

2. Versuche über die künstliche Erzeugung von Mantelperlen bei Süßwassermuscheln.

Von Dr. Friedrich Alverdes.

(Aus dem Zoologischen Institut Marburg.)

(Mit 12 Figuren.)

eingeg. 18. Juni 1913.

Die Versuche, durch künstliche Mittel Muscheln zur Perlbildung zu veranlassen, sind uralte. Doch ist man darin trotz eifriger Bemühungen bisher zu keinem rechten Resultat gekommen; das einzige, was erreicht wurde, ist die Produktion von sogenannten Halbperlen, wie sie besonders in Japan und China erzeugt werden. Dieselben werden in der Weise gewonnen, daß man Fremdkörper zwischen Schale und Mantel des Tieres bringt; dort werden sie dann im Laufe der Zeit auf der dem Mantel zugekehrten Seite mit Perlmutt überzogen.

Wir haben es bei diesen Bildungen also nicht mit freien Mantelperlen zu tun, sondern mit sogenannten »Schalenconcretionen«. Hierunter versteht man jene halbkugelförmigen oder beuligen Auftreibungen, wie sie sich mehr oder minder häufig auf der Innenseite einer Muschelschale finden; dieselben sind dadurch entstanden, daß ein Fremdkörper oder auch ein kleineres Tier in den Mantelschalenraum eindrang und dann allmählich infolge der Secretion von Schalensubstanz an die Schale angelötet wurde.

Die Erzeugung von freien, im Innern des Mantels gelegenen, kugelförmigen Perlen, wie sie allein eine so bedeutende Wertschätzung im Handel erfahren, ist dagegen bisher ein ungelöstes Problem geblieben.

Mannigfach sind die Vorschläge, die zur Lösung desselben gemacht worden sind. Es wird berichtet, daß Linné einen Weg zur künstlichen Erzeugung derartiger Perlen gefunden und daß er sein Geheimnis für eine ansehnliche Summe verkauft habe. Doch hat man in der Folgezeit nie wieder etwas über diese Angelegenheit gehört, so daß der Verdacht nahe liegt, daß die Anwendung der Linnéschen Methode doch nicht zu dem gewünschten Resultat geführt hat.

v. Heßling glaubte, daß die Einführung von Fremdkörpern ins Mantelparenchym zum Ziel führen müßte, denn nach seiner Ansicht verdankt eine große Anzahl von Perlen seine Entstehung dem Eindringen von Quarzkörnchen oder Pflanzenteilen in den Mantel.

Küchenmeister ging bei seinen Vorschlägen von der Parasitentheorie aus. Nach dieser sollen die Perlen durch die Anwesenheit von Parasiten erzeugt worden sein. Dieselben wären dann stets als Perlkern im Innern der Perlen wiederzufinden. Man hätte also die Muscheln

mit ihren Parasiten zu infizieren, um sie zu einer erhöhten Perlproduktion anzuregen.

Auf eben diesem Wege glaubt Dubois zu einem Resultat gekommen zu sein. Er brachte Muscheln, welche stark mit Parasiten besetzt waren, mit andern zusammen, welche dem Augenschein nach keine solchen beherbergten. Als er die letzteren nach einiger Zeit öffnete, fand er in ihnen eine Anzahl Perlen, und er glaubt, daß dieselben durch das Überwandern der Parasiten von den einen Muscheln zu den andern hervorgerufen seien. Mit Recht macht Jameson darauf aufmerksam, daß ein strikter Beweis, daß die betreffenden Perlen tatsächlich auf die angegebene Weise entstanden wären, durchaus nicht erbracht sei; es wäre denkbar, daß sie schon längst vorhanden waren, ehe der ganze Versuch angesetzt wurde.

Näheres über ältere und neuere die Perlen und Perlenbildung betreffenden Anschauungen findet sich in der vor kurzem (1912) von Korschelt gegebenen Zusammenfassung.

Ich habe ebenfalls versucht, experimentell die Bildung von Perlen hervorzurufen. Im Anschluß an eine Mitteilung (Über Perlen und Perlbildung, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 105, 1913), in welcher ich über die Untersuchung von Perlen verschiedener Süß- und Seewassermuscheln berichtete, habe ich bereits die Vorversuche, welche ich bei *Margaritana margaritifera* L. vornahm, besprochen. Gleichzeitig deutete ich an, in welcher Richtung die Experimente fortgeführt werden sollten. Die vorliegende Arbeit ist also als die Fortsetzung der vorausgegangenen aufzufassen.

Es sei mir auch hier vergönnt, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimrat Prof. Dr. E. Korschelt, und Herrn Privatdozent Dr. W. Harms für die gütige Unterstützung zu danken, welche sie auch diesem Teil meiner Untersuchung angedeihen ließen.

In aller Kürze möchte ich zunächst auf einige Punkte hinweisen, die für das Folgende von Bedeutung sein werden; ausführlich sind dieselben bereits in der früheren Mitteilung behandelt worden.

Mit Pagenstecher, Herdman und Hornell und Dubois fand ich eine große Anzahl von Perlen, in welchen kein irgendwie sich abhebender »Perlkern« vorhanden ist. Ich definierte einen solchen als einen Körper, welcher im Centrum der Perle gelegen ist und nicht aus einer der 4 Schalensubstanzen besteht. Wie gesagt, ist in vielen Fällen kein solcher Kern vorhanden; es lassen sich vielmehr dann die konzentrisch gelagerten Perlschichten bis ins Centrum hinein verfolgen.

Andre Perlen täuschen dadurch das Vorhandensein eines Kernes vor, daß ihr Mittelpunkt von Periostracum eingenommen wird. Dasselbe hebt sich vermöge seiner Farbe und seiner festen Struktur oft sehr

stark von den umgebenden Schichten ab; ich konnte jedoch auf Grund färberischer Reaktionen zeigen, daß es sich in den betreffenden Fällen stets um Periostracum handelt, daß also auch hier Schalensubstanz im Centrum der Perle liegt.

Ein derartiges Verhalten steht im Gegensatz zu der Anschauung der meisten Autoren, welche stets einen Kern im Innern der Perle auf finden wollten, den sie dann für die Bildung der betreffenden Perle verantwortlich machten.

In einer Anzahl von Perlen traf auch ich einen Kern, und zwar zunächst in Form von Gewebsresten, welche offenbar von der Muschel selbst stammten. Ebenso konnte ich die Angaben über das Vorkommen von Parasiten in Perlen bestätigen, indem ich in 2 Fällen in *Unio*-Perlen 1 Milbenei auffand.

Die Versuche, die Bildung einer Perle um einen Parasiten zu erklären, sind mannigfaltig. Ich schloß mich der Ansicht Giards an, welcher sagt, daß in den betreffenden Fällen von dem eindringenden Parasiten ectodermale Zellen ins Mantelparenchym hinein verschleppt worden wären und daß von diesen aus die Bildung des Perlsackes erfolgt sei.

