus der Helgoländer Düne lebend zugesandten *Arenicola piscatorum* (dem gem. Seepier) ergaben alle sofort die Borsten-Res., nur ein Exemplar aber ohne weiteres die Kiemen-Res., erst bei verstärkter Einwirkung der Reagenzien mehr oder minder auch die übrigen. Fig. 35a

21) Vgl. den Hinweis auf dieses Verhältnis auch bei Gegenbaur, Grundriß der vergl. Anatomie 1878. S. 136 u. 254.

22) Bei der Reaktion traten die Seitenzapfen zuerst blau hervor.

23) In Brehm's Tierleben X. S. 70.

24) Vgl. auch Gegenbaur a. a. O. S. 137.

25) Ausnahmsweise zeigten zwei Exemplare mit weißen Cirren nur schwächere Res.

zeigt das dabei zutage tretende verschiedene Verhalten der Kiemencirren, bald nur Cutikular-Res., bald solche des zersetzten Blutinhaltes oder auch beides zugleich.

Das schleimige Hautsekret dieser Sandwürmer erwies sich ebenfalls als Fe-haltig und bildete hier und da tiefblaue Membranfetzen, eine Reaktion, an der die Epithelzellen teilnahmen (Fig. 35 b), die aber auch erst bei nachhaltigerer Behandlung hervortrat. Diese Hautabsonderung vermittelt bekanntlich die Bildung der zarten Sandröhren, die bei der Zufuhr des Atemwassers beteiligt sind.²⁶⁾ Es bildet dies eine Art Uebergang zu den Tubicolen, deren Chitinröhrensubstanz ich als stets Fe-haltig erkannt habe, zumal an ihrer Innenwandung, so bei *Spirographis* und der freilebenden *Ammocharis*.

Bei manchen Chaetopoden führte auch die Bauchfurche nebst seitlichen Wulsten das Fe und zwar im Epithel (*Diopatra*) oder im drüsigen Bindegewebe (*Nephtys*, *Branchionema*, *Spirographis*) (Fig. 38). Daß auch die Nephridien sich an der Fe-Aufnahme in diesen Wurmkörpern beteiligen können, zeigt Fig. 40 von *Branchionema*.²⁷⁾ Leydig mißt diesen Organen neben ihrer anderweitigen auch noch respiratorische Bedeutung bei.²⁸⁾

Interessant ist es nun, daß sich bei manchen Annulaten die Blutgefäße bzw. ihr Inhalt als Fe-führend direkt nachweisen ließen, im Ventralstamme bei *Aphrodite*, *Eunice*²⁹⁾, *Halla*, in den Seitengefäßen und Schlingen des Kopfsegmentes bei *Clepsine* (*Hirudineen*)³⁰⁾ (Fig. 41)³¹⁾. Ich komme auf diesen wichtigen Punkt, das mikroskopisch nachweisbare Bluteisen, auch bei Mollusken und Crustaceen, betreffend, noch einmal im allgemeinen Abschnitt „Physiologisches“ zurück.

Bei den Egelwürmern fallen die stark entwickelten Drüsen-systeme als zur Fe-Res. neigend auf, und zwar übereinstimmend bei Meereseegeln (*Pontobdella*) sowohl wie unsern gewöhnlichen Süßwasserformen (*Clepsine*, *Nephelis*)³²⁾ Im Gegensatze hierzu zeigten freilich einige Exemplare von *Hirudo* und *Aulacostomum* zwar eine mächtige Zell-Res. der Darntaschen, was bei der Blutnahrung durchaus erklärlich, aber nur wenig von Drüsen- und Haut-Res., — wohl als Ausnahmefälle anzusehen. Von jenen einzelligen Drüsen stehen die kleineren, flacher gelegenen in engster Beziehung zur Hauttätigkeit³³⁾, an ihrer Fe-Res. nehmen auch das epidermale Epithel und, was mir sehr wichtig erscheint, die Pigmentzellen hervorragenden

26) Vgl. Martin, Zoologie II. S. 398 sowie O. Schmidt Brehm's Tierleben X. S. 73.

27) Es wurden bei dieser Untersuchung auf Querschnitten durch *Branchionema* auch frei gewordene Fe-haltige Eizellen beobachtet.

28) Leydig Histologie S. 391 f.

29) Bei dieser nahmen auch die Dissepimente an der Innen-Res. teil.

30) Nach Leydig event. Lymphgänge. a. a. O. S. 412.

31) Ges. naturforsch. Freunde. a. O.

Anteil (Fig. 41—43). Kein Wunder, wenn dann z. B. die der Reaktion unterzogenen Clepsinen sich in ein vollkommen blaues Gewand kleiden. Aus den Fig. 42, 43 a ersieht man auch, daß wieder die Bindegewebe die Res. von innen nach außen vermitteln.

Die scheinbar merkwürdigen, aber gerade sehr vielsagenden Res. bei Gephyreen, z. T. in kritischen Organen (Rüsseltentakeln bei *Sipunculus*, Abdominalcirren bei *Sternaspis*) habe ich seinerzeit in den Mitteilungen der Zoolog. Station zu Neapel³⁴⁾ ausführlich erörtert und auch damals schon darüber der Akademie Bericht erstattet. Zu der dort ebenfalls beschriebenen wahrhaft großartigen Haut-Res. bei *Phascolosoma* gebe ich hier als Ergänzungsbild die Fig. 44.

Die untersuchten Bryozoenstöcke zeigten Darm-Res. der Einzeltiere und die immer wiederkehrende Cutikular-Res. des Gesamtperiderms. Bei *Bugula purpurotincta* wird ein Teil der rotbraunen Farbe durch das Fe bedingt.

Von Brachiopoden hatte ich leider nur zwei konservierte Exemplare der *Lingula anatina* zur Verfügung. Diese stellten sich als wahre Fe-Speicher, von Stiel und Schale durch Mantel, Kiemengerüst und Mesenterium bis zu den innersten Eingeweiden, dar; die Mantelrandborsten gleichen einer Phalanx stahlblauer Lanzen (Fig. 29 a, c). Aber ich betone, daß es konservierte Objekte waren, wengleich ich nicht glaube, daß frisch untersuchte sich viel anders verhalten würden. Denn es ist nicht einzusehen, wie diese Fe-Mengen nachträglich hineingeraten sein sollten. Außerdem ergab frisches Material von *Argiope* Res. in der Schale und unregelmäßige im Kiemengerüst.

Untersuchungsmaterial

(Res. in: B. Borsten, A. Acicula, H. Haut, Papillen, Elytren, Epithel, Drüsen, Bindegewebe, C. Cirren, P. Parapodien, K. Kiemen, G. Blutgefäßen, N. Nephriden.)

<i>Aphrodite aculeata</i> 2	B	A	H	C	K	G	Fühler
<i>Hermione hystrix</i> zahlr.	B	(A. frei)	H	C	K	mehr äußerlich	
<i>Polynoe scolopendrina</i> 10 (Neapel u. Nordsee)	B	schwach,	H				
<i>Stenelais dendrolepis</i> 3	B	(A. frei)	H	C	K		
<i>Eunice gigantea</i> 2	B		H		K	schwach	P G
<i>Diopatra neapolitana</i> zahlr.	B	(A. frei)	H		K	schwach	
<i>Halla parthenopeja</i> 3	B		H	C	K		G
<i>Nereis cultrifera</i> (konserv.)	B			C			
<i>Rhynchobolus siphonostomum</i> zahlr.	B						

³²⁾ Abhandl. der Akad. a. a. O. S. 13 sowie Ges. naturforsch. Freunde. A. a. O.

³³⁾ Die Beziehung der tiefer gelegenen Drüsen zum Coonsekrete, das auch immer Fe-haltig, erwähnt (Ges. naturforsch. Freunde. a. a. O.).

³⁴⁾ Mitteilgn. a. d. Zoolog. Station zu Neapel a. a. O. Tafel Fig. 6—12.

Nephtys scolopendroides	10 B (A. frei)	H	C	K		
Stylaroides monilifer	7 B	H				
Arenicola piscatorum	8 B	H	K		teilw. u. verschieden	
(Helgoland)						
Cirratulus filigerus	5 B	H	C (K)		G	N
Terebella conchilega	5 B		C	K		
T. spez. (Tromsøe-Fjord)	5	H	C			
Capitella spez.	3 B					G (?)
Branchionema Koellikerii	5 B	H		P	N	Röhre
Annocharis filiformis	3 B	H				Röhre
Onuphis tubicola	zahlr.					
Spirographis Spalanzanii	5 B			P	ungleich	Röhre
Serpula acuminata	B				Tentakeln u.	Deckel
Zahlr. kleine div. Polychaeten	B.	H.		P.	N.	teilw.
(Zahlr. Süßw.-Oligochaeten, schon früher beschrbn.)		H.		G.		
Pontobdella muricata	2	H.				
(Zahlr. Süßw.-Hirudineen, schon früher beschrbn.)		H.				
Sipunculus nudus	9	H.	teilw.			Tentakeln
Sternaspis thalassomoides	zahlr. B.	H.	C.			
Phascolosoma laeve	zahlr.	H.				
Ph. vulgare	3	H.				
Cerebratulus marginatus	3	H.				
C. roseus	2	H.				
Eupolia delineata		?				
Thysanozoon Brocetrii	3					
Yungia aurantiaca	2					
Discocoelis tigrina	3					
<hr/>						
Bugula turbinata	zahlr.	H	(Periderm)		schwach	
B. purpuroincta	zahlr.	H	(Perid.)			
Bryozoenstöcke (Articulata gen. spez.?)	(Tromsøe-Fjord)	H	(Perid.)			
Zoobotryon pellucidum						

Crustaceen.

Außer den üblichen Eingeweide-Res., besonders kräftig meist in der Leber, haben wir auch hier zwei typische mehr periphere Res.-Gruppen, nämlich wieder die eigentlichen Atmungsorgane, die Kiemen, und die Borsten- bezw. Haarsysteme an den verschiedenen Körperteilen. Die ersteren haben bei den meisten Krustentieren die volle Respirationsfunktion für den Gesamtkörper zu versehen, da allgemeine Hautatmung durch die Panzerung ausgeschlossen ist. Desto mehr sind die beweglichen Anhänge, die sehr mancherlei Gliedmaßen, bei dem respiratorischen Gasaustausche als sekundäre Hilfsmittel beteiligt und benötigt. Diesen anerkannten Momenten entsprechen in

eigenartiger Weise die Res. in Kiemen und Borstengruppen und damit die im Nachfolgenden zu erläuternde Tatsache, daß es sich hier mehr um Cutikular- als um Zell-Res. handelt, da diesen Kiemen ein Epithel zu fehlen pflegt. Jene ganze, mehr oberflächlich verlaufende Art der Respiration würde ganz gut auch zu diesen mehr äußerlichen Res.-Erscheinungen passen. Die Uebersichtsfiguren 45, 46, 47 von Palaemon, Squilla und Daphnia geben Darstellungen solcher Gesamt-Fe-Verteilung.

Das Res.-Bild der Kiemenblätter oder -zapfen bei den höheren Krebsen veranschaulichen die Fig. 48—51 von Carcinus, Calianassa und Squilla. Man erkennt die sehr gleichmäßige Fe-Verteilung in der zarten Cutikularmembran, während die im allgemeinen reaktionsfreien Inhalte der Blutlakunen hindurchschimmern. Bei stärkerer Vergrößerung (Fig. 52, 53 von Maja und Squilla) sieht man die Körnchen des Berlinerblau, meist fein netzartig verteilt, häufig auch in mehr oder minder regelmäßigen Reihen verlaufend. Diese Cutikular-Res. ist also zunächst eine charakteristische Sondererscheinung für sich, daß aber dieser direkt nachweisbare Fe-Gehalt letzten Ursprungs mit dem der Blutzellen, wo er noch in versteckter Form, im Zusammenhange steht, beweisen Blauballungen, besonders nach den Rändern der Lamelle zu, in manchen dieser Kiemenpräparate, wo sich zersetzende Blutbestandteile zu erkennen sind (Fig. 52, 54 von Maja und Limulus). Also einer der Punkte, wo im physiochemischen Zustande der Fe-haltigen Molekeln der Uebergang der verkappten in die nachweisbare Form mikroskopisch ersichtlich wird.

