

# Die Flußperlmuscheln und ihre Perlen.

**Zur Förderung der Zucht der Flußperlmuschel in Österreich.**

(Mit 24 Bildertafeln.)

Von

**Prof. G u s t a v R i e d l.**



# Inhalt.

---

I. Allgemeine Lebensverhältnisse, geographische Verbreitung, Existenzgefährdung der Perlmuschel ( <i>Margaritana margaritifera</i> ).	
1. Lebensbedingungen und Ertrag an Perlen . . . . .	261
2. Geographische Verbreitung in Oberösterreich . . . . .	265
3. Kalk. — Gesellschaft mit anderen Muschelarten. — Perlmuschelarten . . . . .	271
4. Rückgang der Perlmuschel . . . . .	273
5. Verhalten in der kalten Jahreszeit. — Natürliche Feinde . . . . .	274
II. Anatomie der Perlmuschel.	
1. Der Mantel . . . . .	275
2. Die Schale und ihre Bildung; Jahresringe . . . . .	278
3. Wachstum der Perlmuschel . . . . .	280
III. Bau und Bildung der Perlen.	
1. Der Perlsack. — Sitz der Perlen. — Weislinien . . . . .	284
2. Beginn und Dauer der Perlenbildung . . . . .	286
3. Bau der Perle. — Schalenkonkretion. — Schalenperlen. — Glanz und Färbenspiel. — Parasit. Bildungen. — Bedeutung der Epithelzellen . . . . .	287
4. Künstliche Perlenbildung nach Alverdes. — Chinesische Methode. Methode des Japaners Mikimoto . . . . .	294
5. Schichtenbildung. — Störungerscheinungen . . . . .	300
IV. Unterscheidungsmethoden zwischen gezüchteten und zufälligen Perlen.	
1. Durchleuchtung der Perlen . . . . .	309
2. Fluoreszenz . . . . .	311
3. Spezifisches Gewicht . . . . .	312
4. Kernmeßapparat . . . . .	312
5. Verhalten im magnetischen Feld . . . . .	316
V. Fortpflanzung der Flußperlmuschel.	
1. Die Beobachtungen Leeuwenhoecks, Carus, Leydigs . . . . .	318
2. Eiablage in die Bruttaschen. — Befruchtung. — Embryonalentwicklung. — Abstoßung der Larven. — Übergang der Glochidien auf den Wirtfisch. — Gefährdungen der jungen Muscheln	321
VI. Zucht der Flußperlmuschel.	
1. Wasserverhältnisse. — Anlagen zur Befruchtung und Infizierung. — Auswahl der Fische. — Amerikanische Methode . . . . .	326
2. Die Ernährung der Muschel . . . . .	331
3. Die Zuchtanlage im Doblbach bei Schärding (Anlage, Aufzucht)	334
4. Die Perlenbildung (Übertragung. — Untersuchungsmethoden)	340
VII. Beobachtungen an gezüchteten Perlen.	
1. Über das Wachstum der Perlen . . . . .	343
2. Altersbestimmung der Flußperlen . . . . .	350
VIII. Perlenimitationen . . . . .	352

---

## Vorwort.

Die Anregung zu dieser Arbeit war der Wunsch, den Versuch zu unternehmen, die Zucht der Flußperlmuschel in unserer Heimat wieder aufleben zu lassen und so manchem Mitmenschen durch den Erlös schöner und wohlgeformter Perlen eine willkommene Erwerbsquelle zu schaffen.

Die Pflege dieser einheimischen Muschelart war vor Jahrhunderten in deutschen Landen in hoher Blüte. Volk und Fürsten hegten dieses unscheinbare Tier unserer Bäche, das in seinem Innern ein kostbares Kleinod — die Perle — birgt.

Ich dachte meinem gesteckten Ziel dadurch nahe zu kommen, daß ich dem interessierten Leser, dem künftigen Perlfischer, alle Wege wies, die er gehen mußte, um seinem Schützling, der Perlmuschel, in Fischwässern, über die er vielleicht verfügt, ein bekömmliches Dasein zu schaffen: welche Stellen des Baches geeignet wären, die Tiere aufzunehmen, um sie vor Vernichtung durch Hochwässer oder andere Feinde zu schützen und wie der Besitzer besorgt sein müsse, in dem Perlbach die nötigen Fische auszusetzen, um der jungen Muschellarve, dem Glochidium, nach dem Verlassen des mütterlichen Körpers die Weiterentwicklung zu sichern. Denn nur ein muschelreiches Wasser läßt die Hoffnung auf gute Ernte an Perlen gerechtfertigt erscheinen.

Auch die heute so aktuelle Frage der Züchtung von Perlen (Kulturperlen) wurde in der Arbeit besprochen und die Möglichkeit erörtert, dieses in Japan mit so gutem Erfolge geübte Verfahren auch auf unsere einheimische Flußperlmuschel auszudehnen.

Um die Pflege der Flußperlmuschel auf heimatlichem Boden zu fördern, ist es aber auch notwendig, ein Bild von ihrem Verbreitungsgebiet in Österreich zu geben. Es wurden daher alle Flußläufe sorgfältig registriert, von denen in Erfahrung gebracht werden konnte, daß sie Muscheln führen.

Die beigegebene Liste gibt nur über das Vorkommen der Flußperlmuschel in Oberösterreich Aufschluß; sie macht derzeit auf Vollständigkeit keinen Anspruch, da sie nur die größeren Wasserläufe des Landes nennt, doch ist es zweifelsohne, daß auch deren kleinere Nebenbäche, also ganze Flußsysteme des kristallinen Gebietes Oberösterreichs, von Flußperlmuscheln besiedelt sein dürften.

In dem Bestreben, die geographische Verbreitung der Flußperlmuschel auf österreichischem Gebiet in ihrer Gänze zu erfassen, wendete ich mich an das oberösterreichische Landesmuseum in

Linz und ersuchte um Förderung meines Vorhabens. Hier fand ich in Herrn Dr. Th. Kerschner, dem Vorstand der naturwissenschaftlichen Abteilung des oberösterreichischen Landesmuseums, einen hilfsbereiten Mitarbeiter, dem ich für seine große Mühe und für das reichliche Material, das er mir zur Verfügung stellte, an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank ausspreche. Herr Doktor Kerschner wendete sich in einer Eingabe an den oberösterreichischen Landesschulrat mit der Bitte, unsere gemeinsamen Bestrebungen, die derzeitigen Standplätze der Flußperlmuschel in Oberösterreich ausfindig zu machen, dadurch zu unterstützen, daß die Lehrpersonen jener Schulorte, die in dem Gebiet der kristallinen Gesteine liegen, ersucht werden, dem oberösterreichischen Landesmuseum Angaben über Fundorte der Flußperlmuschel zu machen und einige Belegstücke dem genannten Institute zu übermitteln. Der Landesschulrat hat die Eingabe in günstigem Sinne erledigt und entsprechende Weisungen herausgegeben. Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Landesschulinspektor Herrn Hofrat Dr. Franz Berger und allen jenen Herren Kollegen vom Lehrfach, welche sich der Mühe unterzogen, Muscheln zu sammeln, wärmstens zu danken.