Ich sprach daraufhin die Vermutung aus, daß in erster Linie nicht die Anwesenheit von Fremdkörpern und Parasiten zur Bildung einer Perle erforderlich ist — denn wie ich vorhin ausführte, sind solche bei den meisten Perlen ja gar nicht vorhanden —, sondern daß das Vorhandensein von Ectodermzellen, welche von der äußeren Manteloberfläche ins Innere des Mantels hineingelangten, das Ausschlaggebende sei. Dieselben können durch Eingriffe von außen, z. B. durch die Eiblage oder das Einwandern eines Parasiten oder andre noch gröbere mechanische Insulte dorthin verschleppt sein; auf Verletzungen des Tieres schienen mir die Gewebsteile im Centrum gewisser Perlen hinzudeuten; dieselben wären mit den ectodermalen Zellen zusammen ins Innere des Mantels verlagert und von dem sich bildenden Perlsack eingeschlossen worden und würden so im Verlaufe der Perlbildung ins Innere der Perle zu liegen gekommen sein.

Die Vermutung, daß es äußere Einflüsse waren, die die Perlbildung verursachten, läßt sich mit einer gewissen Bestimmtheit allerdings nur in denjenigen Fällen aussprechen, wo sich im Innern der Perle fremde Bestandteile vorfinden, die eben auf einen äußeren Eingriff hindeuten. Ob die Bildung derjenigen Perlen, welche Schalensubstanz bis ins Centrum hinein zeigen, auch auf solche Ursachen zurückzuführen ist, oder ob einige von ihnen oder ob sie alle einen andern Ursprung genommen haben, konnte ich nicht entscheiden.

Die Frage, ob es möglich ist, daß sich aus grob mechanisch ins

Mantelparenchym verlagerten ectodermalen Zellen ein Perlsack bilden kann, suchte ich experimentell zu lösen.

Ich habe bereits in meiner ersten Mitteilung berichtet, wie ich dabei voring. Als Material für die ersten Versuche diente mir *Margaritana margaritifera* L. aus der Lohr, einem Spessartbache. Die Operation selbst bot keine Schwierigkeit; ich kratzte bei dem zu behandelnden Tier von der äußeren Manteloberfläche Gewebsfetzen mit dem Messer ab, zerpupfte dieselben, falls es nötig war, in einem Schälchen unter Ringerscher Flüssigkeit und injizierte sie dann mit einer Injektionspritze in den Mantelrand. Die betreffende Stelle wurde durch eine Kerbe auf der Schale bezeichnet. Diese Behandlung geschah an Ort und Stelle; nach derselben wurden die Muscheln sofort wieder in den Bach zurückversetzt. Nach 2, 6 und 14 Wochen wurden dann Tiere fixiert, worüber ich bereits früher berichtet habe.

Eine Anzahl von Exemplaren ließ ich jedoch noch länger am Leben und fixierte sie erst 27 Wochen nach der Injektion. Die an ihnen gewonnenen Resultate sollen in der vorliegenden Arbeit ihre Besprechung finden.

Die Secretion von Perlschichten ist hier erheblich fortgeschritten gegenüber derjenigen bei den erstgenannten Exemplaren, was nicht nur darauf zu schieben ist, daß eine längere Zeit zur Verfügung stand. Es muß vielmehr noch der Faktor in Rechnung gezogen werden, daß die Versuche mit den nach kürzerer Zeit fixierten Tieren ausschließlich in die kalte Jahreszeit fielen, während die Abtötung der zuletztgenannten Ende April erfolgte; dieselben erlebten also noch zwei wärmere Monate. Es setzt nämlich nach den Befunden von Raßbach das Wachstum der Muschelschale während der kalten Monate aus, und wenn auch bei meinen Versuchen die Secretion von Schalensubstanz in den künstlich erzeugten Perlsäcken während dieser Zeit nicht völlig stillstand, so ist doch eine Verlangsamung derselben unverkennbar.

Neben diesen Versuchen an *Margaritana* stellte ich auch solche mit *Anodonta cellensis* Schröt. und *Unio pictorum* L. an. Es bot dies zunächst den Vorteil, daß ich mir die auf die Dauer recht unbequemen Reisen nach dem Spessart, dem meines Wissens Marburg am nächsten gelegenen Vorkommen der Perlmuschel, ersparen konnte; anderseits lag mir daran, meine Beobachtungen auch an andern Muschelarten anzustellen.

Ich hielt die Versuchstiere in einer großen, auf der Oberseite mit einem Drahtgitter geschlossenen Kiste, welche in demselben Teiche versenkt war, welchem ich die Tiere entnommen hatte. Injektionen nahm ich zweimal vor, und zwar am 12. März und 28. Mai 1913. Fixiert wurde dann bei der ersten Serie von Muscheln nach 6 und 7 $\frac{1}{2}$ Wochen, bei

der zweiten Serie bereits nach 2, 3 und 5 Tagen. Es liegt mir also für diese Arbeit eine Reihe von Präparaten vor, welche 2, 3 und 5 Tage und 6, $7\frac{1}{2}$ und 27 Wochen nach der Injektion fixiert wurden.

Ich halte mich für berechtigt, die von mir beobachteten Stadien der künstlich hervorgerufenen Perlbildung in Form einer einzigen Entwicklungsreihe anzuordnen, obgleich drei verschiedene Muschelarten zur Beobachtung vorlagen. Denn wie sich herausstellen wird, verlaufen nach der Injektion die Prozesse der Perlsackbildung und Perlsecretion bei den verschiedenen Arten durchaus gleichartig.

Das günstigste Objekt für meine Untersuchungen war *Margaritana*, und zwar aus dem Grunde, weil hier ectodermale und mesodermale Mantelzellen sich dadurch auf den ersten Blick unterscheiden, daß die Kerne der ersteren einen bei Safraninfärbung ungemein deutlichen Nucleolus aufweisen, während ich denselben bei den letzteren stets vermißte. Anders bei *Anodonta*. Hier kann sich gelegentlich auch in den Kernen von Zellen, welche unzweifelhaft dem Mantelparenchym angehören, ein großer Nucleolus finden. In seltenen Fällen traf ich dasselbe Verhalten auch bei *Unio*. Trotzdem glaube ich, niemals den Fehler begangen zu haben, eine ectodermale Zelle mit einer Bindegewebszelle zu verwechseln; denn es bieten sich außerdem noch genügend Kriterien zu ihrer Unterscheidung, insbesondere erscheint das Protoplasma der Epithelzellen stets viel lockerer als das der mesodermalen Zellen.

Bei den an *Unio* und *Anodonta* vorgenommenen Injektionen wich ich ein wenig von der bei *Margaritana* angewandten Methode ab. Wenn ich die Muscheln durch Einklemmen eines Keiles zwischen die Schalenränder zum Klaffen gebracht hatte, so löste ich bei *Margaritana* einen Teil des Mantelrandes von der Schale ab, um dann mit einem Messer Gewebsfetzen von der äußeren Oberfläche desselben abzuschaben. Hierbei ließ es sich oft nicht vermeiden, daß der Mantel in weiterem Umfange, als beabsichtigt war, losgelöst wurde und daß er durch das Kratzen mit dem Messer allzu stark hin und her gezerzt wurde.