An den meist starken Kiemen-Res. nehmen oft auch jene zarten, die Atemhöhle umkleidenden Hautduplikaturen mit völlig homogener, membranöser Einlagerung teil (Palaemon, Calianassa). Bei den Paguriden (Einsiedlern), wo die Kiemen oft Fe-ärmer, zeigten die dünnen Seitenhäute des weichen Abdomens mit ihrem Haarbesatze Ähnliches. In dem mehr abgeschlossenen Atemraume der Brachyuren besitzen gewöhnlich auch die Flagellen, die bei der Zuführung sauerstoffreichen Wassers tätig sind, Cutikular- und Haar-Res. (Fig. 55, 56 von Carcinus und Gelasimus). Ein Exemplar des letzteren, der sogenannten Halb-Landkrabbe, trug nur in den Kiemenspitzen Res. (Fig. 55 a)³⁵⁾

Die starren, bis dorn- oder stachelartigen, meist gelblichen Borsten an Kiefern, Scheeren, Füßen sind oft in ihrer innern Chitinmasse Fe-haltig, auch bei Astacus und Homarus, die feineren und weicheren Haargebilde an Fühlern, Pleopoden, Schwimmpfatten usw. dagegen überkleidet mit einer äußerst feinkörnigen, fast drüsigen Ausscheidung und zwar meist erst an den Seitenfiedern, aber

³⁵⁾ Den merkwürdigen Ausnahmefall gerade bei Astacus, wo für die stetig fehlende Kiemen-Res. die Coxopoditborsten (Fig. 70) als Fe-führend eintreten, habe ich früher besprochen (Ges. naturforsch. Freunde. a. O.). Die Fe-haltige Eimembran des ♀ veranschaulichen die Fig. 71 a, b.

so gleichmäßig und festhaftend, daß es mit einer bloßen Verunreinigung von außen her dabei nicht abgetan ist (Fig. 57—63 von Homarus, Squilla, Portunus, Carcinus, Galathea). Aber auch die feinen Cutikulardecken auf den Gliedern selbst, den Fühlern (Fig. 64, 65 von Palaemon und Calianassa), Pleopoden, ja auf ganzen Flächen des Panzers sind recht bemerkenswert, da sie denselben Charakter tragen wie jene in den Kiemen trotz ihrer Aeußerlichkeit (Fig. 63 c von Squilla). Die Annahme freilich, daß diese gewiß nicht zufälligen, gleichsam reinlichen Fe-Hüllen ihrerseits auch zur Sauerstoffvermittlung und damit indirekt zur Respiration beitragen, wäre ja etwas kühn; ich lasse die Sache dahingestellt.

Die Bedeutung dieser Beinhänge, Epipodialplatten, Pleopodenzweigen für die Respiration im weiteren Sinne (Zuführung des Sauerstoff-Wassers) hebt auch Claus hervor, wo er speziell von Squilla spricht.³⁶⁾ Deren großes Respirationsbedürfnis bei der starken und anhaltenden Beweglichkeit erwähnt auch O. Schmidt³⁷⁾, und noch ein anderer hervorragender Gewährsmann, Gegenbaur, äußert sich über die nahe Beziehung zwischen Bewegungs- und Atmungswerkzeugen bei Crustaceen; er spricht dort geradezu von respiratorischen Gliedmaßen. Er betont auch, daß diesen und ihren Anhängen Blutflüssigkeit zugeführt wird wie den Kiemen selbst; die Dünne der Integumente an bestimmten Stellen ermögliche die Vermittlung zwischen Blut und umgebendem Medium.³⁸⁾ Und gerade hier setzt das Fe als regelmäßiger Faktor ein! Auch der Verschmelzung der beiderlei Organe an den Abdominalanhängen gerade bei den (Fe-reichen) Stomatopoden sowie den Phyllopoden gedenkt Gegenbaur an jener Stelle.³⁹⁾

Die an Kiemen und Pleopoden vieler Kruster ständig schmarotzenden Protozoen Cothurnia und Vaginicola haben ganz und gar mit Fe durchsetzte Gehäuse, so daß diese kleinen zartwandigen Becher nach der Reaktion durch und durch prächtig, fast glänzend blau erscheinen (Fig. 49, 66 von Calianassa und Astacus). Nehmen diese Parasitenkolonien zu sehr überhand, so sollen sie angeblich die Ursache verderblicher Seuchen werden können, wie auch des weiland großen Krebssterbens von Venedig nach italienischen Berichten, was aber von maßgebender Seite bestritten wird. Halten sie sich, wie ja ganz allgemein, in mäßiger Anzahl, so scheinen sie mir eher zum notwendigen,

³⁶⁾ Claus, Lehrb. d. Zoologie 1885 S. 395.

³⁷⁾ Bei Brehm, Bd. X. S. 31: „Das Wedeln der Taster usw. ersetzt hier (bei Astacus) also das Atemholen der höheren Tiere“. Ebenda S. 4.

³⁸⁾ Gegenbaur, Grundr. d. vergl. Anatomie 1874 S. 254 f. — Vgl. auch Hertwig über die „Mitarbeit der Kieferfüße mit der schwingenden Platte“ Lehrb. d. Zoologie 1910 S. 415 f.

³⁹⁾ Es verdient nochmals hingewiesen zu werden auf den analogen Zusammenhang zwischen den bewegenden Parapodien mit ihren Borstensystemen und den äußeren Atmungsvorgängen bei den Chaetopoden.

keineswegs schädlichen Inventare dieser Organe zu gehören; oder sollten sie in ihrer blanken Ebenmäßigkeit bei stereotypem Fe-Gehalt gar nutzbringend, ihre Einbürgerung also kein gewöhnlicher Parasitismus sein? Die Leukocyten im Menschenblut sind bei normalem Prozentsatze auch unerlässlich, während sie bei übernormaler Vermehrung todbringende Krankheiten verursachen. Die an *Gebia* beobachteten *Epistylis*-Wucherungen, gleichfalls mit Fe-haltigen Einzeltieren, schienen mir eher von nachteiligem Einflusse auf die Wirte zu sein. Der an den Kiemen desselben Krebses schmarotzende Bopyride *Gyge* (♀) besaß selbst Fe-haltige Kiemen; wir haben also hier den hübschen Fall: das Fe-reiche Atmungsorgan und darin den Parasiten mit ebenfalls Fe-haltigen Kiemen! (Fig. 67.)

Die untersuchten Cirripedien (*Lepas* und *Balanus*), denen man von außen wenig ansah, ergaben immer starken Fe-Gehalt in der Eingeweidemasse (Fig. 68 von *Lepas*). Die dort für Kiemen gehaltenen Organe enthielten auch Fe, traten aber hinter der mächtigen Darm- und Leber-Res. bei weitem zurück.

Bei den Phyllopoden *Apus* und *Branchipus*, worüber andernorts berichtet⁴⁰⁾, habe ich gerade die Kiemen niemals Fe-haltig gefunden, dagegen Res. in den Bindegeweben unter der Cutikula bis in die Muskulatur (bei *Apus*) sowie in den Fortpflanzungsorganen (Eizellen, Uterus bei *Branchipus*). Ueber Amphipoden und Isopoden, Cladoceren (*Daphniden*), Ostracoden und Copepoden des Süßwassers habe ich in meinen früheren Arbeiten und neuerdings⁴¹⁾ Näheres mitgeteilt; die dort gefundenen Resultate decken sich mit den vorliegenden in Frage kommenden. Von den meist Fe-reichen *Daphniden* vereinigt zur Vervollständigung das Uebersichtsbild Fig. 47 noch einmal alle dort vorhandenen Res.-Möglichkeiten. Als interessant sei hier noch hervorgehoben, daß *Daphnia*, der auch eine Rectal-atmung zugeschrieben wird, regelmäßig Res. des Enddarmes zeigt. Bei Copepoden (*Cyclops*), wo Kiemen fehlen, fällt die feingliedrige allgemeine Intercutikular-Res. auf, wie auch schon früher von mir dargestellt.⁴²⁾

Schließlich will ich noch einer jüngst erhaltenen wichtigen Bestätigung gedenken, nämlich des Fe-Reichtums in den Kiemenlamellen des Uebergangsgeschlechtes *Limulus* (*Poecilopoden*). Durch das Entgegenkommen der Berliner Aquariums-direktion wurde mir das frische Material von einem kurz zuvor verendeten, sehr großen *L. polyphemus* zur Verfügung gestellt. Die Art des Befundes deckt sich ungefähr mit der bei den eigentlichen Crustaceen: eine sehr feinkörnige Einlagerung der Cutikularduplikatur, besonders konzentriert um die Blutlakunen; in diesen und dazwischen massenhaft gehäufte Blutzellen. Zuweilen ist der Uebergang des Blut-Fe in das Kiemen-

40) Ges. naturforsch. Freunde. a. a. O.

41) Ges. naturforsch. Freunde. a. a. O.

42) Abhandlgn. d. Akad. d. W. a. a. O. Taf. II Fig.

Fe zu verfolgen (Fig. 54b). Die Außenseite der die Kiemen bergenden Abdominalruderplatten trägt einen pelzartigen Fe-Haarbelag (Fig. 69).

Untersuchungsmaterial

(Res. in: K Kiemen, F Flagellum, B Borsten, H Haaren, P Pleopoden, C Cutikula, L Leber.⁴³⁾

Squilla mantis 6	K		B	H	P	C	(bei 2 schwächer)
Squ. Desmarestii 14	K		B	H	P	C	(verschied. stark)
Maja Squinado 2	K	F	B	H		C	
M. verrucosa	K	schwach	B				
Dromia vulgaris 3	K	F	B	H		C	
Pisa armata 4	K	F	B	H		C	(bei 1 K frei)
P tetraodon	K	schwach	B	H		C	L
Lupa hastata zahlr.							
Inachus scorpio.			B	H		C	L
Dorippe lanata 11	K	verschieden	F	B	H	P	(bei 3 K frei)
Pinnotheres pisum 2			B	H		C	L
Carcinus maenas 3	K	F	B	H		C	
Portunus puber.	K		B	H			
Galathea squamifera 5	K	F	B	H		C	
G. strigosa	K		B	H		C	
Pilumnus hirtellus 3	K		B	H		C	
	K	teilw. F		H			
Crangon vulgaris zahlr. (Neapel u. Tromsoe)	K			H	P		
Cr. cataphractus zahlr.	K	schwach	B	H		C	
Palaemon squilla zahlr.	K		B	H	P	C	
P. xiphias	K	schwach	B	H			
Nica edulis 13	K	schwach					
Penaeus Caramote 3	K	schwach	oder	—	H	teilw.	
P. membranaceus 5	K	schwach					
Lysmata seticaudata 30	K	teilw.					
Sicyonia sculpta							
Pagurus Bernhardus 10	K	schwach, teilw.		H		C	
P. striatus	K			H	teilw.		
Eupagurus meticulosus 3	K		B	H			
Eu. angulatus 2	K	schwach	B	H			
Scyllarus arctus 11	K	verschied.	B	H		C	verschied.
Gebia litoralis zahlr.	K		B	H			
Calianassa subterranea 10	K	verschied.	B	H	P		
Palinurus vulgaris	K		B				
Homarus vulgaris	K	F	B	H			

⁴³⁾ Leber-Res. findet sich eigentlich bei allen Krustern; hier nur an besonderer Stelle hervorgehoben, z. B. wo Kiemen-Res. ausnahmsweise fehlt.

Desgl.	K schwach	B H teilw.		
<u>Alphaeus dentipes</u>				
Marine Gammariden zahlr.	K		C	
Hyale Prevostii zahlr.	K teilw.		C	teilw.
Idothea arctica zahlr.	K vershd.		C	L
Sphaeroma serratum zahlr.			C	L ?
Cymothoa spez. zahlr.	K vershd.			L
Lepas anatifera (Neapel) zahlr.	K ?			L Darm
Desgl. (Nordsee) zahlr.	K ?		Mundteile	L Darm
Balanus spez. 12	K ?			L Darm
Limulus polyphemus	K	H		L Darm
(O.-Amerika)				

Mollusken.

Während bei den Würmern Hautatmung, bei den Crustaceen Kiemenatmung herrschend ist, haben wir bei den Mollusken beides. Trotz der meist ansehnlichen Entfaltung der Weichtierkiemen arbeiten bei dieser elastischen Körpern ohne wirkliche Gliedmaßen doch auch die Oberflächengewebe des Mantels, Fußes, Kopfes sowie gewisser Intogumentalanhänge bei der Respiration mit; die drüsige, schleimabsondernde Natur dieser Gewebe hat wohl daran ihren Anteil. Leydig⁴⁴⁾ sagt: „Die sogenannten Kiemen der Gastropoden und Bivalven scheinen mir eine untergeordnete Bedeutung für die Respiration zu haben, die äußere Haut ist bei diesen Tieren wahrscheinlich von demselben Belang für die Atmung wie die Kiemen.“ Sogar für eine viel verbreitete Darmatmung wird dort eingetreten. Claus⁴⁵⁾ hebt die gleichzeitige Bedeutung von Mantel und Kiemen wegen ihrer Flimmer-einrichtungen hervor.