Die in der Tabelle angeführten Perlmuscheln führenden Bäche entstammen folgenden Quellen: dem Werke Heßlings über die Flußperlmuschel, den Berichten einiger Lehrpersonen an das oberösterreichische Landesmuseum, eigenen Beobachtungen und den Studien Herrn Dr. Kerschners auf Grund der „Fischereikarte des Erzherzogtums Österreich ob der Enns, ausgeführt nach den durch die k. k. Bezirkshauptmannschaften Ende 1889 und 1890 von den Gemeindevorständen an den oberösterreichischen Fischereiverein gelangten Eingaben von Ferdinand Berger, Linz, im Feber 1893“.

Als Unterlage diente auch die „Administrativ-Karte des Erzherzogtums Österreich ob der Enns von Alois Souvent 1865“.

Besonderen Dank schulde ich dem Landesfischereirat von Oberösterreich, welcher im Interesse der praktischen Förderung der heimischen Wasserwirtschaft auf Antrag seines Sekretärs Herrn Oberamtsrates Franz Grubmüller in Linz die Drucklegung der Arbeit durch eine namhafte Spende förderte.

W i e n.

G u s t a v R i e d l.

# I. Allgemeine Lebensverhältnisse. Geographische Verbreitung; Existenzgefährdung der Perlmuschel (*Margaritana margaritifera*).

## 1. Lebensbedingungen und Ertrag an Perlen.

In unseren Bächen und Flüssen, welche ein klares, weiches Wasser führen, lebt stellenweise in großer Individuenzahl die Flußperlmuschel (*Margaritana margaritifera*). Sie ist ein ausgesprochener Kalkflüchter und geht, wie angestellte Verpflanzungsversuche gezeigt haben, in Wässern, die einen zu großen Gehalt an primärem Kalziumkarbonat  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , primärem Magnesiumkarbonat  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  und Gips  $\text{CaSO}_4$  aufweisen, somit als harte Wässer anzusprechen sind, früher oder später zugrunde. Die chemische Zusammensetzung des Wassers wird aber beeinflusst von den Gesteinsarten, die es überfließt, und es wird dann kalkarm sein, wenn es seinen Weg über Granit, Gneis, Syenit, Glimmerschiefer, Quarzite oder Tonschiefer nimmt. Solche Gesteinsarten treffen wir beispielsweise im Bayrischen Walde, im Böhmerwald, im Fichtelgebirge und im Voigtlande. Die Flußläufe der genannten Gebiete waren schon seit altersher als Perlwässer bekannt und in ihnen gedieh unsere Flußperlmuschel ganz vortrefflich, jenes Tier, das, wie die Meeresperlmuscheln, in schlichter Behausung einen kostbaren Schatz beherbergt, der seit undenklichen Zeiten einen nie verminderten Anreiz auf die Menschen ausgeübt hat, die Perle. Um dieses Kleinodes wegen wurde das unscheinbare Muscheltier in unseren deutschen Landen sorgsam gepflegt und erfreute sich sowohl seitens des Volkes als auch seiner Fürsten einer weitgehenden Schonung. Die Erzeugnisse unserer Flußperlmuscheln, deren manche an mildem Glanz und zartem Lüster nichts zu wünschen übrig lassen, kommen unter dem Namen Süßwasserperlen oder Passauer Perlen in den Handel. Den letzteren Namen erhielten sie deswegen, weil die Perlbäche des ehemaligen Fürstbistums Passau reiche Erträge lieferten, unter ihnen besonders die Ilz, deren schöne, weiße Perlen sich großer Wertschätzung erfreuten. Trotzdem die Perlenwässer von Bayern und Sachsen stets die ergiebigsten und ertragreichsten waren und vermutlich auch diejenigen, in welchen der Mensch nachweislich schon frühzeitig die Zucht der Flußperlmuscheln betrieb, da eine Urkunde aus dem Jahre 1437 bereits über den Perlenreichtum der bayrischen Wässer.

des Regen, der Freisach und ihrer Zuflüsse berichtet, wurden auch in Schlesiens Bächen, wie in dem Queiß, in der Juppel und im Bober, und in denen von Hannover, Baden und Hessen emsig nach Perlen gesucht; ebenso werden die Wottawa (1560) und die Moldau als Perlenwässer genannt. Wie strenge in früheren Zeiten das unbefugte Fischen des sogenannten „Perlfrosches“ bestraft wurde, zeigen eine Reihe von Verordnungen, in welchen die ertappten Diebe arge Schädigungen ihres Körpers, wie Abhacken von Fingern, der Hand oder das Ausstechen der Augen zu erwarten hatten.

Aus den sorgfältigen statistischen Aufzeichnungen, die von Heßling<sup>1)</sup> in seinem Werke über die Flußperlmuscheln gibt, seien einige Daten über den Ertrag an Perlen genannt, welche uns über gewisse Flußläufe oder Landdistrikte von ihm aufgezählt werden.