Bei *Anodonta* und *Unio* wurde daher schonender vorgegangen. Ich faßte mit der Pinzette von der Innenfläche des Mantels her ein Stückchen der Mantelplatte und riß dasselbe los; dabei entstand zwar im Mantel ein kleines Loch, im übrigen blieb derselbe aber völlig intakt. Wenn ich jetzt das abgelöste Gewebsstück in den Mantelrand injizierte, so gelangten neben Bindegewebe nicht nur Zellen von der äußeren Manteloberfläche in denselben hinein, sondern auch Zellen der inneren Manteloberfläche, also Flimmerzellen. Wir werden auf diese Zellen später zurückzukommen haben.

Bei der Injektion ließ es sich natürlich nicht vermeiden, daß

gelegentlich ein Sandkörnchen oder mikroskopisch kleine Pflanzenreste oder andre Fremdkörper mit in die Wunde hineingerieten. Dieselben fanden sich dann auf den Schnitten frei im Bindegewebe oder aber im Innern der neugebildeten Perlen wieder. Nur die Quarzkörnchen machten sich bereits beim Schneiden unangenehm bemerkbar und mußten jedesmal vorsichtig mit einer Nadel aus dem Block herausgehoben werden.

Auch bei diesem Teil meiner Untersuchung wandte ich jene Färbemethode an, über die ich bereits in meiner ersten Mitteilung berichtete, nämlich eine Doppelfärbung mit Anilinwassersafranin und Blochmanns Anilinblau, letzteres in wässriger oder alkoholischer Lösung. Ich will hier nur noch einmal kurz erwähnen, daß dabei die Kerne leuchtend rot, das Bindegewebe dunkelblau, alle Zellen aber schiefergrau oder, was einen besonders schönen Kontrast gibt, grünlich gefärbt werden. Besonders wichtig war mir die scharfe Differenzierung der Schalenschichten, und zwar zwischen Periostracum und Prismenschicht einerseits und Hypostracum und Perlmutter anderseits; erstere Schichtarten erschienen stets rot gefärbt, die letzteren dagegen blau. Betreffs des Aussehens derartig gefärbter Schnittbilder kann ich auf die der früheren Publikation beigegebenen farbigen Tafeln verweisen. Vorbedingung für das gute Gelingen dieser Doppelfärbung ist eine Fixierung mit Flemmingscher Flüssigkeit.

Mit großer Deutlichkeit läßt es sich in den Präparaten erkennen, daß, wenn der Einstich erfolgt ist, sofort undifferenzierte Wanderzellen herankommen, um die Wunde zu schließen. Man sieht, wie sie sich auf dem stehengebliebenen Bindegewebe niederlassen und ihrerseits beginnen, Bindegewebsfibrillen auszusecheiden. Auf diese Weise wird für weitere Zellen die Möglichkeit zur Ansiedlung geschaffen und allmählich der durch die Injektion entstandene Hohlraum immer enger, bis er völlig geschlossen ist. Woher die erwähnten undifferenzierten Zellen stammen und wie im einzelnen die Bildung der Bindegewebsfibrillen vor sich geht, dies zu untersuchen kann hier nicht meine Aufgabe sein. Der ganze Prozeß interessiert nur insoweit, als dadurch das injizierte Bindegewebe sehr rasch in seiner neuen Umgebung zur Einheilung gebracht wird.

Man könnte meinen, daß dasselbe mit der Zeit der Kontrolle des Beobachters dadurch entzogen wurde, daß es allmählich mit dem übrigen Mantelparenchym zu einem homogenen Gewebe verwächst, so daß sich schließlich nicht mehr unterscheiden ließe, was autochthone, was injizierte und was neugebildete Bestandteile sind.

Das ist aber durchaus nicht der Fall. Auf den ersten Blick hebt sich das injizierte Gewebe durch einen scharfen dunklen Rand von

seiner Umgebung ab (Fig. 1, 3—6, 9, 12). Derselbe wird durch eine Bindegewebsverdichtung gebildet, welcher vor der Injektion die Mantel-epithelien aufgesessen haben. Dieselbe hat wohl nicht allein die Funktion gehabt, diesen Zellen eine Unterlage zu bieten; da es sich vielmehr um die äußerste Schicht des Mantelparenchyms handelt, so dient sie wohl gleichzeitig dem Schutz und Zusammenhalt des ganzen Mantels. Die besprochene Struktur ist in Fig. 3, 6, 9, in denen Übersichtsbilder durch größere Partien des Mantels zur Darstellung kamen, deutlich zu erkennen. Sie tritt besonders bei der Safranin-Anilinblaufärbung hervor, denn das Anilinblau ist ein sehr kräftiger, stark deckender Farbstoff, dessen Anwendung zum Studium histologischer Details vielleicht nicht so geeignet ist, der aber zur Schaffung übersichtlicher Gesamtbilder sehr gute Dienste leistet. Bei andern von mir probierten Färbungen ist die erwähnte, an der inneren und äußeren Manteloberfläche verlaufende Bindegewebsplatte nie so deutlich zu erkennen; oft tritt dieselbe sogar überhaupt nicht hervor.

Auch dadurch kann das transplantierte Gewebe von seiner Umgebung sich abheben, daß bei der Fixierung geringe Schrumpfung eintreten. Dabei entsteht um dasselbe ein schmaler Spalt, denn das junge Bindegewebe hat besonders in der ersten Zeit noch nicht einen allen Einflüssen Trotz bietenden Zusammenhalt schaffen können.

Wie verhalten sich nun die mit dem Bindegewebe ins Mantelinnere hineingelangten Epithelien? Wir sehen, daß sowohl solches von der äußeren Manteloberfläche, also Schalensubstanz produzierendes, wie solches von der inneren Manteloberfläche, also mit Flimmern versehenes, injiziert wurde.

Meist kamen dieselben dabei so zu liegen, daß sie mit ihrer freien Oberfläche an Bindegewebe gepreßt wurden; dann gingen sie sehr bald zugrunde. In glücklicheren Fällen aber, wenn sie an einen Hohlraum gerieten, wie er, mehr oder minder groß, bei der Operation leicht in dem schwammigen Mantelgewebe entstehen kann, dann blieben sie am Leben. So ist fast bei jedem Versuch ein wenig Epithel der Vernichtung entgangen, und zwar handelt es sich dabei zumeist um Zellen von der äußeren Manteloberfläche, in einigen Fällen aber um Flimmerzellen. Nur selten sind bei einem Versuch sämtliche Epithelien zugrunde gegangen.