Diesen Feststellungen entspricht im allgemeinen auch Art und Verteilung der Fe-Res.: entschiedene Neigung dazu in den Kiemen (Fig. 72 von Philine), aber zuweilen auch mangelnd, fast noch allgemeiner und stärker im Mantel und anderen Organen der äußeren Hülle. Diese Verhältnisse werden einigermaßen aus der angefügten Uebersicht untersuchten Materials erhellen. In den Kiemen der hochgradig und ausnahmslos siderophilen Süßwasser-Najaden waren oft die cutikulierten Stützlamellen die Haupt-Fe-Träger⁴⁶⁾, im allgemeinen aber zweifellos doch das hier so reich entfaltete Epithel, wie marine Conchiferen und Gastropoden beweisen (Fig. 73, 74 von Mactra und Philine). Daß auch bei Gastropoden der andere Fall hinwiederum vorliegen kann, zeigt Fig. 75 von Patella, wo übrigens auch die Blutzuführungsgänge Fe-Gehalt verraten.

Im Mantel können Epithelien, Drüsen und nach innen zu Bindegewebe beteiligt sein (Fig. 76, 77 von Anodonta und Chiton). Dabei ist immer die nahe histogene Beziehung der Bindegewebs- zu den Ge-

44) Leydig, Lehrb. d. Histologie S. 396.

45) Claus, Lehrb. d. Zoologie S. 515.

fäßelementen (des Lymph- bzw. Blutsystems) einerseits, den Drüsenanlagen andererseits zu bedenken.⁴⁷⁾ Im Mantel, besonders dem Rande desselben, ist die Res. oft viel deutlicher als in den Kiemen, wie bei Conchiferen, auch den Najaden *Unio* und *Anodonta*, beobachtet. Für die verschiedenen Fußzonen der Gastropoden gilt histochemisch dasselbe (Fig. 78, 79 von *Patella* und *Chiton*) wie für den Mantel, wenn auch nicht so allgemein. Und doch erstreckt sich dies selbst auf Land-Pulmonaten, was die Bindegewebelemente anbetrifft (Fig. 80 von *Helix pomatia*).

Das absonderliche Placophorengeschlecht der *Chitoniden* sowie die Gattung *Patella* nebst Verwandten sind wahre Musterstücke hochsiderophiler Anpassung, wohl im Zusammenhange mit ihrer halb-sessilen Lebensweise. In toto der Reaktion unterzogen werden die ganzen Tiere tiefblau (Fig. 81, 82). Bei *Patella* ist auch die berühmte *Radula* mit ihren Anhängseln (Zungenmembran) beteiligt (Fig. 83)⁴⁸⁾. Schnittpräparate durch Mantel, Notaeum und Fuß von *Chiton* zeigen auch den Fe-Gehalt der Bluträume, der merkwürdigen Oberhautdrüsen und der Cutikularschuppen (Fig. 79, 84). Die kleinen, aber sehr zahlreichen (cyklobranchialen) Kiemen sind zwar auch Fe-haltig, aber unverkennbar schwächer. Es ist nun auffallend, daß gerade bei diesen Formen, wo jene sogenannten Kiemen verkümmert sind und überhaupt zum Teil anderen Zwecken zu dienen haben (*Osphradium!*), eine so durchgreifende Res. der Fuß- und Mantelabschnitte zu verzeichnen ist.⁴⁹⁾

Ein großes Exemplar von *Aplysia limacina* ergab folgendes: Kiemen frei, dagegen starke Res. des Bindegewebes im Mantel, Peritoneum und Mesenterium (den Fibrillen), ferner in Darm, Magen (auch den Follikeln) und Leber, woselbst auch in den Drüsenzellen großkörnige Massen von Berlinerblau.⁵⁰⁾

Die Fe-Aufnahme in die Leber, die fast durchs ganze Tierreich zu verfolgen ist, tritt hier bei den Mollusken besonders stark auf, wie auch in der Tabelle hervorgehoben, und oft gerade da am auffälligsten, wo andere Res. vermißt werden.⁵¹⁾ Z. B. muß das den

46) Zeitschr. Humboldt Bd. VIII Heft 9 Tafel Fig. 4.

47) Worauf schon mehrfach hingewiesen. Vgl. Abhdlgn. d. Akad. a. a. O. Taf. III Fig. 1 sowie Sitzgsber. d. Akad. über „*Proteus*“ a. a. O. Taf. Fig. 12.

48) Wahrscheinlich ist die *Radula*-Res. eine bei Gastropoden viel allgemeinere Erscheinung, als hier zur Zeit behauptet werden kann.

49) O. Schmidt sagt von *Chiton*: „Man hat bei einigen auf kleine Oeffnungen des Mantelrandes hingewiesen und im Zusammenhange mit ihnen Luftatmungsorgane gemutmaßt“ Bei Brehm X S. 298. — Simroth hebt das vorherrschende Gelb oder Braun des Mantelrandes bzw. *Notaeums* hervor. Bronn's Kl. u. Ordngn. III, 1. S. 270. Die Farbe dürfte im wesentlichen dem Fe-Gehalte zuzuschreiben sein.

50) Diese groben Körner zeigten in diesem Falle zum Teil deutlich die hexagonale Kristallform.

Durchschnittsmenschen am meisten interessierende Muscheltier, die *Auster*, als direkt siderophob bezeichnet werden, insofern ich Kiemen-Res. bei ihr niemals vorfand, wohl aber solche in der Leber.⁵²⁾ Hier einen Kausalnexus im ausgleichenden Sinne zu finden, vermag ich nicht ohne weiteres, es sei denn die allgemeine Bedeutung der Leber auch ihrerseits als innerer Fe-Speicher. Aber einen interessanten Fingerzeig immerhin gibt die Meeres-Nacktschnecke *Aeolis*, bei welcher die respiratorischen Rückenzapfen innerlich direkt in die Leberfollikeln übergehen und beiderlei Organe sich als Fe-haltig herausstellten (Fig. 85). Ueberhaupt lieferten diese Opisthobranchier beachtenswerte Belege, so *Doris* mit ihrer frei liegenden Sternkieme und ihren Rückenpapillen (Fig. 86), eine *Tethys* in ihren respirierenden Wucherungen der ganzen Rückenfläche, *Elysia*, wo Kiemen nicht nachweisbar, in ihren Saumlappengefäßen (Fig. 87). Wir haben es hier mit Uebergängen der Kiemen- zur Hautrespiration zu tun, wie auch *Gegebenaur* meint.⁵³⁾

Gewisse Drüsensekrete wie die *Byssus*substanz bei *Mytilus*, *Pinna*, auch *Dreysena* oder die eiumhüllende Laichmasse der Süßwasser-Pulmonaten (Fig. 88) erwiesen sich regelmäßig als Fe-haltig. Daß die Fe-Res. auch in Beziehung zur Schalenbildung treten kann, habe ich früher schon mitgeteilt.⁵⁴⁾ Ein ergänzendes Bild der dünnen Schale von *Bulla*, d. h. der Conchyolintucikula nach Auszug des Kalkes, gibt Fig. 89. Fig. 90 zeigt, wie bei einer frisch präparierten *Anodonta* die vom kutikulierenden Mantelrande abgeschiedenen Fe-Mengen in den biegsameren Schalenrand übertreten. Die hierbei angedeuteten Kern-Res. mögen auf nachträglich eingetretener Reaktion beruhen, also Pseudo-Res. sein.

Ueber einige Pteropoden, Nudibranchier und Heteropoden siehe den Abschnitt: Pelagische Formen.

Untersuchungsmaterial ⁵⁵⁾

(Res. in: K Kiemen, M Mantel (und Integument), F Fuß, S Siphonen, B Byssus, Sch Schale, D Darm, L Leber.)

⁵¹⁾ Dementsprechend der Befund auch bei anderen Tieren wie Fischen, *Astacus*, *Oniscus*, *Asellus*, wo respiratorische Res. fast immer fehlt.

⁵²⁾ Inwieweit Verschiedenheiten des Nährbodens auch hier andersartig wirken können, sei dahingestellt. In Neapel lieferte die etwas zweifelhafte *Posilipo-Auster*, deren Genuß zuweilen Typhuserkrankungen hervorgerufen hat, ebensowenig Kiemen-Res. wie die geschätzte *Fusaro-Auster*, Leber-Res. aber beide. Dasselbe Ergebnis bei einer vor kurzem frisch aus Büsum eingetroffenen.

⁵³⁾ *Gegebenaur*, Grundr. d. vergl. Anatomie. S. 349.

⁵⁴⁾ Abhandlgn. d. Akad. d. W. u. a. O. S. 34 f. Taf. III Fig. 2.

⁵⁵⁾ Das vorliegende Material an Meeresmuscheln halte ich selbst für noch unzulänglich zu strikter Beweisführung; die Statistik müßte noch erweitert werden.

Ostrea edulis 6						D L	
						verschied.	
Pecten opercularis						D L	
P. Jacobaeus	K	M				D L	
Anomia ephippium 3	K	schwach				L	
Lima hians							
L. inflata							
Mytilus edulis zahlr.	K	teilw.		B			L
M. gallo-provincialis 5	K	schwach		B			L
Pinna nobilis	K	schwach		B		D	L
Lithodomus dactylus 8	K	schwach					
Arca barbata 5					Sch	D	L
Mya arenaria (Büsum)			M (Rand)	S	(Rand)		
Capta fragilis 5			M (Rand)	S			
Psammobia vespertina			M (Rand)				
Solecurtus spez.			M (Rand)	S			
Venus gallina zahlr.	K	teilw.	M			D	L
V. verrucosa 2	K		M		Sch	(Rand)	L
Macra stultorum zahlr.	K	stark	M				
Cardium tuberculatum 3	K	teilw.		S	Sch		L
C. oblongum 2			M				L
Cardita sulcata 5	K		M			D	L
Pectunculus glycymeris 5	K	stark	M		Sch		L
Tapes decussatus 5	K	schwach				D	
Tellina planata 4	K		M	S			L
T. nitida 4	K		M	S	schwach		
Chiton discrepans 4	K		M	F		D	L
Ch. marginatus (Tromsoe) 3	K		M	F		D	L
Aeolis papillosa 2	K						L
Bulla ampulla	K	schwach			Sch		L
Philine aperta 8	K	stark	M				
Tethys leporina							
Desgl.	K						
Doris tuberculata 4	K	teilw.	M (Papillen)			D	L
D. turgida	K		M			D	L
Elysia spez. 3			M (Gefäße)				
Pleurobranchus Meckelii 2	K		M	schwach			L
Aplysia depilans	K	schwach	M			D	L
A. limacina			M			D	L
Euthria cornea	K		M			D	L
Calyptraea chinensis 6	K	schwach	M		Sch		
Marsenia spez.	K	teilw.	M				L
Chenopus pes pelecani 2							
Patella lusitanica zahlr.	K		M	F Fühler	Radula	D	L
P. coerulea zahlr.	K		M	F	Radula	D	L
Haliotis tuberculata 3	K	teilw.	M (Gefäße)			D	
Nassa mutabilis 5	K	schwach	M	F		D	L

Cassidaria echinophora	2	K schwach	M innen		D
Murex brandaris	3	K		S (bei 2)	
Cerithium vulgatum	7	K teilw.	M innen		
Natica ebraea	3	K schwach	M innen		
Tritonium nodiferum	2	K			L
Tr. corrugatum	2	K schwach			D L
Trochus granulatus		K schwach	M innen	S	D (Gefäße)

Zahlreich untersuchte Süßwasser-Vertreter: Unio, Anodonta (auch exotische), Dreysena, Cyclas, Pisidium, Limnaea, Planorbis u. a. sind schon andernorts von mir besprochen.⁵⁶⁾

Fast alle der untersuchten Cephalopoden zeigten (neben dem Fe-Gehalt in Darm und Leber) schwache, aber noch deutliche Kiemen-Res. sowie oft eine solche in den angrenzenden Gefäßabschnitten. Mehrfach war die Res. nur partiell oder einseitig, ein Hinweis offenbar wieder darauf, wie sehr die Verwertung des Stoffes von dem jeweiligen physiologischen Bedarfe des betr. Organes, bezw. der beteiligten Gewebe abhängig, wie sehr sie also auch Schwankungen unterworfen ist.

Uebersicht genauer geprüfter Cephalopoden

Octopus vulgaris	4 ⁵⁷⁾	K schwach oder —			
O. macropus		K schwach			
O. Defilippi	7	K Bei 1	Ex. Venen-Atrium	der einen Seite	
Eledone moschata	2	K schwach			
Ocythoe tuberculata		K schwach			
Sepia officinalis	3	K schwach oder —			
Sepiola Rondeletii	5	K Bei 2	—, bei 1 die ableitenden	Kiemenvenen.	
Loligo vulgaris	1 gr.	Ex. —			
Desgl.	9 kl.	Ex. —	schwache Res. im	Venen-Atrium	
L. marmorae	5	K schwach u. teilw.	in den angrenzenden	Gefäßen	

Die histologischen Verhältnisse dieser Kiemen-Res. entsprechen im allgemeinen denen der Gastropoden.