In dem Zeitabschnitt von 1814 bis 1857 wurden aus den Perlenbächen Bayerns 158.880 Perlen gefischt, die entsprechend ihrer Qualität in Perlen erster bis dritter Klasse eingeteilt wurden. Die Ernte verteilte sich auf:

	I. Klasse	II. Klasse	III. Klasse
Oberfranken . . . . .	526	1.443	2.248
Oberpfalz und Regensburg . .	1619	3.333	8.892
Niederbayern . . . . .	6756	12.239	121.783

Auf den Ertrag eines Jahres umgerechnet, ergab dies:

	I. Klasse	II. Klasse	III. Klasse
Oberfranken . . . . .	13 <sup>1</sup> / <sub>14</sub>	33 <sup>4</sup> / <sub>7</sub>	52
Oberpfalz und Regensburg . . .	37 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	77 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	206 <sup>5</sup> / <sub>6</sub>
Niederbayern . . . . .	157 <sup>1</sup> / <sub>3</sub>	284 <sup>4</sup> / <sub>7</sub>	2832 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>

Um das Zahlenverhältnis zwischen den Muscheln und den in ihnen gefundenen Perlen zu geben, zieht Heßling die Ernte der Jahre 1831—1832 heran und kommt dabei zu dem Ergebnis, daß auf 95 bis 100 Perlenmuscheln eine Perle kommt. Bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Qualität entfallen auf

ca. 103 Perlenmuscheln . . . . 1 Perle schlechter Qualität, auf  
ca. 2215 „ . . . . 1 Perle mittlerer Qualität, auf  
ca. 2701 „ . . . . 1 Perle guter Qualität.

Die besten Erträge ergaben wohl der Regen und die Bäche, die er in seinem Oberlaufe aufnimmt (Kreis Viechtach), und jene Flußläufe, die über den Gneis und Granit der südlichen Abdachung des Böhmerwaldes und des Bayrischen Waldes fließen und auf der linken Seite der Donau zwischen Straubing, Deggendorf und Passau münden; aber auch die Wasserläufe über Passau hinaus, auf öster-

<sup>1)</sup> Heßling Th., Die Perlmuscheln und ihre Perlen, Leipzig 1859.

reichischem Boden, waren schon frühzeitig als muschelführend bekannt.

In dem vorhin genannten Zeitraum zwischen 1814 bis 1857 lieferte das Rentamt *Viechtach* allein 1427 Perlen I. Kl., 2267 Perlen II. Kl. und 37.021 Perlen III. Kl., *Mitterfels* 2238 Perlen I. Kl., 5146 Perlen II. Kl. und 36.778 Perlen III. Kl., *Grafenau* in *Schönberg* 656 Perlen I. Kl., 834 Perlen II. Kl. und 14.096 Perlen III. Kl., *Passau* 543 Perlen I. Kl., 1028 Perlen II. Kl. und 6606 Perlen III. Kl.

Des Interesses wegen zitiere ich auch einige Ergebnisse der Perlenfischerei früherer Jahrhunderte, wobei die angegebenen Zahlen wohl nur annähernd richtig sein dürften, weil man kaum sämtliche Perlen statistisch erfassen konnte, die einem bestimmten Flußgebiet entnommen wurden, da trotz der strengen Beaufsichtigung der Perlenbäche mit Diebstahl von Perlen gerechnet werden mußte.

Jahr		Perlen I. Kl.	Perlen II. Kl.	Perlen III. Kl.
1601	Hals	19	—	—
1631	„	109	80	ungezählt
1700	„	22	26	601
1730	„	162	190	1000
1691	Viechtach	35	70	1433
1730	„	106	45	1800
1782	„	212	419	5726
1810	„	75	141	1953

Die *Voigtländer* Perlenzucht ergab bei der Durchfischung der Bäche im 17. Jahrhundert gute Ausbeute, wie die nachstehenden Zahlen lehren:

1649 wurden 224 Perlen gefunden, darunter 16 große, vorzüglich schöne, und außerdem 45 ganz helle,

1680 wurden 198 Perlen gefunden, darunter 86 ganz helle und 64 halb helle.

Auch die Ernte einiger Jahrgänge aus dem 19. Jahrhundert kann als befriedigend bezeichnet werden:

	I. Kl.	II. Kl.	III. Kl.	Summe
1826	84	14	40	138
1830	82	23	34	139
1835	112	21	39	172
1839—1847	654	157	230	1041

In dem Zeitabschnitt von 1861 bis 1900 (nach Israel<sup>2)</sup>) wurden 4562 Perlen gefunden, von denen man 2063 als Perlen von schönem

<sup>2)</sup> Israel W., Biologie der europäischen Süßwassermuscheln, Stuttgart 1913.

Wasser bezeichnet hat; das sind 52 Perlen im Jahre. 1901—1909 betrug die Ausbeute nur noch 105 helle Perlen (das sind jährlich 12 helle Perlen), für 1910 werden als Ertrag 10 helle Perlen angegeben; 1911 gestalteten sich die Verhältnisse etwas besser, da die Fischerei 35 vorzügliche weiße Perlen lieferte.

Dr. Carl<sup>3)</sup> veröffentlicht in seiner Arbeit über die Flußperlmuschel den folgenden statistischen Bericht von Dr. Escherich in Tharandt über die Perlenfischerei im oberen Teile der Elster (von Plauen aufwärts) von 1880 bis 1908, in welchem auch auf die schädigende Wirkung der jetzigen Verunreinigung der Fischwässer hingewiesen wird, die in den sinkenden Zahlen der geernteten Perlen zum Ausdruck kommt.

Jahr	Helle Perlen	Halbhelle Perlen	Sandperlen	Verdorbene Perlen	Summe	Wert der Perlen in Mark	Bemerkungen
1880/84	229	160	53	152	594	} 5665·50	1888 wurde nicht gefischt.
1885/90	170	145	24	133	472		
1891/95	72	89	9	88	258	596·25	1896/99 ruhte die Fischerei.
1900/04	58	139	19	62	278	1893·71	
1905/08	50	57	9	48	164	1760·—	

Nach den vorstehenden Daten ist die Ernte an Perlen gegen früher sehr zurückgegangen und beinahe zur Bedeutungslosigkeit herabgesunken.

Die Meinung, daß man aus Muschelbächen Jahr für Jahr eine Ernte an Perlen einheimsen könne, wäre vollständig verfehlt. Da die Perle langsam wächst, so muß man ihr auch Zeit lassen, eine Größe zu erreichen, die für den Handel als wünschenswert in Betracht kommt. Es ist demnach den Perlenfischern anzuraten, die Durchsichtung ihrer Muscheln nach Perlen in Intervallen von etwa 5 bis 7 Jahren vorzunehmen, in der Zwischenzeit aber die Tiere in Ruhe zu lassen. Nach einer Reihe von Jahren kann man erst eine merkliche Vergrößerung der Perlen erhoffen. Es ist auch in früheren Zeiten, als noch der Pflege der Muscheln ein größeres Augenmerk zugewendet wurde, gegen die allzuhäufige Befischung der Perlbäche von erfahrenen Kennern der Biologie der Muscheln Stellung genommen worden; nur Habsucht und Ausbeutungsgier waren die Triebfeder zu solch nutzlosem Beginnen.