Daß aus den überlebenden Epithelzellen sich Cysten bilden, habe ich bereits in meiner ersten Arbeit kurz erwähnt. Hier soll im folgenden auf die dabei sich abspielenden Vorgänge näher eingegangen werden.

Der der Vernichtung entronnene Epithelbezirk stößt an seiner Peripherie überall an freies, unüberkleidetes Bindegewebe, welches die Wände eben des Hohlraumes ausmacht, durch dessen Vorhandensein

das betreffende Epithel am Leben blieb. Wir müssen annehmen, daß das Epithel unter solchen Umständen den Anreiz empfängt, die ihm dargebotene Wundfläche zu überkleiden (Fig. 1a und b). Und zwar wird es das Bestreben haben, sich so lange auf dem Bindegewebe auszubreiten, bis eine jede Epithelzelle seitlich an eine andre ihresgleichen anstößt, bis also der ganze Hohlraum mit Epithel verkleidet ist. Nach Beendigung ihrer Ausbreitung sind die Zellen dann mit der Basis nach

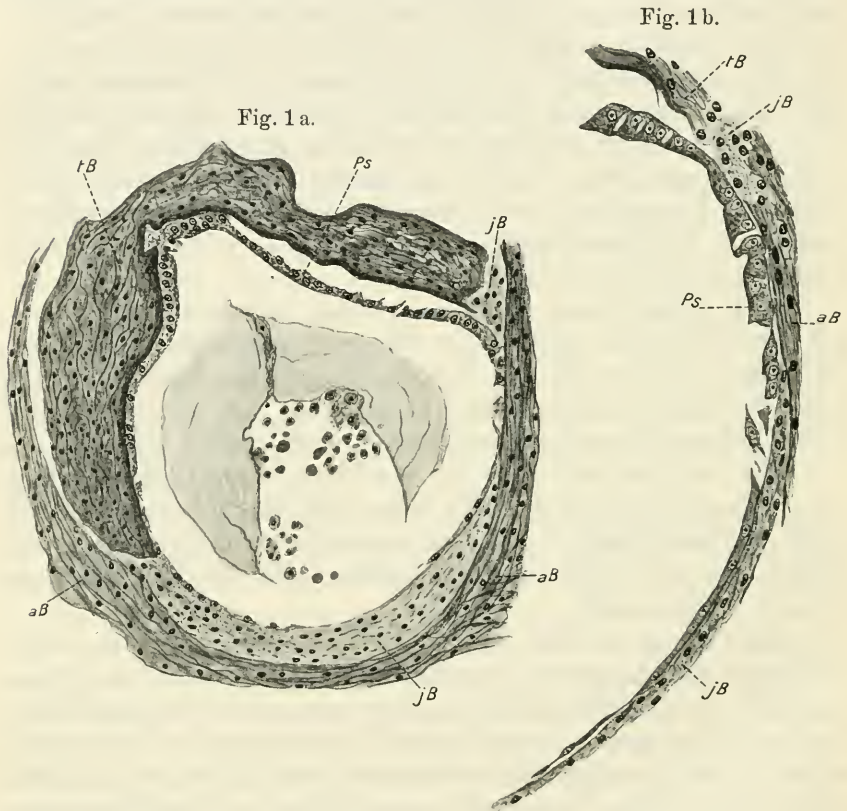


Fig. 1a. *Anodonta*. 5 Tage nach der Injektion. 5μ . $120\times$. Im Entstehen begriffener Perlsack. Das injizierte Bindegewebe ist kenntlich an dem dunklen Randsaum. Das ihm aufsitzende Epithel ist im Begriff sich über die Wand des Hohlraumes im Mantelparenchym auszubreiten. Soweit sich dasselbe bereits erstreckt, ist Secretion von Perlmutter erfolgt. Im Innern der sich bildenden Perle mesodermale Wanderzellen und Gewebsreste. *tB*, transplantiertes, *jB*, junges, *aB*, autochthones Bindegewebe; *Ps*, Perlsackepithel.

Fig. 1b. Dasselbe vergrößert, auf einem andern Schnitt. $300\times$.

außen und mit der freien Oberfläche nach innen gerichtet; wenn also eine Secretion stattfindet, kann dieselbe immer nur nach innen erfolgen.

Nicht nur alte Bindesubstanz wird von den Epithelzellen überzogen,

sondern auch junge Bindegewebszellen, welche herangewandert waren, um die Lücke auszufüllen. Es ist also letzten Endes das Bestreben von Epithel und Bindegewebe ein entgegengesetztes; letzteres sucht den Hohlraum zu beseitigen, während das Verhalten des Epithels die Erhaltung desselben ergibt.

Wir müssen in dem soeben geschilderten Bestreben der Zellen, sich auszubreiten, etwas durchaus Normales erblicken, denn nichts anderes spielt sich ab, wenn das Epithel eine Wunde auf der Manteloberfläche überzieht. Auch hier suchen die Zellen das freiliegende Bindegewebe in seiner ganzen Ausdehnung zu überdecken.

Nun ist der im Mantelparenchym vorhandene Hohlraum bald kleiner und bald größer, bald von runder und bald von ganz unregel-

Fig. 2.



Fig. 3.

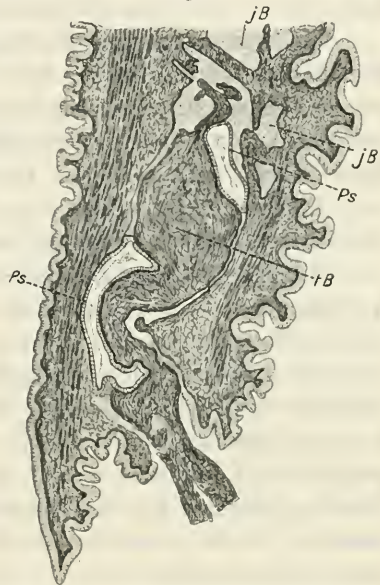


Fig. 2. *Margaritana*. 27 Wochen nach der Injektion. Aus mehreren Schnitten kombiniert. $40\times$. Sehr unregelmäßig gestaltete Perle. Im Innern derselben Gewebsreste.
Fig. 3. *Margaritana*. 2 Wochen nach der Injektion. 5μ . $40\times$. Übersichtsbild des Mantelrandes. Ein großer Gewebspfropf ist injiziert worden. Von demselben aus haben sich zwei epitheliale Cysten gebildet; junges, heller gefärbtes Bindegewebe hat die Lücken im Mantelparenchym verschlossen.

mäßiger Gestalt. Danach richtet sich dann natürlich die Form der entstehenden Cyste und auch die der später entstehenden Perle (Fig. 2).

Findet sich in dem betreffenden Hohlraum zufällig irgend ein mitgeführter Fremdkörper, so wird derselbe selbstverständlich von der sich bildenden Cyste eingeschlossen und gerät später, wenn die Produktion von Schalensubstanz beginnt, in die Perle hinein. Wenn also Perlen mit Fremdkörpern im Innern dargestellt werden, wie es zuletzt von Jameson geschehen ist, so ist durchaus kein Grund anzunehmen, daß dieser Beobachtung ein Irrtum zugrunde liegt.