Eier von Sepia zeigten nach der Reaktion eine gleichmäßig zarte, aber deutliche Bläuung der ganzen lederartigen Hülle; mikroskopisch konnte ich bisher keine klare Beziehung zu den Elementen erkennen. Eilaich von Octopus reagierte nicht.

Tunicaten.

Die Manteltiere sind im allgemeinen höchst Fe-liebende Organismen, im besondern die sessilen bezw. koloniebildenden. Alle überhaupt in Frage kommenden Organe neigen hier zur Res., besonders

⁵⁶⁾ Ges. naturforsch. Freunde. a. a. O.

⁵⁷⁾ Zwei von diesen, besonders stattliche Exemplare, waren soeben von Neapolitanischen Fischern, die wir bei einer Stationsfahrt im Golfe antrafen, gefangen und getötet worden. Von beiden konnte ich die frisch herauspräparierten Kiemen erhalten und alsbald untersuchen.

charakteristisch aber ist die in Kiemenhöhle und Mantel mit ihren intimen Beziehungen zu den feineren Gewebeelementen, zu Kern und Kerngerüst, wie ich es zuerst in Neapel an frischem Materiale nachgewiesen und in den Mitteilungen der Zoolog. Station geschildert habe.⁵⁸⁾ Ich wies dort auch hin auf den hier so deutlich zu verfolgenden Zusammenhang der Res. vom Darminnern bis zu den äußeren Schichten der Tunica und auf die vermutlich respiratorische Natur dieser Einrichtung. Als Ergänzung der dortigen Darstellungen von *Clavellina Risoana* gibt hier Fig. 91 nochmals das Bild jener Nucleolus-Res. in den Tunicazellen von *Ciona intestinalis*⁵⁹⁾, Fig. 92 das der inneren Darmwandung von *Ascidia mentula* mit der intensiven Fe-Einlagerung in die Gewebeteile.

Fig. 93 zeigt den engen Konnex und Verlauf der Res. in den sich anlagernden Hauptorganen als Uebersichtsbild. Neigung zu besonderer Fe-Anhäufung an Ein- und Ausführöffnung ist entschieden vorhanden, so bei *Ciona*, *Phalusia*, *Cynthia* und *Diazona* nachgewiesen, und bei *Ascidia mentula* trat die Reaktion hier schon ohne Wirkung der Salzsäure ein, immer ein Zeichen großen Ueberschusses auch zum Teil löslicher Fe-Substanz. Bei *Ciona* verlief zuweilen die Kern-Res. der Kiemenhöhle in die Tentakelfäden an der Mundöffnung. Außer den häufigen Kern- und Plasma-Res. fanden sich auch intercellulare Einlagerungen im Mantelgewebe von *Ciona*, *Ascidia mentula* und *Botryllus*. Die auf den Kolonien von letzterem massenhaft parasitierenden Vorticellinen waren ebenfalls stark Fe-haltig. Bei einem Individuum von *Ascidia mentula* trat im Kiemendarm nur der Endostyl als stark Fe-haltig hervor.

Es fiel mir auf, daß im allgemeinen die Res. im Mantelgewebe eine hervorragendere Rolle spielt als in der Kiemenhöhle. Die Frage, inwieweit eventuell Mitarbeit des Mantels an einem allgemeinen Gasaustausche bzw. einer Oberflächenatmung möglich ist, mag mit aller Vorsicht aufgeworfen werden. Blutlakunen führt die Tunica ebenfalls; eine Verbindung zwischen ihr und der Kiemenhöhle wird durch die Trabekeln vermittelt. Die starke Abgeschlossenheit des äußeren Mantels andererseits, besonders bei den nicht hyalinen Formen wie *Cynthia*, würde dem entgegenstehen. Daß der Cellulosegehalt des Tunicagewebes als solcher dabei hinderlich sein sollte, wie eine Meinung lautete, ist nicht recht einleuchtend. —

Freilebender Tunicaten wird in dem Abschnitte über pelagische Tiere Erwähnung geschehen.

⁵⁸⁾ Mittlgn a. d. Zoolog. Station zu Neapel Bd. 12. 1895. a. a. O. Taf. Fig. 1—5.

⁵⁹⁾ Das hier benutzte konservierte Material ergab genau dieselben Res. in Zellen und Zellkernen der Tunica, Kiemenhöhle, des Darmes und Hepatopankreas wie das seinerzeit untersuchte frische. Anderenfalls würde ich der Kern-Res. durchaus argwöhnisch gegenüberstehen.

Untersuchungsmaterial

(Res. in: T Mantel, K Kiemenhöhle, M Magen, D Darm, H Hepatopankreas.)

Botryllus aurolineatus 3, lebend	T		M			
Desgl. konserv.	T		M	D		
Fragarium areolatum zahlr.	T		M	D	H	
Diazona violacea	T		M	D		
Ascidia mentula zahlr.	T	K	M	D	H	
Desgl. 1	T	Trabekeln	K	M	D	H
A. cristata 5 T teilw. nur hier.		K		D	H	
Phalusia mamillata	T		M	D		
Ciona intestinalis zahlr. lebend	T	K schwach	M	D	H	
Desgl 3, konserv.	T	K	M	D	H	
Clavellina Rissoana zahlr. lebend	T	K	M	D	H	
Desgl. zahlr. konserv.	T	K	M	D	H	
Cl. lepadiformis zahlr.	T					
Cynthia papillosa 3	T	K schwach	[M	D	H]	sehr stark
C. microcosmus 3	T	schwach	[M	D]		schwach
Zahlr. kleine Ascidien, lebend u. konserv.	T	K	M	D		

Fische.

Das berühmte phyletische Uebergangsglied, der *Amphioxus*, spielt auch hier, wie schon bemerkt, eine Art von Vermittlungsrolle, insofern sich bei ihm eine entschiedene Neigung zur Fe-Res. im Epithelialbelage des Kiemenkorbes findet, was bei den eigentlichen Fischen nicht der Fall. Von ca. 100 untersuchten Exemplaren zeigte die größere Hälfte die Reaktion, meist zart, aber deutlich, außerdem Res. in Leber, Darm und Genitalien (Fig. 94). Bei einigen Exemplaren verriet sich der Inhalt des Rückengefäßes als schwach Fe-haltig

Bezeichnenderweise fand ich außerdem eine echte Kiemen-Res. bei der Larve eines *Petromyzon Planeri* (Fig. 95), wie schon früher mitgeteilt,⁶⁰⁾ und ausnahmsweise bei einigen Exemplaren der Plagiostomen *Torpedo* und *Raja*. Wenn der Afrikaner *Protopterus* hier ebenfalls reagierte, so ist dieser eine Fall nicht maßgebend, da es sich um altkonserviertes Material handelte. Indessen verdienen diese schlammbewohnenden Dipneusten immerhin weitere Aufmerksamkeit auf Kiemen und Atemhöhle. Fälle künstlich gesteigerter Fe-Res., wie solche aus der berühmten Hamburger Wasserleitung oder längere Zeit in Fe-reichem Wasser gehaltene⁶¹⁾ kommen hier nicht in Betracht, ebenso interessieren die fast regelmäßigen Res. in Darm, Leber, Milz, Nieren, auch Genitalien bei den echten Fischen hier weniger. Die Frage nun nach dem Grunde der bei diesen mangelnden Kiemen-Res. ist schon angeregt und wird noch einmal

⁶⁰⁾ Abhandlgn. d. Akad. d. W. a. a. O. S. 38.

⁶¹⁾ Abhandlgn. d. Akad. d. W. a. a. O. S. 38.

berührt werden; es handelt sich hier eben um Vertebraten, also Rotblütler!

Während das maskierte Bluthaematin-Fe der Kiemen naturgemäß der direkten FeCyK-Reaktion unzugänglich ist, muß es auffallen, daß das sogenannte Labyrinth gewisser Fischgruppen die entschiedene Neigung besitzt, frei ionales, also nachweisbares Fe in sich oder seiner Umgebung aufzuspeichern. Dieses Labyrinth, eine Umbildung des oberen Visceralskeletts bezw. Kiemengürtels, das bekanntlich jene Fische befähigt, längere Zeit außer Wassers zu leben und Luft zu atmen, ist nicht nur Feuchtigkeits-, sondern auch Sauerstoffsammler. Die Anwesenheit nachweisbaren Fe's hierselbst scheint mir daher im Rahmen dieser ganzen Betrachtung immerhin bemerkenswert als ein weiterer Beitrag zur respiratorischen Mitarbeit dieses Fe. Ich habe besagte Beobachtungen erst kürzlich im Zoolog. Museum an konserviertem Materiale gemacht, wobei mir Herr Prof. Pappenheim in liebenswürdigster und dankenswertester Weise zur Seite stand. Histologisch bedeutsame Fe-Einlagerungen derart fanden sich bisher in dem betr. Organe von *Oosphromenus trichopterus* (China), während das einzige zur Zeit untersuchte Exemplar von *Anabas scandens* (Indien), dem berühmtesten Vertreter der Labyrinthler, nur feineren Fe-Gehalt in der bindegewebigen Umgebung führte. Bei Angehörigen der vielgestaltigen tropischen Siluriden, denen physiologisch äquivalente Atem-Akzessoria (Kiemenschnecke, Lufthöhlen) eigen sind, ergaben sich diese als charakteristisch Fe-haltig, abgesehen von entschiedener Neigung des Gesamtfischkörpers zur Siderophilie überhaupt: bei *Clarias spez.* (Kamerun) Verfolg der starken Res. durch Eingeweide und Bindegewebe bis zum Integument; bei *Saccobranchus fossilis* (Indien) Res. in den Seitenhöhlen des vorderen Körperabschnittes bis zu den Kiemen hin. Bei *Callichthys callichthys* (Pará), der nach der Reaktion das prachtvolle Bild einer blauschraffierten Stilisierung abgibt, sind es die feinen borstenartigen Besätze am Rande der Schuppenplatten sowie auch der Flossenstrahlen. — Bezeichnend jedenfalls, daß bei diesen Luftatmern und Wanderfischen das Fe eine hervorragende, wenn auch scheinbar verschiedenartige Rolle spielt. Sehr wünschenswert wären hier Nachprüfungen an frischem Materiale, das mir zur Zeit nicht zur Verfügung steht, seitens berufener Forscher in Indien, Afrika und Südamerika.

Als ganz allgemeines positives Gesetz habe ich schon früher die stete Gegenwart des Fe in den Zähnen aller Fische, speziell der Teleostier (Fig. 96), nachgewiesen⁶²; gleichzeitig auch, daß es sich hier nicht etwa um äußere Auflagerung, sondern um innere Res. aus den Papillen heraus handelt. Diese auch so charakteristische Eigenart der Fe-Verwertung, die aber wohl einem mechanischen, eventuell

⁶²) Abhandlgn. d. Akad. d. W. Heft 9, 1889. S. 6 separ.

O. S. 38, und „Humboldt“ Bd. VIII

phylaktischen Zwecke zu dienen hat, will ich ihrer Wichtigkeit halber hier noch einmal betonen.⁶³⁾ Das Fe bildet dabei, vorzüglich an der Zahnschmelz, einen scheidenartigen Ueberzug, also um die Schmelzschicht, der, wie mir scheint, allmählich abgenutzt, eventuell wieder ergänzt wird. In dieses Gesetz sind alle hierher gehörigen, so verschiedenartigen Zahngebilde einbegriffen, auch die Auswüchse des Visceralskeletts, also der Kiemenbögen, was mir gerade an diesem Organe immerhin beziehungsreich zu sein scheint. Ja, noch mehr: die Erscheinung erstreckt sich sogar auf die zahnartigen, ossifizierten Hautkörper der Selachier, auch mit schon embryonaler Anlage in den Papillen⁶⁴⁾ (Fig. 97). Auch die stachelartigen Knochenanhänge am Schwanz untersuchter Rochen erwiesen sich als Fe-haltig. Nicht verschweigen darf ich andererseits, daß bei mehreren jungen Stücken von *Scyllium stellare* die Reaktion auf Zähne und Haut wiederum versagte. Daß auch die Zahngebilde aller wasserbewohnenden Amphibien dieser Gesetzmäßigkeit unterworfen sind, habe ich ebenfalls schon früher erwähnt und dargestellt.⁶⁵⁾

Litorale, sessile und pelagische Formen.