Braune Perlen, die im allgemeinen keinen Wert haben, nennen die Fischer unreif, sind aber der Meinung, daß sie sich im Laufe der Zeit mit irisierender Perlmutter-schichte überziehen werden. Diese

<sup>3)</sup> Carl S., Die Flußperlmuscheln und ihre Perlen, Verhandl. d. Naturw. Vereines in Karlsruhe Bd. 22, 1908—1909.

Hoffnung kann sich zwar erfüllen, der erwartete Erfolg kann aber ebensogut ausbleiben, die Perle bleibt braun, bleibt ohne Perlmutterauflagerung bis zum Tode der Muschel.

Bei der ohne Zutun des Menschen entstandenen Perle können wir den Vorgang, der zur Bildung von Perlmutterschichten führt, in keiner Weise beeinflussen, wohl aber wissen wir ihn bei den später zu besprechenden „Kulturperlen“ durch Wahl einer entsprechenden Hautstelle des Mantels, die zur Perlenbildung herangezogen wird, in die gewünschten Bahnen zu lenken, das heißt, wir können die Muschel veranlassen, die sich bildenden Perlen vornehmlich aus Perlmutterschichten aufzubauen.

## 2. Geographische Verbreitung in Oberösterreich.

Um die Pflege der Flußperlmuschel auf heimatlichem Boden zu fördern, um zu versuchen, ihr wieder jene volkswirtschaftliche Bedeutung zu verschaffen, die sie ehemals besaß, dürfte es von Nutzen sein, den in Betracht kommenden Kreisen zunächst ein Bild über die Verbreitung des Tieres im Lande Oberösterreich zu entwerfen (Abb. 1 Taf. 1).

Es wurden alle Flußläufe sorgfältig registriert, von denen in Erfahrung gebracht werden konnte, daß sie Muscheln führen; die beigegebene Liste macht derzeit auf Vollständigkeit keinen Anspruch, da sie nur die größeren Wasserläufe des Landes nennt, doch ist es zweifellos, daß auch deren kleinere Nebenbäche, also ganze Flußsysteme des kristallinen Gebietes Oberösterreichs, von Flußperlmuscheln besiedelt sein dürften. Es wäre wünschenswert, daß Meldungen über das Vorkommen der Tiere in unserer Heimat einliefen, damit das Verzeichnis im Laufe der Zeit vervollständigt werden kann.

Die Angaben über die in der Tabelle angeführten Perlenbäche entstammen den im Vorworte genannten Quellen.

Folgende Flüsse und Bäche sind als muschelführend bekannt:  
 Aschach (Nebenfluß der Donau), bei St. Agatha;  
 Au-Bach (Nebenfluß des Pfuda-Baches);  
 Bram-Bach (Nebenfluß des Kessel-Baches);  
 Buchet-Bach (Esternberg), bei der Buchet-Mühle; Oberlehrer Joh. Duba;  
 Diers-Bach (Nebenfluß des Pfuda-Baches);  
 Dagles-Bach, auch Tägleins-Bach genannt (Nebenfluß der Kleinen Mühl bei Lembach); Oberlehrer Leopold Altwirth, Lembach. Mittlerer und unterer Teil des Baches. Zur Herrschaft Marsbach gehörend; wurde bereits 1685 seitens des Hochstiftes Passau durchfischt;

Dobl-Bach (Nebenfluß der Pram). Gemeinde Brunntal und Schärding. Mittlerer und unterer Teil des Baches muschelführend. In Dobl Muschel- und Perlenzucht-Anstalt; Gustav Riedl;

Edthamer-Bach (Nebenfluß des Pfuda-Baches);

Feldaist (als Aist Nebenfluß der Donau, östlich von Mauthausen),

a) Oberlauf bei Paßberg, Post Windhaag; Bezirksschulinspektor Karl Hackl, Freistadt;

b) bei Freistadt;

c) bei Lasberg;

d) bei Kefermarkt; Franz Ritzberger, Schulleiter in Kefermarkt;

e) nördlich Selker;

f) nördlich und südlich Prägarten;

g) bei Hagenberg; Oberlehrer Karl Rodler in Hagenberg;

Finsterbach (Nebenfluß der Großen Mühl). Er bildet zwischen der Gemeinde Julbach und der Gemeinde Breitenberg in Bayern die Grenze; Oberlehrer J. Kollon in Julbach. Der Muschelbestand hat im Finsterbach längere Zeit hindurch eine starke Einbuße erlitten, da auf bayrischer Seite vor mehr als 50 Jahren eine Bleicherei errichtet wurde, die ihre Abwässer in den Bach leitete. Die Bleicherei ist aber eingegangen und seither mehren sich die Muscheln wieder. Herr Oberlehrer Kollon bezeichnet das derzeitige Vorkommen der Muscheln als nicht gerade selten;

Fixel-Bach; nach Heßling zur Herrschaft Marsbach gehörend. Schon 1685 wurden hier Muscheln gefischt;

Flanitz (linker Nebenfluß der Feldaist bei Kefermarkt); Franz Ritzberger, Oberlehrer in Kefermarkt. In der Feistritz und Lest konnten, wie Oberlehrer Ritzberger berichtet, derzeit noch keine Muscheln gefunden werden;

Glatzbäcken-Bach; nach Heßling im ehemaligen Rentamt Schärding;

Grub-Bach (Nebenfluß des Kessel-Baches);

Gusen, Kleine (Nebenfluß der Großen Gusen; diese mündet bei Sankt Georgen in die Donau);

Haar-Bach; nach Heßling zur Herrschaft Marsbach gehörend; wurde schon 1685 vom Hochstifte Passau als Perlbach geführt;

Hagen-Bach oder Mühlthal-Bach (mündet bei Passau in die Donau);

Haibach (mündet bei Haibach, unterhalb Passau, in die Donau);

Hölln-Bach (Nebenfluß der Kleinen Naarn);

Hölln-Bach; nach Heßling zum ehemaligen Rentamt Schärding gehörend;

Kessel-Bach, auch Kleiner Klößl-Bach genannt (mündet oberhalb Wesenufer, Niederranna gegenüber, in die Donau);