Zur Veranschaulichung der bisher geschilderten Verhältnisse soll die Fig. 3 dienen. Dieselbe zeigt, wie ein in diesem Falle sehr großer Bindegewebspfropf in den Mantel injiziert wurde. Wenn derselbe kleiner gewesen wäre, so wäre er völlig ins Innere des Mantels zu liegen gekommen, so aber ragt er zum Teil noch über die Oberfläche desselben heraus. Junge Bindegewebszellen, kenntlich an der hellen Färbung ihres Plasmas und den stark sich abhebenden Kernen, sind herangewandert, um die bei der Injektion entstandenen Lücken zu schließen; sie haben aber nicht hindern können, daß sich von dem mit dem Bindegewebe injizierten Epithel aus zwei Cysten gebildet haben, in denen bereits ein wenig Perlmuttersubstanz sezerniert ist.

Wie breiten sich nun die Epithelzellen auf dem Bindegewebe aus? Man könnte daran denken, daß sie sich so lange durch Teilungen vermehren, bis sie die ganze Bindegewebsfläche bedecken. Von einer Anzahl von Autoren sind speziell über diesen Punkt, die Ausbreitung von Epithel auf bindegewebiger Grundlage, Untersuchungen angestellt worden, und sie kommen zu einem andern Resultat. Es wird von ihnen eine aktive »Epithelbewegung« angenommen.

Die letztgenannte Bezeichnung stammt von Oppel, auf dessen Ausführungen ich hier ganz kurz eingehen will. Im Explantat studierte er diese Bewegung an der Cornea verschiedener Säuger. Er ging dabei so vor, daß er eine jede Hornhaut zuvor halbierte und dann jede Hälfte teilweise vom Epithel befreite. Binnen wenigen Stunden begann eine Regeneration des Epithels, und zwar ging dieselbe von den stehengebliebenen Epithelresten aus, indem Zellen aktiv auf die entblößten Hornhautlamellen überwanderten. Sie veränderten dabei ihre Gestalt insofern, als sie, je weiter sie sich von ihrem alten Platz entfernten, desto flacher wurden.

Sehr bemerkenswert ist die Tatsache, daß nicht nur die Oberseite der Cornea, welche normalerweise mit Epithel bekleidet ist, von neuem mit solchem bedeckt wurde, sondern daß sich dasselbe auch auf die bei der Zerteilung der Hornhaut entstandene Schnittfläche ausbreitete. Wir sehen hier also, wie im Mantelparenchym von Lamellibranchiaten, das Bestreben der Epithelzellen, jede ihnen dargebotene Fläche zu überkleiden, ob dieselbe nun normalerweise von ihnen bedeckt wird oder nicht. Mitosen traten bei diesem wandernden Cornealepithel nicht auf, solange es sich noch in Bewegung befand. Dieselben setzten erst dann ein, als die ganze Wundfläche mit Epithel bedeckt war.

Es wäre nun denkbar, daß bei der künstlich hervorgerufenen Perlsackbildung auch eine aktive Epithelbewegung im Spiele ist. Diese Vermutung scheint mir in dem in Fig. 1a und b dargestellten Präparat eine Bestätigung zu finden. Das injizierte Bindegewebe hebt sich vermöge

seines dunkler gefärbten Randsaumes und eines bei der Fixierung entstandenen Spaltes deutlich von seiner Umgebung ab. Dort, wo es an eine bei der Injektion entstandene Höhlung im Mantelparenchym angrenzt, ist es mit hohem Epithel besetzt. Wir sehen nun, wie dieses Epithel das Bestreben zeigt, sich über das ihm zugängliche Bindegewebe auszubreiten, und zwar ist das Präparat gerade in einem Moment fixiert worden, wo dieser Prozeß im vollsten Gange ist.

Es erinnert dies Bild außerordentlich an Oppels Fig. 2, 6, 13 und 14, nur daß wir es dort mit einem mehrschichtigen Epithel zu tun haben, während dasselbe im vorliegenden Falle einschichtig ist. Wir sehen, wie es in unserm Präparat auf das benachbarte Bindegewebe übergegriffen hat und wie es, je weiter es sich von seinem Ausgangspunkt entfernt, immer flacher wird. Dabei ist sowohl altes Bindegewebe wie auch die Masse junger Zellen, welche herangewandert war, den Defekt auszufüllen, gleichmäßig vom Epithel überzogen worden. Ein Zusammenschluß der aufeinander zustrebenden Epithelzellen ist in diesem Fall noch nicht erfolgt.

Soweit nun das Epithel reicht, ist bereits eine Secretion von konzentrischen Perlmutterschichten vor sich gegangen; wo dasselbe fehlt, klafft eine Lücke in der jungen Perle. Es wäre aber sehr bald eine Vervollständigung derselben eingetreten, wenn die Bildung des Perlsackes nicht durch die Fixierung vorzeitig abgebrochen wäre. Was die Höhlung in der Perle erfüllt, sind Wanderzellen; dieselben hätten dann im weiteren Verlauf der Entwicklung den Perlkern abgegeben.

Ich muß noch bemerken, daß der dargestellte, sich mit Perlsackepithel umkleidende Hohlraum im Mantelparenchym nicht völlig kugelförmig ist, wie es nach dem in Fig. 1a abgebildeten Schnitt scheinen könnte, sondern daß derselbe auf andern Schnitten ein paar Blindfortsätze aussendet. Prinzipiell ist es aber natürlich von gar keiner Bedeutung, ob der sich bildende Perlsack regelmäßig oder ob er unregelmäßig gestaltet ist.

Auffallend ist es, wie verschieden lang der Zeitraum sein kann, den die Perlsackbildung beansprucht. Als ich nach 2 Tagen fixierte, waren ein paar sehr kleine Perlsäcke von der in Fig. 4 und 5 abgebildeten Größe bereits fertig. Andererseits hatte bei manchen Tieren die Bewegung des Epithels auch nach 5 Tagen kaum begonnen. Daneben fand ich Exemplare, bei denen am 2., 3. und 5. Tage die Perlsackbildung gerade vor sich ging (Fig. 1). Nach 14 Tagen war dieser Prozeß überall beendet.

Zu bemerken ist, daß, solange der Perlsack in Bildung begriffen ist, sich Mitosen nirgends nachweisen lassen. Erst wenn die Cyste sich allseitig geschlossen hat, setzen dieselben ein, wie ich vielfach beobachten

konnte (Fig. 4). Dies und die auffällige Verflachung der Zellen in dem entstehenden Perlsack dürfte sehr für eine »aktive Bewegung« der Zellen sprechen.

Ich möchte dieselben im Sinne Oppels auffassen als »Massenbewegung« von Epithelzellen, welche »auf die Oberfläche bindegewebiger Flächen beschränkt bleibt« und welche »nicht mit einer Isolierung (absoluten Selbständigkeit) der Zellen einhergeht«, sondern »im Gegenteil zu einer flächenhaften Berührung gleichartiger Zellen führt«.