Litorale Aufenthalts- und Lebensweise wird im allgemeinen günstigere Bedingungen für eine kräftige und nachhaltige Fe-Aufnahme bieten; die dort dauernd vorhandenen mineralischen Bodenbestandteile, Detritus und Sedimente werden direkt oder indirekt das Material dazu liefern. Das haben denn auch die Untersuchungsreihen vollauf bestätigt. Und daß festsitzende und damit auch stockbildende Formen in erhöhtem Maße dazu neigen, wird ebenfalls ganz begreiflich erscheinen. Schwämme, Hydroiden, Alcyoniden, Bryozoen, letztere drei in ihrer oft so zarten und homogenen Cutikular-Res. (in der Ektocyste), Ascidien, auch Brachiopoden sind die überzeugendsten Beweisstücke dafür. Ich brauche wohl kaum noch einmal zu betonen, daß es sich hier nicht etwa um die rein äußerlich und zufällig zugeführten und mechanisch abgelagerten Fe-Mengen, die natürlich auch nicht fehlen, handelt, sondern um wirkliche Res. im Sinne dieser ganzen Betrachtung, wie schon bei den Poriferen ausgeführt.

Solche mehr oberflächlich angesammelten oder eingedrungenen, oft unglaublich großen Mengen Fe-reicher Substanz z. B. am Körper gewisser Crustaceen, wie *Maja*, *Dromia*, *Pisa*, *Dorippe*, oder der Aphroditiden unter den Würmern erregten seiner Zeit in der Neapoli-

⁶³⁾ An Hunderten der verschiedensten Süßwasser- und Seefische ist diese Tatsache festgestellt worden.

⁶⁴⁾ Schon mitgeteilt in „Humboldt“ a. a. O.

⁶⁵⁾ Abhandlgn. d. Ak. d. W. a. a. O. S. 36 u. 41 und Sitzungsber. d. Ak. d. W. 1890, XXXVI. Eisenaufnahme i. d. Körper des *Proteus* a. a. O. Taf. Fig. 9. — Da auch Krokodilzähne, älteren Schädeln entnommen, im Schmelzüberzuge Fe führten, so vermute ich, daß alle dauernd wasserbewohnenden Reptile sich ebenfalls hier anschließen.

tanischen Station geradezu heiteres Erstaunen. Daß solche Tiere oft mit einem förmlichen Pelze von Fremdkörpern, schlechthin als Verunreinigungen angesehen, überkleidet sind, war natürlich allbekannt; daß dieser aber als ein Fe-Pelz nachweisbar sei, eine neue Erscheinung, sogar für Herrn Professor Paul Mayer, den gediegenen Krebskenner.⁶⁶⁾ Aber welche Mengen von Fe, nur roh quantitativ betrachtet, liegen allein schon aufgespeichert in den ungeheuer ausgedehnten Siedelungen von Schwämmen und Ascidien des Meeres!

Unter den Würmern zeigten tubicole Chaetopoden wie *Spirographis* äußerlich wenig von Res., aber die Substanz der Chitinröhren dafür desto mehr, wie auch selbstverständlich die Borstensysteme; die Cirripeden (*Lepas*, *Balanus*), äußerlich scheinbar Fe-frei, starke Res. in den Eingeweidegeweben.

Daß dagegen die pelagisch lebenden Tiere eine weit geringere oder häufig gar keine Neigung zur Res. besitzen, ist bei ihren Aufenthalts- und Lebensbedingungen wohl begreiflich. Denn, wenn Fe-Res. besonders die respiratorischen Notwendigkeiten in der gedachten Weise fördert, werden jene bei der beständig frischen Wasser- und damit Sauerstoffzufuhr aus erster Quelle dieses unterstützenden Faktors längst nicht so bedürftig sein wie die Litoralen. Und dennoch ist auch bei den pelagisch Lebenden Fe-Res. wahrscheinlich verbreiteter, als die verhältnismäßig geringe Zahl untersuchter Objekte vorläufig anzunehmen gestattet. Daß ich auch hier bei so manchen Fe-Res. gefunden habe, zeigt nachfolgende Uebersicht mir zur Verfügung stehenden Materials:

Protozoen	{	<i>Sphaerocystum punctatum</i> zahlr.	} nur kleinere mechanisch aufgenommene Mengen; zuweilen die gelben Symbionten
		<i>Collozoum inerme</i> zahlr.	
		<i>Thalassicolla pelagica</i> , mehrere	
Medusen	{	<i>Oceania pileata</i> (Polyp Tubularia) 2	} teilweise in den Randkörpern. } bei 3 in den ganzen Randgefäßen. } bei 2 im Entoderm der Randfäden.
		<i>Lizzia Koellikerii</i> (Polyp Eudendrium) 4	
		<i>Carmarina hastata</i> (Geryonide) 8	
		<i>Rhizostoma pulmo</i>	
Ctenophoren	{	<i>Cestus Veneris</i>	}
		<i>Callianira bialata</i>	
		<i>Beroë Forskalii</i> 7	
Siphonophoren	{	<i>Abyla pentagona</i> 5	} nur mechan. aufgen. Mengen } i. d. Nesselfäden } schwach in den Deckstücken
		<i>Agalma Sarsii</i>	

⁶⁶⁾ Prof. Mayer meinte damals, die Sache sei doch nicht als bloße Kuriosität oder völlig belanglos von der Hand zu weisen. Es handle sich event. um eine Art Einspeichelung des Haar- und Borstenbesatzes. Bei *Dromia* besteht vielleicht eine Beziehung zu der stark Fe-häufenden Tätigkeit des aufsitzenden *Suberites* — in Wechselwirkung der Symbiosis.

Amphipoden	{	Phronima sedentaria 4	{	Kopf, Schlundkopf, Leber, Tönnchen durch die ganze Masse
		Desgl. 7	}	bei den meisten Kiemen, Schlundkopf, Magen, Tönnchen durch die ganze Masse ⁶⁷⁾
Pteropoden	{	Hyalea tridentata 2		
		Cleodora pyramidata 4	}	schwach Vorderrand der Flossenlappen
		Tiedemannia neapolitana 2	}	Mantelfaltungen, Darm, Magen, Leber
Nudibranchier	—	Phyllirhoe bucephala		
Heteropoden	{	Pterotrachea coronata		Spuren in Kiemen und Haut
		Desgl. 2		stark Darm, Leber, Niere, teilw. Kiemen
		Desgl.		Kiemen; Eingeweide fast frei
		Desgl.		schwach Darm
		Carinaria mediterranea		Spuren in den Kiemen.
Tunicaten	{	Salpa catenata		stark Eingeweide-Nucleus (Leberschläuche voll Fe-haltiger Zellen)
		S. solitaria		stark Eingew.-Nucleus (Leber!)
		S. pinnata 5		schwach i. Nucleus und Mantel
		S. proboscidalis 3		schwach i. Nucleus
		S. mucronata zahlr.		Nucleus, besonders Zellen der Darmwand.

Auf Grund aller dieser meiner Beobachtungen an niederen Meeresorganismen möchte ich hier noch der vielleicht nicht unbegründeten Vermutung Raum geben, daß auch in dem wichtigen Plankton und damit im allgemeinen Meeresstoffwechsel dem Fe eine bedeutsamere und beachtenswertere Rolle zufällt, als man ihm bisher zutraute. In den trefflichen, grundlegenden Arbeiten von Hensen, K. Brandt und anderen drängen sich naturgemäß Mineralstoffe wie Stickstoffverbindungen, Phosphorsäure, Kieselsäure, Kalk als handgreiflicher in den Vordergrund. Aber auch lohnend dürfte es sein, wenn hier einmal systematisch den mehr verborgenen Spuren des Fe nachgegangen würde. Denn die Statik des Meeresauftriebs im großen und ganzen wird auch ihre Respiratorik im kleinen und einzelnen, bei welcher ich das Fe für mittätig halte, nicht entbehren.

Allgemeinheit der Erscheinung. Ausnahmen.

Noch ausstehendes Beweis- und Vergleichs-Material.

Es kommt hier in erster Linie und letztem Grunde darauf an, zu erweisen, ob diejenigen Res.-Erscheinungen, die für eine physio-

⁶⁷⁾ Bei ca. 70 frisch untersuchten Exemplaren von *Macromysis flexuosa* (der sogen. Ködergarnele) aus dem Berliner Aquarium war nichts von typischer Res. zu finden, wie ich es nicht anders erwartet hatte. Merkwürdigerweise traten bei einer Anzahl davon schwache Fe-Oxydul-Reaktionen auf.

chemische Mitarbeit des Fe bei der Atmung in weiterem Sinne sprechen, als allgemeines und wirklich bestehendes Prinzip anzuerkennen sind; ob unter den tausendfältigen Einzelfällen verschiedenartigster Res. sie gerade als das bedeutsamste und entscheidende Moment der Fe-Verwertung im Organismus zu gelten haben, sozusagen als der nutzbringende Endzweck dieses Stoffwechsel-Aktes. Jene inneren Res. im Zusammenhange mit der Nahrungsaufnahme in die Gewebe des Verdauungsapparates, der Leber usw. sind nicht weiter verwunderlich und schon früher, auch bei Vertebraten, beobachtet; ebenso die Akkumulationen in Zähnen und Borsten ungezwungen mechanisch verständlich. In den Blutwegen und deren Zellelementen war auch bei niederen Tieren die Gegenwart des Fe bekannt — freilich ohne rechte Erklärung, weshalb es da ist. Das Auffällige und Charakteristische aber sind die hier nachgewiesenen, mehr äußeren (und doch den Gewebeelementen durchaus innewohnenden!) Res. in den Haut-Integumenten und „Cutikeln, Körperanhängen, wie Cirren, Tentakeln, Ambulacren und besonders den eigentlichen Atmungsorganen selbst.

Davon, daß es sich hier — selbst in Fällen frappant starker, scheinbar übermäßiger Fe-Res. (bei den ausgesprochen Siderophilen) — um ausnahmsweise Kuriosa oder etwa pathologische Abnormitäten handle, kann nicht die Rede sein. Diese Erscheinungen sind doch zu allgemein verbreitet und umfassend, schon nach den bisher vorliegenden Ergebnissen. Das Ganze kommt schließlich auf ein Plus oder Minus, eine Additions- bzw. Subtraktionsrechnung hinaus und damit auf eine weitschichtige Statistik. Je mehr Einzelzeugnisse beigebracht werden, die für die Richtigkeit der hier zusammengetragenen Beobachtungen und der von mir vertretenen Auffassung derselben sprechen, desto besser für die Sache; je mehr Ausnahmen, desto mißlicher

Es ist nun nicht zu leugnen, daß solche Ausnahmen sich immer und immer wieder finden. Eklatante Fälle derart, wo ich sie nicht erwartete, machten mich zuweilen geradezu stutzig und schwankend. So, wenn ich bei frisch zerlegten Holothurien und Cucumarien die Wasserlungen gänzlich Fe-frei fand oder sogar bei manchen Crustaceen und Conchiferen keine Spur von Fe in den Kiemen, bei Echiniden kein solches in den Ambulacren, bei Cirripedien in den Rankenfüßen, bei Tubicolen im Tentakeltrichter, wo ich auf positive Resultate gezählt hatte. Nicht nur individuelle, auch spezielle und generelle Ausnahmen kommen vor; gewisse ganze Gruppen schienen bisweilen direkt siderophob zu sein.⁶⁸⁾ Dann stellten sich aber auch wieder individuelle Fälle vom Gegenteil ein, oder Fe-Res. war wohl vorhanden, aber in anderen Organen, als ich vermutete, wie bei den Cirripedien in Darm

⁶⁸⁾ Ich betone nochmals, daß es sich hier nur um wasserlebige Evertebraten handelt; Vertebraten und landlebige Arthropoden (Tracheaten) sind bei dieser Betrachtung eo ipso ausgeschlossen.

und Leber, bei dem Phyllopoden *Branchipus*, wo die Kiemen freieren waren, in den Eierstöcken. Oft weichen nahestehende Verwandte von der Regel ab, wie z. B. der Flußkrebis niemals wirkliche Kiemenres. aufzuweisen hatte, die den marinen Dekapoden in so hervorragendem Maße eigen ist.

Die alte Redensart, daß die Ausnahme die Regel bestätige, soll uns hier keineswegs beruhigen. Man könnte an eine physiochemische Anpassung denken, bis zu einem gewissen Grade variabel je nach Konstitution, Inklination oder lokalen Verhältnissen, hier mehr, dort weniger eingreifend; fördernd, nutzbringend, aber nicht in allen Fällen unbedingt notwendig, vielleicht hier durch Vererbung gehäuft, dort reduziert, — eine der physiochemischen Versuchs- und Uebergangsstationen in der Natur. Manche Geschlechter sind dem Gesetze vollständig unterworfen, andere weniger; die allgemeine Neigung dazu ist beim leisesten Anstoße immer vorhanden. Eine Auslese des Stoffes, auf Zweckmäßigkeit begründet, ist doch wohl nicht zu verkennen. Das Fe ist das auserlesene unter den Elementen hier so gut wie im Bluthaematin der Vertebraten aus innerlich chemischen Gründen — trotz des Fe-Mangels im Meerwasser; oder vielleicht gerade deshalb? — Es soll dies natürlich keine streng wissenschaftliche Erklärung sein, sondern nur eine vorbehaltliche Ansicht ausdrücken.