- Ketten-Bach (Nebenfluß der Aist bei Tragwein); Bericht der Schulleitung Tragwein;
- Kolbinger-Bach (Nebenfluß des Pollhamer-Baches);
- Köfl-Bach, auch Großer Köfl-Bach genannt (Nebenfluß der Donau unterhalb Passau). Mühlgraben bei der Höllmühle; Oberlehrer Johann Duba;
- Leiten-Bach (Nebenfluß des Köfl-Baches), bei Kößldorf;
- Ludhamer-Bach (Nebenfluß des Au-Baches, dieser des Pfuda-Baches);
- Lug-Bach (Nebenfluß der Donau unterhalb Passau);
- Maierhofer-Bach; nach Heßling im ehemaligen Rentamt Schärding;
- Mösen-Bach (Nebenfluß der Pram);
- Mühl; Große Mühl oder Große Michel (linker Nebenfluß der Donau),
- a) bei Klaffer;
  - b) bei Ulrichsberg, Gemeinde Klaffer; Oberlehrer Franz Wöß, Klaffer;
  - c) bei Aigen-Schlägl; laut Bericht von Prof. Leo Weber kommt in der Mühl bei Aigen-Schlägl eine größere Standortsform der Flußperlmuschel vor;
  - d) bei der Mündung des Finsterbaches in die Große Mühl; Oberlehrer J. Kollon in Julbach;
  - e) bei Haslach;
  - f) bei Pürnstein; Gustav Riedl;
  - g) bei Neufelden; Gustav Riedl;
- Mühl, Kleine Mühl oder Kleine Michel (Nebenfluß der Donau); bei Peilstein und Haselbach;
- Naarn, Große (Nebenfluß der Donau, mündet westlich von Grein); bei Pierbach; Oberlehrer Ludwig Voigt in Pierbach;
- Naarn, Kleine (mündet unweit Pierbach in die Große Naarn); Oberlehrer L. Voigt in Pierbach. Oberlehrer Voigt teilt mit, daß die Flußperlmuschel in der Nähe von Pierbach sowohl in der Großen als auch in der Kleinen Naarn recht häufig vorkommt;
- Oster-Bach (Nebenfluß der Ranna); im Oberlaufe bei Nebelberg;
- Perl-Bach (Nebenfluß des Kessel-Baches); wahrscheinlich identisch mit Pühringer-Bach und Pirniger-Bach; bei St. Ägidi;
- Pesen-Bach (Nebenfluß der Donau, mündet unweit Ottensheim); Geisberg bei St. Martin im Mühlkreis; Oberlehrer Franz Wöß, St. Martin;
- Pfuda-Bach (Nebenfluß der Pram);
- Pollhamer-Bach (Nebenfluß des Innbaches, dieser fließt in die Donau); bei Finklham;
- Prambacher-Bach (Nebenfluß der Aschach); Ortsgemeinde Waizenkirchen;
- Puchl-Bach (Nebenfluß der Donau unterhalb Passau);

- Radinger-Bach, Gemeinde Diersbach;  
 Ranzenberger-Bach, mündet in den Kessel-Bach;  
 Riedl-Bach (rechter Nebenfluß des Kößl-Baches); Mühlgraben bei der Reschau; Oberlehrer Joh. Duba;  
 Rodl, Große (Nebenfluß der Donau, mündet bei Ottensheim); bei Amessschlag, Dietrichschlag und unterhalb Gramastetten, bei Rottenegg;  
 Rodl, Kleine (Nebenfluß der Großen Rodl); bei St. Gotthard;  
 Sau-Bach (Nebenfluß des Oster-Baches);  
 Schmidgraben-Bach (Nebenfluß des Pollhamer-Baches), südlich von Prambach;  
 Schwarz-Bach (Nebenfluß der Großen Rodl); bei Stiftung und Leonfelden;  
 Schwarzberg-Bach (fließt in den Teufen-Bach und dieser in die Pram);  
 Stein-Bach (Nebenfluß der Großen Rodl); bei Leonfelden; Schuldirektor Franz Brosch;  
 Tiefen-Bach (Nebenfluß des Bäckten-Baches; dieser fließt in den Au-Bach, dieser in den Pfuda-Bach und dieser in die Pram);  
 Waldaist (mündet in die Feldaist); oberhalb Prägarten; Oberlehrer Ignaz Höllhuber, Reichenstein. Oberlehrer Höllhuber teilt mit, daß „bei einer versuchsweisen Sammlung in 10 Minuten auf einer Strecke von 15 bis 20 m 27 Muscheln in scharfrinnendem Wasser gefunden wurden“.

Schon Pillwein<sup>4)</sup> bringt eine kurze Notiz über Perlenbäche in Oberösterreich, die ich wörtlich wiedergebe, da sie zeigt, daß die Perlenfischerei auch in unseren Landen geübt wurde und man der jetzt so in Vergessenheit geratenen Flußperlmuschel einstens eine größere Aufmerksamkeit zuwendete, als dies heute der Fall ist.

„Die Perlen, schon im Alterthum hoch geschätzt, ein besonderer Schmuck der Damen, kommen vorzüglich schön aus dem Orient; aber auch in Norwegen, Schweden, Dänemark, England, Preußen, Pohlen, Liefland, Böhmen, Schlesien und Sachsen gibt es schöne Perlen. Daß man deren jedoch, die selbst mit den orientalischen wetteifern, auch im Lande ob der Enns treffe, ist eine etwas seltene Notiz. Im Mühlkreise, im Hausruckkreise, im Innkreise stößt man auf Perlenbäche mit reinem, hellem Wasser und sandigem oder thonigem Grunde.

Der Pesenbach, eine Stunde von Ottensheim, drey von Linz im Mühlkreise, führet Perlen mit sich. Der Besitz der perlenreichen

<sup>4)</sup> Pillwein B., Über Perlenbäche im Erzherzogtum Österreich ob der Enns. Veröffentlicht in Riedler J. W., Österr. Archiv für Geschichte, Erdbeschreibung etc. 1. Jahrgang, 1831.

Bäche in dem genannten Kreise ist zwischen den Herrschaften Ranaridl und Altenhof getheilt, das Erträgnis aber bisher sehr gering gewesen. Am 27. April 1811 wurde von der Staatsverwaltung ausgesprochen, daß die Perlenfischerei im oberen Mühlviertel der Privatindustrie überlassen bleiben soll.

Im Hausruckkreise erzeugt der Kesselbach, welcher die Pfarre St. Ägid durchfließt, und sich mühsam durch die Pfarre Waldkirchen hinabwindet, Perlen von mittlerer Größe; ihre Wegfischung verbiethen Straftafeln.