Ich betone dies deshalb, weil auch Herdman und Hornell von einer aktiven Zellbewegung sprechen, doch soll dieselbe auf eine Art vor sich gehen, welche Oppel »Leucocytenbewegung« nennen würde. Nach diesen Autoren lösen sich Epithelzellen von der Oberfläche des

Fig. 4.

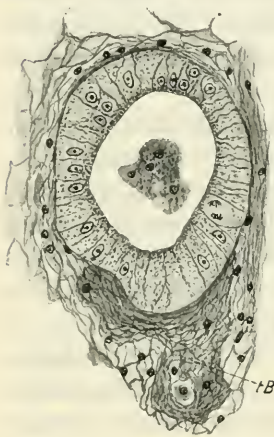


Fig. 5.



Fig. 4. *Unio*. 7½ Wochen nach der Injektion. 5 μ . 220 $\times$. Fertiger Perlsack. Im Innern Gewebsreste. Secretion ist noch nicht erfolgt. Rechts eine Mitose im Epithel. Das injizierte Bindegewebe hebt sich deutlich ab.

Fig. 5. *Unio*. 6 Wochen nach der Injektion. 5 μ . 300 $\times$. Junge Perle. Hier tritt das injizierte Bindegewebe durch einen außerordentlich scharfen Randsaum und eine leichte Schrumpfung sehr deutlich hervor.

Mantels los, um als Wanderzellen sich in die Tiefe zu begeben und sich dort zu einem Perlsack zusammenzuschließen. Daß Epithelzellen eine derartige freie Beweglichkeit erlangen können, halte ich für unmöglich, wie ich das schon in meiner ersten Arbeit ausgesprochen habe.

Bisher war stets nur von solchen Cysten die Rede, welche sich aus den von der äußeren Manteloberfläche stammenden Zellen gebildet hatten. In seltenen Fällen kamen auch solche von Flimmerepithel vor. Eine derartige Cyste ist in Fig. 6 zur Darstellung gebracht. Daß dieselbe durch die Injektion entstanden ist, beweist das bei ihr gelegene

dichtere Bindegewebe, und daß der Prozeß ihrer Bildung noch nicht ganz beendet, zeigen zahlreiche Mitosen (Fig. 7 und 8).

Dieselben sind insofern bemerkenswert, als es sich um Mitosen von Flimmerzellen handelt. Auf histologische Details derselben konnte ich mich aber schon aus dem Grunde nicht einlassen, weil dieselben im Innern des Mantels gelegen waren und daher ihre Fixierung nicht so ausgefallen war, wie es für derartige Studien notwendig gewesen wäre. Im Innern dieser Cyste liegen ein paar mesodermale Wanderzellen, die dort hineingeraten sind.

Es leuchtet ein, daß die Größe der Cysten sich ganz danach richtet, wie umfangreich der zur Verfügung stehende Hohlraum im Mantel-

Fig. 7.

Fig. 6.

Fig. 8.

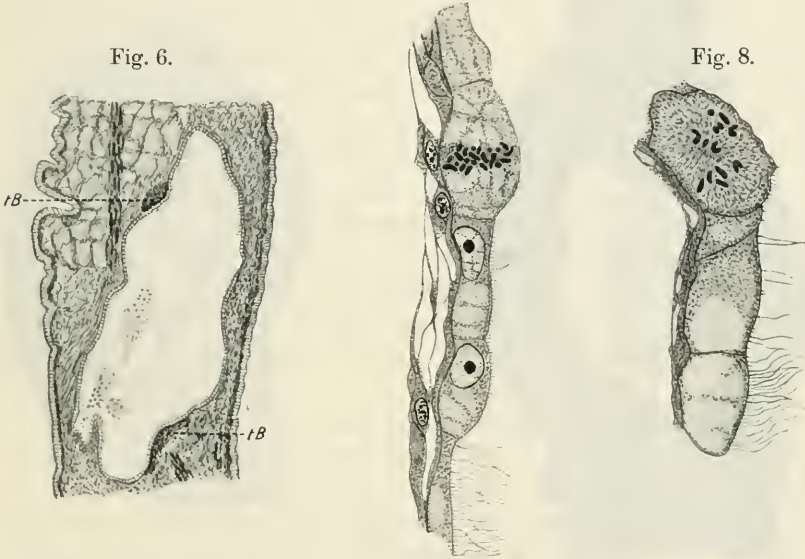


Fig. 6. *Anodonta*. 6 Wochen nach der Injektion. 5μ . $30\times$. Cyste aus Flimmer-epithel. Im Innern derselben mesodermale Wanderzelle. Das injizierte Bindegewebe ist oben und unten im Bilde zu erkennen.

Fig. 7 u. 8. Dasselbe vergrößert. $900\times$. Mitosen in Flimmerzellen.

parenchym ist. So hat der größte von mir beobachtete Perlsack (Fig. 9) einen Durchmesser von fast 1 mm; die in ihm gelegene Perle ist durch die bei der Fixierung mit Flemmings Gemisch erfolgte Entkalkung geschrumpft; vordem hat sie selbstverständlich den Perlsack vollständig ausgefüllt. Die in Fig. 10 dargestellte Perle hat einen größten Durchmesser von $\frac{1}{3}$ mm, die in Fig. 6 abgebildete Cyste aus Flimmerzellen besitzt einen solchen von $1\frac{1}{2}$ mm. Demgegenüber weisen die kleinsten künstlich erzeugten Perlen einen Durchmesser von 30μ auf.

Es ist nun, wie die Präparate lehren, die Bildung eines kleinen

Perlsackes meist rasch beendet, und zwar wohl aus dem Grunde, weil hier nur geringe Verschiebungen im Epithel erforderlich sind, während diejenige eines größeren in der Regel längere Zeit beansprucht. Vielfach sieht man daher kleinere Perlsäcke aus hohem Epithel bestehen, während größere oft ein sehr niedriges aufweisen, weil die Zellen in diesem Fall eine viel bedeutendere Fläche zu überkleiden hatten.

Noch eines fiel mir auf, daß nämlich die kleinen Perlsäcke meist rund waren, während solche, die sich um ausgedehntere Hohlräume gebildet hatten, vielfach unregelmäßiger gestaltet waren. Das hat seinen

Fig. 9.

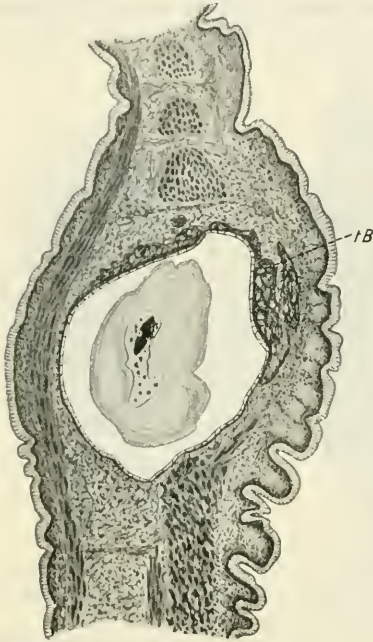


Fig. 10.