Eine recht erhebliche Summe von Beweis- und Kontrollstücken bzw. -Untersuchungen liegt hier bereits vor. Noch viel umfangreicher, geradezu unbegrenzt aber ist das noch brach liegende, mir bisher nicht zugängliche Material besonders an exotischen Formen, das noch der Prüfung harret, zur Bestätigung, andererseits Berichtigung oder gar Widerlegung der hier geltend gemachten Gesichtspunkte, jedenfalls zur Klärung da, wo solche noch wünschenswert erscheint und wo es sich um vielleicht kritische Fragen handelt. Für Beides, pro und contra, werde ich dankbar sein, wenn und wo irgend tüchtigen und gewissenhaften Forschern solches Material in frischem, intaktem Zustande leichter und reichlicher zur Verfügung steht.

Es kämen neben vielen anderen namentlich die im folgenden zusammengestellten Objekte in Betracht:

- Protozoische und andere niedere Organismen, die im Plankton maßgebend;
- Skelett und Grundgewebe gewisser Schwämme (*Hexactinelliden*);
- Actinien und sessile Korallenpolypen, besonders Hornkorallen (*Gorgonia* und dergl.);
- Medusen (Nachprüfung auf Magenhöhle und Ringgefäße);
- Echiniden und Asteriden; Euryale, Crinoiden; möglichst große Holothuriden und Synaptiden;
- Kiemen-Chaetopoden (*Chaetopterus*); kiemenlose Würmer div. Art; Gephyreen; möglichst große tropische Lumbriciden; Turbellarien (*Geoplanarien*); Entozoen;

- von Crustaceen: mögl. große Brachyuren (Kiemen und Atemhöhle);
sogen. Landkrabben; exotische Süßwasser-Astaciden;
pelagische Krebse (Cladoceren); marine Isopoden; Cirripeden;
- Poecilopoden (Abdominalplatten, Kiemen, Eingeweide, Blut).
- Mögl. große Cephalopoden, Gastropoden (Cypraea, div. Opisthobranchiaten), Pteropoden und Conchiferen (Kiemen, Gefäße, Mantel, Siphonen, Laich);
- Brachiopoden;
- von Tunicaten: mögl. große Ascidien, Salpen, Appendicularien; Doliolum; Pyrosoma;
- Verschiedenen Typen Angehörige, bei denen gewisse Organe als respiratorisch noch umstritten gelten;
- von Fischen: Nachprüfung der Zähne div. Teleostier und Selachier, der Hautkörper der letzteren; Petromyzonten und Larven (Kiemen); Leptocardier anderer Meere (Kiemenkorb); Dipneusten (Kiemen und Atemhöhle); Leptocephaliden; Labyrinthfische;
- von Lurchen: Perennibranchiaten und Larven (Zähne, Laich, Lymph- und Bindegewebe); Gymnophionen und Larven (Kiemen, Zähne).

Eisenresorption und Vererbungsprinzip.

Die zielstrebige Zweckmäßigkeit gewisser Fe-Res. scheint mir am besten erwiesen zu werden durch die erbliche Uebertragung solcher. Dieselben werden also schon im Embryonalzustande erworben, wodurch die Sache ontogenetische Bedeutung gewinnt. Ich hatte einige zweifelloste Fälle derart schon früher mitgeteilt,⁶⁹⁾ der Gegenstand ist aber fraglos so wichtig, daß ich hier noch einmal darauf zurückkomme.

Wenn aus dem Kokon geschälte Embryonen von *Tubifex rivulorum* schon in den Borstenanlagen und den Leberdrüsenzellen, also typischen Res.-Zentren, Fe enthalten oder Junge von *Scyllium catulus*, aus der Eihülle gelöst, Fe-Gehalt in den Zahnanlagen und den ossifizierten Hautkörpern zeigen (Fig. 97) oder ganz junge *Limnaea*-Embryonen zwischen den konzentrischen Schichten der ersten Schalenanlage und in den Zellen der Nackendrüse, so sind dies gewiß beachtenswerte Beiträge. Ein weiterer: aus der Bruttasche eines großen, eiertragenden Weibchens von *Oniscus murarius*, das ich längere Zeit in Fe-reicher Erde gehalten hatte, wurden während der Reaktion zahlreiche Embryonen frei; sie alle trugen eine deutliche, wenn auch zarte Fe-Res. in der Umgebung der Pleopodenblätter und in den Luftkiemen selbst, während sie sonst noch gänzlich Fe-frei waren.

Aber das Gesetz macht sich schon im frühen Entwicklungsstadium der Eibildung bemerkbar, worüber ich letzthin einiges mitteilte.⁷⁰⁾

⁶⁹⁾ Abhandlgn. d. Akad. d. W. a. a. O. S. 54. — Naturwissenschaftl. Rundschau IV Nr. 43. 1889: Das Eisen im Körper meerbewohnender Tiere.

⁷⁰⁾ Ges. naturforsch. Freunde. a. a. O.

Unterzieht man frisch abgelegten Schneckenlaich (von *Limnaea* oder *Planorbis*, neuerdings an *L. auricularis* nachgeprüft) mit der nötigen Achtsamkeit der Fe-Reaktion, so wird, abgesehen von der stets Fe-haltigen Laichhülle, der Keimfleck, also der Hauptteil des Bildungsdotters, eines jeden Eies tiefblau, während die Eiweißregion meist davon frei bleibt⁷¹⁾ (Fig. 88). Der allererste Ursprung läßt sich indessen noch weiter zurückverfolgen. Legt man durch die obere Leberwindung des Muttertieres, worin die Zwitterdrüse eingeschlossen, Dünnschnitte, so kann man am Rande derselben die meist außerordentlich stark Fe-haltigen Eizellen erkennen. Noch allgemein interessanter aber wird die Beobachtung dadurch, daß auch im Froschei eine bestimmte, scharf begrenzte Zone des Bildungsdotters auf Fe reagiert.⁷²⁾ Den genaueren entwicklungsgeschichtlichen Verfolg der Sache überlasse ich anderen; es dürften sich dabei noch weitere, vielleicht bedeutsame Einzelheiten herausstellen. Bei den vorhin erwähnten Haifisch-Embryonen wies der kräftige Fe-Gehalt des Dottersackes seinerseits ebenfalls auf die Herkunft jener persistenten Res. hin.

Dafür daß überhaupt der Gesamt-Fe-Gehalt der Jugendzustände ein relativ höherer ist als im entwickelten Organismus, sprechen die schon erwähnten Untersuchungen von Bunge sowie meine eigenen, ein Punkt, den ich bereits früher erörtert habe.⁷³⁾ Larven von *Bufo cinereus* und *Pelobates fuscus* verrieten einen auffälligen Fe-Reichtum in dem dort so stark entwickelten Bindegewebs- und Lymphsysteme vor allem der Haut, aber auch des Darmes, was bei den ausgebildeten Batrachiern nicht mehr statt hat. Eine ähnliche Reduktion ließ sich auch an *Salamandra* feststellen.⁷⁴⁾ Da es sich hier besonders um das lymphgefäßreiche Bindegewebsstroma der Haut handelt, so wird man auf gesteigerte embryonale Respirationstätigkeit schließen. Die eigentlichen Respirationsorgane scheinen übrigens bei erst in Entwicklung begriffenen oder jüngeren Individuen weniger zur Fe-Res. zu neigen. Junge Eledonen hatten z. B. in den Kiemen kaum Spuren davon, wohl aber größere Mengen in dem umgebenden

71) Die gesamte Eimembran habe ich allerdings zuweilen auch Fe-haltig angetroffen.

72) Am hellen ventralen Polende nach meinen früheren Untersuchungen.

73) Humboldt Bd. VIII Heft 9 a. a. O. S. 3 separ. — Sitzungsber. d. Akad. d. W. üb. d. „Proteus“ a. a. O. Taf. Fig. 12. Ebenda über die nahen Beziehungen zwischen Bindegewebs- und Lymph-elementen sowie dieser zur Blutbildung. Es ergab sich hier einer der Punkte, wo der Uebergang des direkt nachweisbaren in das verkappte Bluteisen bei Vertebraten bis zu einer gewissen Grenze zu verfolgen war.

74) Interessante analoge Ergebnisse hat H. Molisch auf pflanzen-embryologischem Gebiete erhalten: Die Pflanze in ihrer Beziehung zum Eisen, Jena 1892.

peritonealen Bindegewebe (Zellelementen sowohl wie Fibrillen) und den angrenzenden Leberschichten.

Daß das Fe auch in den Dienst der Brutpflege tritt, zeigen die schützenden Membranen, oft förmliche Fe-Hüllen, um Eier oder Embryonen von Mollusken (Laichsekret Fig. 88), Crustaceen (Fig. 71) und Würmern (Kokons von Oligochaeten und Hirudineen). Es läßt sich dieses Prinzip bis hinunter zu den Ehippien, Statoblasten und Gemmulae verfolgen.

Allgemein Physiologisches.

Wohl die meisten Physiologen vertreten nach alter Ueberlieferung und mit gewissem Rechte den Standpunkt: alles im Körper physiologisch aktive Fe findet sich, zunächst in Blut- und Lymphbahnen, nur in der verkappten, nicht direkt chemisch nachweisbaren Form, wie eben besonders im Haematin der roten Blutzellen; was sich an direkt (durch FeCyK usw.) nachweisbarem Fe sonst vorfindet, wirkt physiologisch nicht mehr mit, ist etwas schon Verbrauchtes oder noch nicht Verarbeitetes (wie im Darme), ist sozusagen physiochemisch ein toter Körper.

Soweit sich dieser herkömmliche Satz auf Vertebraten, also Rotblütler (einschl. Corpus hominis) — und mit solchen haben ja die meisten Physiologen ausschließlich zu tun erstreckt, muß er wohl im großen und ganzen zu Recht bestehen. Aber wie steht es nun demgegenüber mit den vielfältigen Ergebnissen vorliegender Untersuchung an Evertrebraten, also sogenannten Weißblütlern, wo in hunderten, ja tausenden von Fällen, man kann also sagen, allgemein Fe in molekular unverdecktem Zustande, d. h. den gewöhnlichen Reagenzien zugänglich, in allen möglichen lebenden, physiologisch tätigen Zell- und Gewebeelementen nachgewiesen wurde? Spielt es auch hier in der Leibes- und Lebenstätigkeit dieser ungezählten wasserbewohnenden Tierformen die Rolle des bewußten toten Körpers? — Welches waren doch besonders die Organe, die sich da als gesetzmäßig Fe-führend herausgestellt hatten? Setzen wir voran die hepatischen als sehr allgemeine innere Speicherkammern des Fe von den Vertebraten bis zu den Echinodermen hinunter. Zugegeben, daß das hier abgelagerte Fe sich zunächst physiologisch passiv verhalte, wengleich sein Auftreten innerhalb der Drüsenzellen für die Möglichkeit wenigstens weiterer Res. und Sekretion spricht. Wie aber nun mit dem so wichtigen, geradezu als beherrschend sich aufdrängenden Vorwalten des Fe in den respiratorischen Organen direkter und indirekter Art bei allen diesen Wirbellosen? Wenn es gerade in physiologisch so aktuellen und dauernd unentbehrlichen Körperteilen festliegt, wie in den Kiemen, den Geißelgliedern und Pleopoden (bei Mollusken und Crustaceen), den Parapodien und ganzen Hautschichten (bei Würmern und Tunicaten), den Ambulacren (bei Echinodermen) oder im gesamten plasmatischen Grundgewebe der Schwämme, und zwar in innigster Bindung an die funktionierenden Gewebeelemente, so kann es

da unmöglich nur die Bedeutung einer ab- und ausgestoßenen verbrauchten und damit überflüssigen Masse haben. Würde es an jenen stetig pulsierenden Hebelwerken als solch tote Moles abgeladen, so müßte dies meines Ermessens direkt zu pathologischen Zuständen für den Gesamtorganismus führen. Oder das in entwicklungsfähige Eier und Embryonen übertragene Fe! Kann man da ein bloßes Sediment abgestorbener Substanz annehmen? Und all dieses Fe ist nicht maskiert, wie im Haemoglobin oder im FeCyK selbst, sondern kommt bei richtiger Einwirkung des Reagens auf das frische Gewebe, wie gesagt, sofort als Blau zutage.