Im Innkreise führen der Ludhammer- und Kesselbach (soll wohl Kößl-Bach heißen? D. Autor) sammt allen Nebenbächen in den Pfarren Münzkirchen, St. Roman und Schärdenberg Perlen, deren Gewinn ein eigener Fischer (einst ein Oberaufseher und sechs Unteraufseher) auf Staatskosten besorgt. Man muß aber wenigstens 3000 Muscheln untersuchen, bis man eine mit brauchbarer Perle antrifft. 1797 schickten Se. Majestät der Kaiser den Abbé Hunger zur Untersuchung und Befischung der genannten Bäche hieher. Er machte eine Ausbeute von 200 Gulden am Werthe. Auch wurden 4025 Stücke Muscheln in jene Bachstrecken versetzt, welche größtentheils davon entleert waren. 1825 betrug die Ausbeute 79 Stücke erster, 51 zweyter und 767 dritter Sorte; 1826 war der Gewinn von erster Sorte 167, von der zweiten 139, von der dritten 3419 Stücke. Der Hauptmuschelfang darf nur von drey zu drey Jahren geschehen.“

Heßling schreibt über den eben zitierten Kesselbach und Ranzenbergerbach: „. . . Der Ranzenbergerbach wurde 1765 zum ersten Male befischt. Diese beiden Bäche durchsuchte 1797 der Hofmineraloge Abbé Unger (Hunger!), Pfarrer zu Hengersberg, welcher besonders von Wien aus dazu beordert wurde, und der Fang war so ergiebig, daß die Kaiserin Maria Theresia einen prachtvollen Hals- und Armschmuck davon erhielt.“

Georg Lahner,<sup>5)</sup> der ehemalige Präsident des oberösterreichischen Fischereivereines, weist auf den Reichtum Oberösterreichs an Flußperlmuscheln hin und bezeichnet viele Bäche und Flüsse des Mühlviertels, des Hausruck- und Innviertels als Perlwässer. In dem von ihm publizierten Artikel, der jedenfalls in der Absicht geschrieben war, die Aufmerksamkeit der Oberösterreicher auf ihre Naturschätze zu lenken, werden der Kesselbach und dessen Nebenbäche, der Ranzenbergerbach und der noch heute im Volksmunde als „Perlbachel“ bezeichnete Pühringerbach als Wohnorte

<sup>5)</sup> Lahner G., Die Flußperlmuschel im Donaugebiete von Oberösterreich und Bayern, Unterhaltungsbeilage der Linzer „Tages-Post“ Nr. 17 u. 18 vom Jahre 1899.

der Flußperlmuschel genannt. Aus dem Innviertel zählt er die Pram und ihre Nebenflüsse, den Tiefenbach, Pfudabach und den Doblbach als reich an Muscheln auf. (Die hier von Lahner erwähnten Bäche sind in der obigen Zusammenfassung über das Vorkommen der Flußperlmuschel bereits angeführt worden.)

Gelegentlich der Ausstellung zum 900jährigen Jubiläum der Stadt Steyr (1884) wurde eine Mitra gezeigt, die ehemals im Besitze des Stiftes Suben am Inn war und nunmehr in Linz, im Stadtdechantshof aufbewahrt wird, die mit 3000 bis 4000 weißen Perlen, welche dem Kesselbach entstammten, geschmückt ist.

Während die Perlenbäche Bayerns in Kriegsjahren wiederholt durch feindliche Invasionen geplündert und ihre Muschelbestände stark dezimiert wurden — es sei an das Trenk'sche Korps, dessen Soldaten von Passau bis in die Oberpfalz vordrangen, und an die Franzosen unter Marschall Soult erinnert —, blieb Oberösterreich von solchen Ausbeutungen durch Soldaten verschont. Dagegen nahmen hier die Perlenbäche durch den Geschäftsgeist mancher Unternehmer argen Schaden. Lahner nennt einen gewissen Holzinger aus Wildenranna bei Wegscheid in Bayern, der 1882 von den Fischereiberechtigten des oberen und unteren Mühlviertels gegen geringes Entgelt die Erlaubnis erhalten hatte, Muscheln zu sammeln, um deren Schalen der Perlmutterindustrie zuzuführen. Es wurden damals von Holzinger die Perlbäche des genannten Gebietes derart an Muscheln entblößt, daß auf Jahrzehnte hinaus an ein Auffinden von Perlen bei dem geringen Restbestande an kleinen Muscheln, deren Schalen für ihn wertlos waren, gar nicht zu denken war.

Diesem schädigenden Einfluß gewisser Kreise hat der oberösterreichische Fischereiverein durch eine Eingabe an die Statthalterei in Linz (1882) in dankenswerter Weise Einhalt getan und in dem 1895 erschienenen Landesfischereigesetz wurde auch der Muscheln in den Gewässern Oberösterreichs gedacht. Es wurde da „auch für den Schutz der Flußperlmuscheln Obsorge getroffen, in folgedessen die Monate Juli und August als Schonzeit für die Perlmuschel in der Durchführungsverordnung zum o. ö. Landesfischerei-Gesetz vom 2. Mai 1895 normiert wurden; als Minimalmaß zur Entnahme von Muscheln ist 10 cm Längennachse vorgezeichnet“.

Am Schlusse seines Aufsatzes weist Lahner auf die volkswirtschaftliche Bedeutung der Flußperlmuscheln hin und gibt der Hoffnung Ausdruck, daß die intensivere Kultivierung der Fischzucht auch eine Hebung der Pflege der Flußperlmuschel im Gefolge haben werde: „In passenden Gewässern bildet die Hege der Flußperlmuschel, insbesondere für den kleineren Grundbesitzer, gradeso wie die Salmonidenzucht eine nicht unerhebliche Einnahmequelle; die Hege der Flußperlmuschel erfordert überdies einen

kaum nennenswerten Aufwand an Zeit, Arbeit und Kapital-Investition. Darin muß die Erklärung gesucht werden, warum in früheren Zeitläufen auch diesem, gegenwärtig so wenig ausgenützten Zweig unserer Nationalökonomie eine viel größere Sorgfalt gewidmet wurde.“