Fig. 9. *Margaritana*. 27 Wochen nach der Injektion. 5μ . $40\times$. Etwa 1 mm im Durchmesser haltender Perlsack. Im Innern der Perle ein Fremdkörper und Wanderzellen. Die injizierte Bindegewebsmasse hebt sich sehr scharf ab.

Fig. 10. *Margaritana*. 27 Wochen nach der Injektion. 5μ . $220\times$. Künstlich erzeugte Perle. Auffallend ist die große Ähnlichkeit mit früher von mir beschriebenen natürlich entstandenen *Unio*-Perlen.

ganz natürlichen Grund, denn ein kleines Loch wird eher einmal rund ausfallen als ein größerer Defekt, dessen Entstehung mit vielfachen Zerreißungen verbunden ist.

Wie die Bildung des Perlsackes in verschiedenen Fällen einen sehr verschiedenen langen Zeitraum in Anspruch nehmen kann, so zeigen sich auch sehr große Differenzen darin, wann die Secretion von Perlensubstanz einsetzt. Die Fig. 1 zeigt, daß bereits nach 5 Tagen eine erheb-

liche Menge Perlmutter sezerniert sein kann, während man andererseits nach 7½ Wochen Perlsäcke antrifft, bei denen noch keine Secretion erfolgt ist (Fig. 4).

In allen von mir beobachteten Fällen war, wo überhaupt eine solche stattgefunden hatte, stets nur Perlmutter ausgeschieden worden und niemals eine der drei andern Schalenschichten. Dies mag vielleicht daran gelegen haben, daß bei älteren Muscheln — nur solche konnte ich zu meinen Versuchen verwenden — in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle das Mantelepithel wohl auf Produktion von Perlmutter eingestellt ist. Hätte ich länger beobachtet, so wäre vielleicht auch hier und da ein Wechsel eingetreten.

Während nun die Perlmutter der kleinen Perlen dicht und fest erscheint, wie diejenige auf natürlichem Wege entstandener Perlen, ist diejenige in größeren Perlsäcken sehr viel lockerer geschichtet. Denn in einem kleinen Perlsack steht nicht viel Raum zur Verfügung, und daher werden die ausgeschiedenen Schichten sehr bald fest aufeinander gepreßt. Wenn dann die Secretion fortschreitet, wird die Perle sich binnen kurzem derart vergrößern, daß auch der Perlsack seinen Umfang ändern muß, wie denn ja auch bei den auf natürlichem Wege entstandenen Perlen die Vergrößerung von Perlsack und Perle Hand in Hand geht. Anders bei den großen Cysten. Hier ist zunächst so viel Raum im Innern vorhanden, daß die secernierte Substanz ganz locker zu liegen kommt; eine dichtere Lagerung der Schichten wird erst viel später eintreten, wenn schon eine größere Menge von Schalensubstanz produziert worden ist.

Ich sprach bereits von den Einschlüssen, welche sich im Innern der künstlich erzeugten Perlen vorfinden können. In Fig. 1 a ist deutlich zu beobachten, wie dieselben dort hineingelangen: Die betreffenden Bestandteile, seien es nun Fremdkörper oder Gewebsstücke, sind mit dem Epithel in einen Hohlraum des Mantelparenchyms zu liegen gekommen und werden von dem sich bildenden Perlsack und dann von den secernierten Perlschichten eingeschlossen.

In Fig. 1, 5, 10 sind künstlich hervorgerufene Perlen abgebildet, welche Gewebsreste im Innern bergen. Besonders Fig. 10 erinnert meines Erachtens in hohem Grade an die in meiner ersten Arbeit gegebenen Abbildungen auf natürlichem Wege entstandener Perlen (Tafel 31, Fig. 21—25), welche im Centrum einen gangförmigen Hohlraum und in diesem Reste von Geweben zeigen. Schon früher sprach ich die Vermutung aus, daß die letztgenannten Perlen einem mechanischen Eingriff von außen ihren Ursprung zu verdanken hätten, und ich glaube, daß diese Ansicht durch die Ergebnisse meiner neuen Versuche nur bestätigt wird.

In Fig. 9 und 11 sind künstlich erzeugte Perlen gezeichnet, welche im Innern Fremdkörper aufweisen, und zwar handelt es sich in Fig. 11 um Pflanzenreste, welche von zweifellos von der Muschel stammendem zelligen Material umgeben sind. Ich halte diese Präparate für eine schöne Bestätigung der Befunde von Jameson, welcher in Perlen von Ceylonmuscheln Diatomeenschalen, Nadeln von Schwämmen, Pflanzenreste (Fig. 44), Radiolarienschalen (Fig. 45) und Quarzkörnchen (Fig. 54, 54a, 55) antraf. Ich zweifle keinen Augenblick, daß die von dem genannten Autor untersuchten Perlen auf die soeben angegebene Weise durch einen Eingriff von außen entstanden sind, bei dem ectodermale

Fig. 12.

Fig. 11.

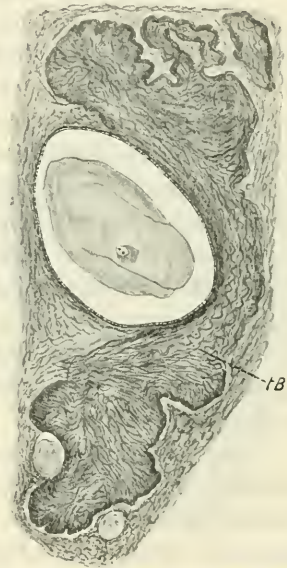
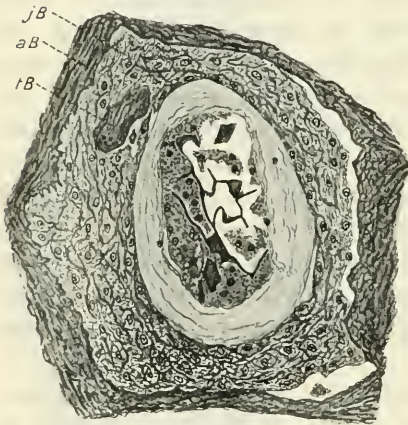


Fig. 11. *Margaritana*. 27 Wochen nach der Injektion. 5μ . $220\times$. Perle mit Pflanzenresten im Innern, ohne Perlsack, umgeben von jungem Bindegewebe.

Fig. 12. *Margaritana*. 27 Wochen nach der Injektion. 5μ . $90\times$. Drei Perlen, von denen nur noch die größte einen Perlsack besitzt. Das injizierte Bindegewebe ist sehr deutlich zu erkennen.

Zellen und die betreffenden Fremdkörper ins Mantelparenchym gelangten.