Denkbar wäre hier der Einwand: aber dieses Fe befindet sich ja in ungelöstem Zustande. Entgegnung: 1. Auch das Bluteisen ist nicht wirklich gelöst, sondern als Bestandteil eines festflüssigen Albumins in den stabilen Blutzellen und mit diesen im Serum suspendiert. 2. Es spricht nichts dagegen, daß das hier fragwürdige Fe, bei seiner lockeren molekularen Bindung ebenfalls an Eiweißstoffe, ebensogut physiochemisch beweglich sein, d. h. Sauerstoff aufnehmen und abgeben kann.⁷⁵⁾ Aber der Einwurf wäre überhaupt illusorisch: die hier fragliche Fe-Verbindungsform darf gar keine gelöste oder lösliche sein, da sie sonst alsbald dem steten Einflusse des Wassers erliegen würde. Etwas anderes ist es natürlich mit den auch so häufigen sekundären Fe-Einschlüssen in starren Gebilden wie Zähnen, Borsten, Skelettsubstraten, gewissen Schutz- und Hüllmembranen; hier mag man von physiologisch totem Körper sprechen, der nur noch gewissen mechanischen Zwecken zu dienen hat. Oder könnte das Fe in zarten Eihüllen z. B. nicht gleichzeitig doch noch andere Funktion haben? Die Ansicht, daß es sich hier, gerade an solchen Stellen, nur um Abstoßung völlig überflüssigen oder gar überlästigen Fe-Ballastes handle, ist wohl kaum aufrecht zu erhalten.

Mir scheint bei den hier in Frage stehenden Lebensformen (Evertibraten) der Mangel roter Blutkörper, die doch sonst mit Recht als Träger des Fe auch als Vermittler des Sauerstoffs gelten, einen mehr oder minder wirksamen Ersatz zu finden in jener direkteren, ich möchte sagen, roheren und primitiveren Art der Fe-Bindung und -Auswirkung, und zwar unmittelbar eben in den respiratorischen Geweben und Organen; was natürlich die Gegenwart des Fe auch im haematinlosen Blute überhaupt keineswegs ausschließt. Die Form des physiologisch tätigen Fe im Körper der Vertebraten bedeutet eine molekulare Vervollkommnung und Verfeinerung, also auch in dieser Richtung einen bedeutsamen Grad des Fortschritts, die Grenze

⁷⁵⁾ Künstliche Versuche über das Verhalten des Eiweißes gegen Metalloxyde sprechen eher für solche Möglichkeit. Berührt i. d. Abhandlgn. d. Akad. d. W. a. O. S. 55 sowie im vorstehenden I. Kapitel. Ich verweise auch in der hier einschlägigen Oxyd-Oxydulfrage, auf die Schönbein'schen Arbeiten über die beiderlei Eisenoxydstufen als Ozon-Überträger. Vgl. Gorup-Besancz, Physiolog. Chemie, Abschn. „Eisen“

zwischen beiden großen Tierwelten verschärfend, freilich auch hier nicht ohne Uebergänge. Auf den untersten Stufen, bei Coelenteraten, Poriferen und Protozoen, fällt der Akt der Blutvermittlung überhaupt ganz fort. Der Sauerstoffzufuhr bedürfen diese Niedrigen aber ebenso gut, und das Fe spielt auch schon bei ihnen seine Rolle — trotz des Blutmangels!⁷⁶⁾ Die Chylaquosa der Wassersysteme sind eventuell dabei förderlich.

Jener einfacheren, zugänglicheren Art physiochemischer Fe-Funktion entspricht auch die nur mehr oberflächliche (externe) Respiration der wasseratmenden Evertebraten im Gegensatz zu der mehr abgeschlossenen (internen) der Vertebraten, speziell der Luftatmer. Die Fische, als kiemenatmende Rotblütler mit halbfreiliegenden Atmungsorganen bilden in gewisser Hinsicht eine Art Uebergangsstufe. Die typische Kiemen-Res. vieler Evertebraten findet sich nicht bei ihnen, nach dem soeben Gesagten aus begreiflichen Gründen. Aber die Leptocardier, Cyclostomen und vielleicht einige Plagiostomen machen jenen Uebergang in bezug auf Fe-Res. deutlicher.

Eine jüngst gemachte Beobachtung erscheint mir hier, auch genetisch, bedeutsam. Lamperta-Larven von *Petromyzon fluviatilis* (aus Ostpreußen, jung konserviert im Zoolog. Museum) zeigen eine starke und scharf markierte Fe-Res. der Kiemenfurche nebst Atemöffnungen. Schon zur Cyclostomaform entwickelte Junge von *P. Hattai* (Japan) zeigen dieselbe Erscheinung, aber schon merklich schwächer. Vollentwickelten Petromyzonten (*P. marinus*, *fluviatilis*, *japonicus*) fehlt sie ganz. Also: im Atemorgane der noch weißblütigen (haematinlosen) Jugendform herrscht das nachweisbare Fe vor, bei einem Uebergangsstadium, wo offenbar schon das Haematinblut in Bildung begriffen, tritt dieses Fe zurück, beim entwickelten Tiere, das vollkommen rotblütig, fehlt es als solches.

Ein Seitenstück dazu scheinen die haematinlosen *Leptocephaliden* (Murenidenlarven) zu bilden. Sie würden die Reihe der Pelagischen vermehren. Zwei *Tilurus curvirostris* (Mittel-Atlantik, Dtsch. Südpolar-Exped.) ergaben neben schwacher Kiemen-Res. eine äußerst feinspurige allgemeine Res. der Haut- und Bindegewebe; diese glashellen Objekte bieten dadurch ein ungemein zartfarbiges Bild. (Vorläufige Mitteilung. Nachprüfungen wären sehr wichtig und erwünscht.)

⁷⁶⁾ Vorläufig und unverbindlich möchte ich mich der Ansicht zuneigen, daß das komplexionale Fe den untersten Stufen: Protozoen, Poriferen, Coelenteraten (und event. Turbellarien) überhaupt noch fehlt, dann, allmählich im Maßstabe der Blutbildung sich steigend, einsetzt bei Echinodermen, Würmern, Arthropoden, Mollusken, Tunicaten, um schließlich zu dominieren bei den Vertebraten — mit dem Auftreten der roten Blutzellen. Um die Grenzen nach unten genauer zu erkennen, müßten besonders noch Medusen, Turbellarien und entozoische Würmer näher untersucht werden.

Lassen wir die Entscheidung darüber offen, ob die hier ausgesprochene Anschauung der Sache annehmbar und haltbar ist. Jedenfalls bleibt die Tatsache bestehen, daß jenes frei-ionale Fe in den fraglichen Organen irgend eine respiratorische Beziehung haben muß, als Besonderheit der Evertebraten, da es den haematinblütigen Fischkiemen fehlt.

Mit alledem hängt nun offenbar auch die Tatsache zusammen, daß das hier geltend gemachte Res.-Gesetz ausschließlich Wassertiere betrifft, wobei allerdings gewisse Feuchtigkeitsbewohner, wie Landschnecken, Landasseln, eventuell Landkrabben, sowie erdbewohnende Würmer bis zu gewissem Grade mit einbegriffen sind.⁷⁷⁾ Das Wasser als zuführendes und besonders lösendes Agens ist also unverkennbare Vorbedingung auch bei diesen Stoffwechselprozessen innerhalb des niederen Tierlebens. Die Möglichkeit eines noch anderweitig hier bestehenden Zusammenhanges ist im Eingangskapitel berührt worden.

Uebrigens mögen hier noch einmal gewisse Fälle betont werden, wo auch bei Vertebraten physiologisch aktives Fe direkt chemisch nachweisbar war: im lymphgefäßreichen Bindegewebe der Batrachierlarven und im Bildungsdotter des Froschlaiches, wobei das Embryonalstadium charakteristisch, ebenso wie auch bei jenen Fischlarven.

Aus einzelnen Angaben der vorstehenden Sonderkapitel samt zugehörigen Figuren (Fig. 84, 79, 75, 47, 41, 32b) ist zu ersehen, daß in gewissen Fällen bei Mollusken, Krebsen, Würmern, sogar Holothuriden der Inhalt blutführender Hohlräume bzw. das Blut selbst als Fe-haltig chemisch und mikroskopisch direkt nachweisbar war. Die Gegenwart des Fe auch im Blute von Evertebraten an sich war schon längst beobachtet und von mir in früheren Arbeiten erwähnt worden.⁷⁸⁾ Es fragt sich, in welchem Status sich das Fe in diesem Blute befindet, dem doch Erythrocyten und Haematin gemeinhin fehlen. Die auffallenderweise rote Blutflüssigkeit — deren Farbe indessen mit dem Fe direkt nichts zu tun hat — gewisser Würmer und Schnecken wirft ein immerhin eigenartiges Licht darauf. Das für sich frisch geprüfte Blut von *Lumbricus*, *Planorbis* und (neuerdings wieder) von *Arenicola* ergab unmittelbar keine Fe-Reaktion weder auf Ferri- noch Ferro-Verbindungen. Wohl aber zeigten manche

⁷⁷⁾ Inwieweit wasserbewohnende Insekten sowie Larven solcher ebenfalls in Frage kommen, habe ich trotz mancher Bemühung noch nicht mit Sicherheit feststellen können.

⁷⁸⁾ Ich verweise hier auf das schon im einleitenden Abschnitte über Würmer Bemerkte. — Weiterhin wurde Fe gefunden im Blute von Cephalopoden, *Helix*, *Limulus*, *Astacus*, Haematin in Einzelfällen bei Chaetopoden wie Regenwurm, Capitelliden, *Glycera*, Serpuliden, auch bei Crustaceen und Mollusken. Auffälliger ist, daß, wenn auch gewiß nur ganz ausnahmsweise, rote Blutkörper beobachtet wurden bei Würmern (*Dujardinia*, *Sipunculus*), Mollusken (*Arca*, *Planorbis*), Tunicaten (*Phalusia*).

der betreffenden Präparate nach der Reaktion alsbald Bläuung der Gefäßlumina oder gar sofortiges Reagieren wie bei Lumbriculus, Clepsine sowie bei Cephalopoden. Auch in den Kiemen von Würmern (*Arenicola* Fig. 35), Crustaceen (*Maja* Fig. 52), *Limulus* (Fig. 54b) und Mollusken (*Patella* Fig. 75) ließ sich ein ziemlich schnelles Uebergehen des zunächst unbemerkbaren Bluteisens — und zwar wohl wesentlich des in den Leukocyten enthaltenen — in das reaktionsfähige Kiemeneisen feststellen. Dieses schon in Abschnitt I angedeutete Verhalten scheint mir nicht belanglos zu sein. Die Art der molekularen Fe-Bindung in den Blutelementen besonders bei Cephalopoden, manchen Gastropoden und Annulaten, denselben Formen also, denen die verhältnismäßig vollkommensten Ader- und Zirkulationssysteme nächst den Vertebraten zuzuschreiben sind⁷⁹⁾, spielt danach gewissermaßen eine vermittelnde Rolle zwischen dem absolut verkappten und dem frei reagierenden Fe im Tierkörper; ein Zustand der Labilität zwischen beiden. Die oft rote Farbe dieser Blutflüssigkeiten, wenn sie auch mit den dort vorhandenen Blutzellen nichts zu schaffen hat, bietet immerhin einen weiter anregenden Hinweis auf das Vertebratenblut.

Zur „Nucleusfrage“.

Herr Professor Quincke in Kiel wies auf vermutlich vorliegende Täuschungen bei Beobachtung von Fe-Gegenwart in tierischen Zellkernen hin und bezweifelte dabei auch, wenigstens teilweise, die Richtigkeit der von mir mitgeteilten diesbezüglichen Resultate⁸⁰⁾. Diese Skepsis und Mahnung zur Vorsicht der Nucleus-Resorption gegenüber, zumal bei Anwendung der FeCyK-Probe, halte auch ich für durchaus gerechtfertigt, was daraus hervorgeht, daß ich selbst schon vor Herrn Quincke solche Bedenken geäußert habe, nämlich in den Mitteilungen der Zoologischen Station zu Neapel vom Jahre 1895⁸¹⁾, worauf ich hiermit verweise. Auch der Polemik Macallum-Gilson habe ich dort unter entsprechender Quellenangabe gedacht, von denen der erstere für Kern-Resorption eintrat, der letztere sie wenigstens als allgemeine Erscheinung verneinte.

Wie leicht der Unbefangene bei oberflächlichem Hinsehen meinen kann, prächtige Kern-Resorptionen vor sich zu haben, wo keine sind, verrät vielleicht ein kurzer Blick auf die Fig. 39 oder 77 oder noch andere der vorliegenden Bilder, wo die Entscheidung in der Tat schwierig erscheint. Man hat zu bedenken, daß das Berlinerblau, dieses so scharfe Indizium für jede Spur von Eisenoxyd, ein Niederschlag ist, also in mehr oder minder feinen Körnchen zur Ausscheidung kommt, die sich oft sehr gleichmäßig in und um Zellen verteilen und zu Irrtümern führen können, freilich wohl nur vorüber-

⁷⁹⁾ Vgl. Leydig Lehrb. d. Histologie. S. 436 f.