### 3. Kalk. — Gesellschaft mit anderen Muschelarten. — Perlmuschelarten.

Die Schalen der Flußperlmuschel sind relativ dick; in dieser starken Entwicklung ihres Gehäuses müssen wir eine weitgehende Schutzeinrichtung erblicken, deren das Tier, welches schnell fließende Bäche bewohnt, unbedingt bedarf. In Zeiten stark anhaltender Regengüsse, wenn die Bäche innerhalb kurzer Zeit zu reißenden Strömen anschwellen und die Muscheln aus dem Boden, in welchem sie mit ihrem Fuß und dem vorderen Teil ihrer Schale eingegraben sind, entreißen und mit Gesteinsmassen oder gar größeren Blöcken wild durcheinanderwirbeln, laufen sie Gefahr, von den im Flußbette dahingeschobenen und gerollten Steinen zermalmt zu werden. Gerade bei einer so reichlichen Absonderung von Schalensubstanz sollte man ein kalkreiches Wasser voraussetzen, und doch gedeiht unsere Flußperlmuschel, wie bereits eingangs erwähnt wurde, nur in einem weichen, kalkarmen Wasser. Die Tiere nehmen mit dem eingeführten Wasser außer organischen Substanzen auch solche mineralischer Natur auf, besonders jenen Anteil von kohlenstoffsaurem Kalk, den sie zur Bildung ihrer Schalen und Perlen bedürfen; viele Umstände sprechen dafür, daß nicht nur gelöste Mineralsubstanz für deren Entstehen in Betracht kommt, sondern daß auch die verzehrten winzigen Pflanzen und deren Reste, die in ihren Zellen den im weichen Perlwasser spärlich vorkommenden Kalk speichern, hiezu ihren Beitrag leisten.

Die mehr oder minder reiche Besetzung der Bäche mit Muscheln steht zu deren Kalkgehalt in einem bestimmten Verhältnis. Untersuchungen lehrten, daß Wasser, deren Kalkgehalt sich etwa zwischen den Grenzen von 0'0045—0'0153 g im Liter bewegte, für das Fortkommen der Flußperlmuscheln günstig seien. Ebenso wie ein Zuviel an Kalk den Tieren schädlich ist, so gedeihen sie nicht in Bächen, welche zu wenig davon enthalten. In Wässern mit einem Kalkgehalt von ca. 0'0012 g CaCO<sub>3</sub> im Liter dürften sie nur spärlich oder gar nicht vorkommen. Um den Zusammenhang des Auftretens unserer Perlmuschel mit dem Kalkgehalt des Wassers darzutun, sei auf folgende Beobachtung Sendtners (bei C. Voit, siehe Anhang „Literatur“) hingewiesen:

	Gramm Kalk in einem Liter Wasser	Perlmuscheln
Brunntaler Wasser . . . . .	0'11066	keine
Isarwasser . . . . .	0'07810	keine
Regenfluß bei Zwiesel . . . . .	0'01540	wenige
Ilz bei Hals . . . . .	0'00920	viele
Perlbach bei Ortenburg . . . . .	0'00870	viele
Steckenbach . . . . .	0'00464	sehr viele
Wolfach bei Ortenburg . . . . .	0'00120	keine
Rachelsee . . . . .	0'00100	keine

Wie vorstehende Daten zeigen, gedeiht unsere Flußperlmuschel in harten Wässern nicht und es ist jedenfalls eigenartig, daß die ihr nahe verwandte Art *Margaritana sinuata*, welche in den Bächen und Flüssen Südeuropas angetroffen wird, kein Kalkflüchter ist und sich im harfen Wasser wohl fühlt.

Die Flußperlmuschel beherrscht zumeist das von ihr bewohnte Gebiet allein, man findet in den Perlenbächen gewöhnlich keine anderen Muschelarten. Doch scheint diese Regel auch ihre Ausnahmen zu haben, da Seidler<sup>\*)</sup> in einem Mühlgraben der Altfell neben *Margaritana* auch *Unio crassus Regius* und *Anodonta cygnea* L. beobachten konnte. In der Mudau wurde neben der Flußperlmuschel auch *Unio batavus probavaricus* angetroffen.

Neben unserer Flußperlmuschel, die in vielen Bächen Deutschlands, Englands, Schottlands, Frankreichs, Norwegens, Schwedens und Sibiriens angetroffen wird, ihr Verbreitungsgebiet erstreckt sich etwa zwischen dem 42. und 70. Grad n. Br., gibt es noch andere Arten und Gattungen von Süßwassermuscheln, die zum Teil wegen ihrer dicken Schalen in der Perlmutterindustrie Verwendung finden, aber auch dadurch bemerkenswert sind, daß sie Perlen hervorbringen, die, was Glanz und Lüster anbelangt, mit denen der echten Seeperlmuschel, Arten der Gattung *Margaritifera*, wetteifern können. Es mögen hier die amerikanischen Süßwassermuscheln, besonders jene aus dem Fluß- und Seengebiet des Mississippi, Erwähnung finden, die vornehmlich den Gattungen *Lampsilis*, *Quadrula* und *Symphinota* angehören, während von perlenführenden Süßwassermuscheln der Mandschurei *Unio dahuricus*, *U. mongolicus*, *U. complanatus*, von China *Dipsas plicatus* und von Japan *Anodonta japonica* und *Cristaria spatiosa* zu nennen wären.

<sup>\*)</sup> Seidler A., Die Verbreitung der echten Flußperlmuschel im fränkischen und hessischen Buntsandstein, Ber. d. Wetterauer Gesellsch. f. ges. Naturkunde, Hanau 1922.

#### 4. Rückgang der Perlmuschel.

Die Individuenzahl unserer heimischen Flußperlmuschel und somit der Ertrag an wertvollen Perlen ist stark im Abnehmen begriffen. Der Grund hiefür ist darin zu suchen, daß man die Pflege des Tieres, das sie erzeugt, vollständig vernachlässigt hat, trotzdem die Forschungen der letzten Jahrzehnte bezüglich der Fortpflanzung der Flußperlmuschel, oder der Süßwassermuscheln überhaupt, wertvolle Aufklärungen gebracht haben, die uns leicht in den Stand setzen würden, ihre Zucht mit sicherem Erfolge zu betreiben, im Gegensatz zu früheren Jahrhunderten, wo man über die biologischen Verhältnisse des Tieres nur mangelhaft, in gewisser Beziehung gar nicht unterrichtet war; dies gilt besonders für den Parasitismus der Muscheln auf Fischen, den erst F. Leydig im Jahre 1866 richtig erkannte.