In meinen Präparaten fand sich nun eine Anzahl von Perlen, welche sicherlich nicht von einem Perlsack umgeben sind (Fig. 11 und die beiden kleineren Perlen der Fig. 12). Derartige Perlen haben lange Zeit eine große Rolle in den Erörterungen über die Entstehung der Perlen gespielt, bis es sich herausstellte (Rubbel, Jameson), daß bei ihnen zweifellos früher einmal ein Perlsack vorhanden war, daß der-

selbe aber dann abgestorben ist. Ebenso wird es sich in den vorliegenden Fällen verhalten; daß die betreffenden Perlen durch das injizierte Epithel erzeugt worden sind, zeigt ihre enge Lagebeziehung zu dem injizierten Bindegewebe an; es muß aber schon früh aus irgendwelchen Hemmungen heraus der noch junge Perlsack zum Absterben gebracht worden sein.

Es bleibt mir noch übrig, auf ein paar Einwände einzugehen, welche dagegen erhoben werden könnten, daß die von mir beschriebenen Perlen tatsächlich durch die Injektion entstanden sind. Man könnte vielleicht meinen, daß diese oder jene als künstlich erzeugt bezeichnete Perle oder gar die Mehrzahl derselben bereits im Muschelmantel gelegen hätte, ehe ich meine Versuche überhaupt anstellte.

Dagegen sprechen mehrere Gründe. Es muß zunächst sehr merkwürdig erscheinen, daß immer gerade an der Stelle des Mantels, wo ich eine Injektion vornahm, eine oder mehrere Perlen gelegen haben sollen, denn wenn man für gewöhnlich den Muschelmantel in Schnitte zerlegt, so findet man nur in seltenen Ausnahmefällen einmal eine Perle.

Sodann sahen wir, daß wenigstens bei den in größeren Cysten gelegenen Perlen die Schichtung der Perlmutter sehr viel lockerer ist als bei natürlich entstandenen Perlen; schon daran lassen sich also die einen von den andern unterscheiden.

Zuletzt wäre noch anzuführen, daß der Perlsack der künstlichen Perlen stets mit dem injizierten Bindegewebe in Beziehung steht, und wenn derselbe abgestorben ist, so schmiegt sich die Perle trotzdem diesem Bindegewebspfropf an und zeigt damit, daß sie der Injektion ihren Ursprung verdankt.

Wenn man nun die von mir vorgenommenen Versuche mit den Vorgängen vergleicht, wie sie nach meiner Ansicht in der Natur zur Perlbildung führen, so muß zunächst gesagt werden, daß meine Experimente vergleichsweise sehr roh ausgeführt wurden. Denn wenn z. B. eine Milbe ein Ei in den Muschelmantel hinein ablegt, so wird nur eine ganz kleine Wunde entstehen, und in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wird dieselbe verheilen, ohne daß ectodermale Zellen mit ins Mantelparenchym gelangt sind. Und wenn dies einmal geschieht, so wird es sich immer nur um wenige Zellen handeln.

Ich habe dagegen stets sehr viel Gewebe in den Mantel hineingebracht, um eine gewisse Gewähr für Erfolg zu haben. Denn wäre ich ebenso zart vorgegangen wie eine Milbe bei der Eiablage, so hätten meine Versuche natürlich prozentual ebensoviel Perlen ergeben, wie sie durch den Legeakt der Milben entstehen, d. h. es wäre vielleicht auf tausend Verletzungen eine Perle gekommen. Derartige Versuche wären natürlich nicht sehr lohnend gewesen.

Und auch bei größeren Verletzungen, wie sie einer Muschel hin und wieder einmal zugefügt werden, wird es selten zu derartigen tiefgreifenden Umlagerungen kommen, wie ich sie durch Übertragung von größeren Gewebsstücken ins Innere des Mantels vernahm. Wenn dieselben aber doch einmal stattfinden, so werden sie mit großer Wahrscheinlichkeit zur Bildung einer oder mehrerer Perlen führen.

Ich glaube nun nicht, durch meine Versuche die Perlbildung restlos erklärt zu haben. Wohl aber hoffe ich, die Frage für diejenigen Perlen entschieden zu haben, bei denen sich ein Parasit oder Gewebsteile im Innern vorfinden. Was die Perlen anlangt, die bis ins Centrum hinein Schalensubstanz aufweisen, so harrt meines Erachtens die Ursache ihrer Entstehung immer noch der Aufhellung.

Was die Bedeutung betrifft, welche meine Versuche vielleicht für die Praxis haben könnten, so bin ich weit entfernt, dieselbe zu überschätzen. Denn das prozentuale Verhältnis zwischen Perlen schlechter und guter Qualität wäre selbstverständlich unter den künstlich hervorgerufenen Perlen genau das gleiche wie bei den natürlich entstandenen, d. h. es käme auf viele hundert oder gar tausend Perlen erst eine wertvolle. Es fragt sich, ob ein solches Ergebnis, soweit unsre einheimischen Muscheln in Betracht kommen, die aufgewendete Mühe lohnen würde.

Zitierte Literatur.

(Betreffs einer ausführlichen Übersicht verweise ich auf meine frühere Veröffentlichung.)

- Alverdes, F., Über Perlen und Perlbildung. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 105. 1913.
 Dubois, R., Sur l'acclimatation et la culture des Pintadines, ou huîtres perlières vraies, sur les côtes de France et sur la production forcée des perles fines. C. R. Acad. Paris. T. 87. 1903.
 Giard, A., L'épithélium sécréteur des perles. C. R. Soc. Biol. Paris. T. 55. 1903.
 Herdman, W. A., Report to the Government of Ceylon on the Pearl Oyster Fisheries of the Gulf of Manaar. Part I—V. London. 1903—1906.
 v. Hessling, Th., Die Perlmuscheln und ihre Perlen. Leipzig. 1859.
 Jameson, H. L., Studies on Pearl-Oysters and Pearls. I. Proc. Zool. Soc. London. 1912.
 Korschelt, E., Perlen. Altes und Neues über ihre Struktur, Herkunft und Verwertung. Fortschritte der Naturwiss. Forschung. 7. Bd. 1912.
 Küchenmeister, F., Über einige der häufigsten Ursachen der Elsterperlen. Arch. An. Phys. 1856.
 Oppel, A., Kausal-morphologische Zellenstudien. V. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 35. 1912.
 Pagenstecher, H. A., Über Perlenbildung. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 9. 1858.
 Raßbach, R., Beiträge zur Kenntnis der Schale und Schalenregeneration bei *Anodonta cellensis* Schröt. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 103. 1912.
 Rubbel, A., Über Perlen und Perlbildung bei *Margaritana margaritifera*. Zool. Jahrb. (Anat. Abt.). Bd. 32. 1911.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zoologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Alverdes Friedrich

Artikel/Article: [Versuche über die künstliche Erzeugung von Manteiperien bei Süßwassermuscheln. 441-458](#)