⁸⁰⁾ Arch für experim. Pathologie u. Pharmakol. Bd. XXXVII Taf. III
IV H. Quincke, Ueber direkte Eisenreaktion in tierischen Geweben

⁸¹⁾ a. a. O.

gehenden. Viel größere Gefahr droht aus Selbstzersetzungen des Reagens Fe Cy K, das doch schon (verkapptes) Fe enthält. Dieses Fe nun, wenn es durch chemische Einflüsse (zu starke Säurewirkung, gewisse Härtings- oder Konservierungsmittel) ausgeschieden wird, kann, zuweilen durch ganze Gewebe, in die Kerne eindringen und nachträglich künstliche Kernblaufärbung bewirken, also eine Pseudo-Resorption vortäuschen. Ich habe beobachtet, daß in konserviertem Materiale Kernresorptionen in der Tat häufiger und leichter auftreten als in frischem; in solchem Falle würde ich sie nie als Tatsache hinnehmen, wenn nicht auch übereinstimmend am frischen Objekte festgestellt.⁸²⁾ So traf ich z. B. in fünf Planktonproben aus der Kieler Bucht (in Alkohol konserviert) sämtliche Ceratien nach der Reaktion mit Fe-haltigen Kernen an, was entschieden Vorspiegelung falscher Tatsachen war. Ich gebe gern zu, daß ich mich in meinen ersten Arbeiten, als ich der Methodik noch nicht sicher und solchen Fehlerquellen gegenüber arglos war, hier und da bei Beurteilung von Kern-Resorption getäuscht haben mag.⁸³⁾ Quincke, der nur meine älteren Veröffentlichungen gekannt zu haben scheint, nicht aber meine Neapolitanischen Arbeiten, hätte also insoweit ganz recht.

Aber nun ein anderer Punkt: Das von mir untersuchte reiche Material an Evertebraten — vorwiegend mariner, aber auch binnenländischer Herkunft — hat gelehrt, daß hier sehr wohl und recht häufig natürliche Kern-Res. in einwandfreier Form vorkommen. Quinckes Untersuchungen erstrecken sich, wie ich aus den abgebildeten Schnittpräparaten ersehe, nur auf Vertebraten, also Rotblütler⁸⁴⁾, und da scheinen wir wieder auf die bewußte Divergenz in der physiologischen Fe-Verwertung auf Grund verschiedener Blutbildung zwischen Wirbeltieren und Wirbellosen zu stoßen. Bei den ersteren herrscht das physiologisch aktive Fe, vorwiegend in Blut- und Lymphonelementen, in verkappter, nicht direkt nachweisbarer Form vor, sonst nur als nicht mehr aktive Ausscheidung; und als solche, meine ich, vermag es im lebendigen Zellkerne nicht zu funktionieren, ja kaum dort einzudringen. Bei den Evertebraten dagegen ist es offenbar in vielen Organen und Geweben auch in direkt nachweisbarer Form aktiv und damit der Kern-Res. zugänglich. Es fällt demnach die „Nucleusfrage“ teilweise mit der „Totenkörperfrage“ zusammen. Deshalb glaube ich auch ganz gern, daß Quincke in den Geweben

⁸²⁾ Es soll dies aber nicht etwa heißen, daß Fe-Res., auch feinere, in konserviertem Materiale überhaupt trügerisch seien; nur die angedeutete Vorsicht und Kontrolle ist geboten.

⁸³⁾ Auch in meiner Arbeit über den Proteus (Sitzungsber. d. Akad. d. W. a. O.) handelt es sich wohl zum Teil um Kern-Nachfärbungen infolge Konservierung.

⁸⁴⁾ Ich glaube nicht, daß Prof. Quincke auch nur eine meiner Reaktionen an niederen Tieren nachgeprüft hat. In Neapel sind, wie ich weiß, manche davon nachgeprüft worden und nicht beanstandet.

von Rotblütlern direkt nachweisbar Fe-haltige Zellkerne wenig oder gar nicht gefunden hat.

Meinerseits muß ich auch an dem, was ich einst in der Zeitschrift der Neapolitanischen Station über das spezielle Verhalten des Kerngerüsts (Nucleolus) zur Fe-Aufnahme bei *Clavellina* und *Ciona* (mit Hilfe von Doppelfärbung) mitgeteilt habe, vorläufig festhalten. Jene Arbeiten wurden zunächst an frischem Materiale (von sehr feinen Tunicaschichten) ausgeführt, und die Professoren Eisig und Mayer, die dieser Sache sehr kritisch gegenüberstanden, überzeugten sich auf frischer Tat von der Richtigkeit. Schnitte und konservierte Präparate bestätigten dann fernerhin den Befund.

Es sol. durchaus nicht behauptet werden, daß Zellkerne — eines bestimmten Gewebes oder einer bestimmten Tierform — immer Fe-haltig sein müßten; sie können es im Einzelfalle sein, oft nur teilweise, vielleicht nur zeitweise. Es würde dies den steten Bewegungen und Verschiebungen im allgemeinen Stoffwechsel auch der feineren Gewebeteile vollkommen entsprechen. Die Res.-Stadien innerhalb der Zellen (desselben Gewebes) können dabei sehr verschieden sein, zuweilen dicht nebeneinander: körnige Plasma-Res., den Kern verdeckend, der aber frei sein kann; oder, wenn auch wohl seltener, deutlich nur Kern-Res.; oder oft beides zugleich (vgl. Fig. 26 b bei *Cerebratulus*). Künstlich nachträgliche Carmin- oder Anilinfärbungen geben hier häufig Aufklärung.

Methodisches.

Zu dem schon früher Bemerkten über die Behandlungsweise der auf Fe-Res. zu prüfenden Objekte⁸⁵⁾ will ich noch folgendes fügen.

Beim Auswässern besonders kleinerer und zarterer Präparate (nach der Salzsäure-Einwirkung) läßt die Blaufärbung der Reaktion zuweilen ziemlich schnell nach bis zum völligen Schwinden wohl infolge Bildung schwach alkalischer Zersetzungsprodukte aus den Körpern selbst. Aus demselben Grunde mögen auch Weingeistpräparate, die sich aber im allgemeinen recht gut und lange halten, bei sehr langer Konservierung ausblassen. In beiden Fällen wird gewöhnlich die Färbung, lokal unverändert, durch Zusatz einer Spur von Salzsäure wieder hervorgerufen. Eines der großen Exemplare von *Squilla mantis*, an denen ich zuerst die Kiemen- und Pleopodenreaktion in Neapel demonstriert hatte, bewahrte in Weingeist ca. 15 Jahre lang das prachtvolle Blau; erst dann half ich mit den betreffenden Reagenzien noch einmal nach, und das Reaktionsbild war wieder das alte.⁸⁶⁾

⁸⁵⁾ Abhandlgn. d. Akad. d. W. a. a. O. S. 58.

⁸⁶⁾ Als ich nach nochmaligem Verblässen vor kurzem wiederum die Reaktion vornahm, trat zwar die Cutikular-Ablagerung auf Antennen, Füßen, Thorax und Abdomen wieder ebenso scharf hervor, aber die zartere Kiemen-Res. nur noch matt, ein Zeichen für eine nunmehr erfolgte teilweise Auslaugung des Fe.

Ich habe beobachtet, daß nach erfolgter Chromsäurehärtung die FeCyK-Reaktion bei einzelnen Objekten (*Amphioxus*, *Lumbricus*, Schneckenlaich) nicht mehr so deutlich zutage trat wie am direkt behandelten Stück; es hatte also Extraktion oder Diffusion durch Verschwemmung des Fe stattgefunden. Es scheinen dies aber Ausnahmen zu sein, die eventuell immer zu vermeiden sind, wenn auf die Chromsäurebehandlung ein sehr gründliches Auswaschen folgt. Man kann dann sehr verdünnte FeCyK-Lösung und Salzsäure hintereinander direkt wirken lassen, nochmals sorgfältig auslaugen, in Alkohol überführen usw. Daß Sublimatpräparate bei Anwendung dieser Fe-Reaktion zu vermeiden sind, hebt auch Quincke mit Recht hervor; desgl. Ueberosmiumsäure. Eine mit letzterem Mittel tetanisierte *Hydra* bekam bei nachfolgender Fe-Reaktion am ganzen Körper dunkelblaue Zellkerne, was gewiß nicht natürlichen Zuständen entsprach.

Meine Fe-Nachweise sind, wie auch die Figuren zeigen, sämtlich mit Hilfe der FeCyK-Reaktion geführt, der auch Kobert und Stender den Vorzug geben. Quincke empfiehlt mehr das Schwefelammonium-Verfahren⁸⁷⁾, das allerdings gewisse Vorzüge hat und auch von Macallum benutzt wurde.⁸⁸⁾ Ein Nachteil dieser Methode, wenigstens für die Eigenart meiner Untersuchungen, besteht darin, daß die so vielfach vorhandenen schwarzen oder braunen Pigmente oft leicht mit dem körnigen Schwefeleisen der Reaktion zu verwechseln sind, während blaue Farbstoffe nur sehr selten vorkommen. Ein solcher Ausnahmefall begegnete mir bei *Apus cancriformis*, dessen eigentümlich blaues Pigment die Klarheit der FeCyK-Reaktion in der Tat beeinträchtigte.

Auf eine möglichenfalls nicht unbedenkliche Fehlerquelle bei Anwendung der FeCyK-Probe weist dankenswerterweise Herr Prof. Dr. Paul Schulze in Berlin hin. Aus FeCyK wird durch Einwirkung von Peroxydaten ($H_2O_2!$) ohne weiteres Berlinerblau ausgeschieden. Der in Atmungsorganen aktivisierte Sauerstoff könnte nun ähnlich wirken und künstliche Fe-Reaktion vortäuschen. Diese Möglichkeit wäre bei respiratorischen Geweben ganz frisch untersuchter Objekte nicht ausgeschlossen, bei konservierten dagegen fiel sie fort. Aber gerade an solchen (von Mollusken, Crustaceen, Schwämmen, Tunicaten) versagte die Fe-Reaktion nur selten. Als indirekter Gegenbeweis widerspricht auch jenem Bedenken das negative Verhalten der Fischkiemen; es müßten dann doch auch diese, und zwar recht markant, die Pseudo-Reaktion zuwege bringen. Immerhin verdient der Einwurf weitere Beachtung für gewisse Fälle.

Noch erwähnen will ich zum Schlusse, daß bei manchen Objekten ein auffällig langsames Eindringen der Reagenzien stattfindet, so daß

⁸⁷⁾ Arch. f. exper. Pathol. Pharmakol. H. Quincke a. O.

⁸⁸⁾ A. B. Macallum On the demonstration of the presence of iron in chromatin by mikrochemical methods. Proc. R. S. London. Vol. 50, 1892, S. 277—286.

dann eine erst nachhaltigere Wirkung die Anwesenheit von Fe allmählich verrät. So besonders bei stark kontraktilem oder auch Schleim absondernden Geweben wie am Körper von Gastropoden, manchen Würmern (*Lumbricus*) oder Actinien. Bei frischen Individuen von *Arenicola piscatorum* ließ sich der Fe-Gehalt des Hautschleimsekretes erst nach zweimal erfolgter Reaktionswirkung feststellen.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Das Fe hat eine viel allgemeinere und bedeutsamere Verbreitung im gesamten Tierreiche, als schlechthin angenommen.

A. Das physiologisch aktive Fe mit respiratorischer Funktion (als Sauerstoffvermittler)

1. Kryptochemisch (komplex-ional) im Blut und anderen zirkulierenden Geweben,
2. Phanochemisch (frei-ional)
 - a) bei Vertebraten nur in embryonalen Geweben (?),
 - b) bei wasserlebigen Evertebraten in den respiratorischen Organen und Geweben.

B. Das physiologisch passive (dissoziierte) Fe (stets phanochemisch)

1. Mit akkumulatorischer Funktion in den hepatischen und anderen Drüsen (Milz, Genitalien). Mit Regenerationsmöglichkeit.
2. Mit mechanischer Funktion
 - a) bei Vertebraten (Kiemenatmern, wasserlebigen) in den Zähnen,
 - b) bei wasserlebigen Evertebraten in Borsten, Membranen, Cutikeln, Skeletteilen.*)

Von stabilen Geweben neigt am stärksten zur Fe-Res. das Bindegewebe (mit Derivaten), am schwächsten Muskel- und Nervengewebe. Nachweisbare Kern-Res. findet sich seltener bei Vertebraten, allgemeiner bei Evertebraten, in stetem Austausch mit Plasma- und Interzellular-Res.

*) Die Darm-Res. als selbstverständliches Anfangsstadium ist hier fortgelassen. Sie würde sich in A 2 einordnen.

Die luftlebigen Evertebraten (Tracheaten) konnten noch nicht mitberücksichtigt werden.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Naturgeschichte](#)

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: [90A_4](#)

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

Artikel/Article: [Verbreitung und Bedeutung des Eisens im animalischen Organismus 1-48](#)