Viel Schuld an der Verödung unserer Perlbäche trägt zweifellos die sich ausbreitende Industrie. Ihre Anlagen und Fabriken, die von der Peripherie der Stadt immer weiter ins Land verlegt werden, um eventuelle Wasserkräfte oder sonstige Vorteile ausnützen zu können, schicken in die Bäche eine Unmenge von Abfallstoffen, welche das Wasser vergiften und für Lebewesen unbewohnbar machen. Die Abwässer von Fabriken führen je nach der Art des Betriebes entweder anorganische oder organische Stoffe. Zu den ersteren gehören zum Beispiel Schwefelammonium und Schwefelkalzium der Gasfabriken, Metallsalzlösungen aus den Beizen der Farbenfabriken, wie Kupfer-, Blei-, Zinn-, Antimon- und Arsenverbindungen; Soda- und Pottaschefabriken geben reichlich Schwefelverbindungen ab, wie Natriumsulfid, Kalziumsulfid, Natrium- und Kalziumpolysulfide und freien Ätzkalk. Durch organische Verbindungen wird das Bachwasser stark verunreinigt seitens der Bierbrauereien, Brennereien, Molkereien, der Schlachthäuser, Wollwäschereien, Papierfabriken und Gerbereien; solche Betriebe führen dem Flußwasser außerdem auch anorganische Salze zu. Die Stollenwässer der Bergwerke enthalten neben Eisenvitriol auch Zinkvitriol und freie Schwefelsäure. Nicht unberücksichtigt sollen die Abwässer der Städte, Dörfer und Bauernhöfe bleiben, die in unmittelbarer Nähe des Flusses gelegen sind. Es ist klar, daß jene Teile der Perlenbäche, welche solch vergiftetes und verseuchtes Wasser aufnehmen müssen, auf weite Strecken die Ansiedelung von Muscheln unmöglich machen und vorhandene Tiere töten. Die Fische haben unter gleichen Umständen den Muscheln gegenüber den Vorteil, daß sie sich der Giftwirkung der Chemikalien durch rasche Flucht entziehen können, während die Muscheln mit ihren trägen und langsamen Kriechbewegungen dies nicht vermögen und

den Wirkungen der schädlichen Stoffe anheimfallen. Frische fäkalhaltige Wasser werden von manchen Fischen sogar aufgesucht und sind ihnen insoweit nicht gesundheitsschädlich, als deren weitgehende Zersetzung noch nicht stattgefunden hat. Tritt sie aber ein, entwickeln die schwefel- und stickstoffhaltigen Stoffe durch Zersetzung Schwefelwasserstoff und Ammoniak, so wird auch das Leben der Fische bedroht, die außerdem noch durch den Sauerstoffmangel des betreffenden Wassers zu leiden haben, da der Sauerstoff zur Oxydation der organischen Substanzen verwendet wird.

Wohl tritt bei unseren Flüssen eine Selbstreinigung dadurch ein, daß feste, schwebende Bestandteile zur Sedimentation kommen, andere Stoffe durch Wechselwirkung mit den übrigen gelösten Verbindungen des Wassers oder durch Oxydation in unlöslicher Form niedergeschlagen werden. Hierzu ist eine gewisse Weglänge des dahineilenden Wassers notwendig; wenn sich aber in einem einst ruhigen, von der Kultur noch wenig berührten Tal nun in kurzen Zwischenräumen ein Betrieb an den anderen reiht, wenn dem sich gerade klärenden Wasser schon wieder von neuem Abflußkanäle zugeführt werden, so muß jedes Leben ersterben.

In solchen Bächen ist die Flußperlmuschel dem Untergange geweiht, da sie ein reines Gebirgswasser liebt, in welchem sich flinke Forellen und Aiteln tummeln, zu denen sie in wichtiger Lebensbeziehung steht. Bei jeder Anlage von Muschelbänken müßten daher nebst der chemischen Beschaffenheit des Wassers und der geognostischen Zusammensetzung seines Untergrundes auch die Anwesen der Nachbarschaft und die der stromaufwärts gelegenen Anrainer des Perlbaches sehr sorgfältig geprüft werden, ob die zu wählenden Perlwässer nicht übergroße Mengen gelöster organischer Substanz enthalten, welche der Farbe der Perlmutter und in gleicher Weise den Perlen schaden wie allzu großer Reichtum an niederen Pflanzen. Ein schlammiger Grund wird von den Muscheln gemieden, dagegen befinden sie sich wohl in Bächen mit klarem Wasser und weißem Sandboden, der mit größeren Steinchen untermischt ist.

##### **5. Verhalten in der kalten Jahreszeit. — Natürliche Feinde.**

Die Flußperlmuschel wurde in unseren Bächen in Höhenlagen bis 700 m beobachtet. Während der kalten Jahreszeit gräbt sie sich tief in den Sand des Flußbettes ein, und selbst ein vorübergehendes gänzlich Einfrieren kleinerer Wasserläufe wird ihrem Leben keine wesentliche Gefahr bringen, es müßte denn sein, daß andauernde strenge Kälte den Grund des Baches bis zu größerer Tiefe vollständig vereist.

Die Zahl ihrer Feinde ist verhältnismäßig gering. Außer der Fischotter fällt sie höchstens den Krähen und Raben zum Opfer, die sich aber nur dann an sie heranmachen, wenn sie von den Wellen an seichte Uferstellen oder ans Land gespült wurde. In letzter Zeit ist aber doch ein Vernichter und gefräßiger Räuber der Muscheln aufgetaucht, und das ist die im Jahre 1905 aus Nordamerika nach Böhmen eingeführte Bisamratte. Für die Fluß- und Teichwirtschaft sind die Bisamratten, die schon an vielen Wasserläufen Ober- und Niederösterreichs beobachtet werden konnten, höchst unerwünschte Gäste, da sie neben dem durch ihre Wühlarbeit angerichteten Schaden auch Fische, Krebse und, was uns hier besonders angeht, Muscheln vertilgen. Sollte sich die Bisamratte in der Nähe eines Perlwassers ansiedeln, dann sind alle tunlichen Verteilungsmaßregeln zu ergreifen, denn sie kann ganze Bestände von Muscheln dezimieren.

Innenparasiten besitzt die Flußperlmuschel keine; die Infusorienknäuel (*Conchophthirus*), die in den schleimigen Sekreten zwischen Mantel und Kiemen hausen, sind Ektoparasiten und vollständig harmlos. Bei der Entnahme von Eierballen aus den Kiemen der weiblichen Muscheln konnte ich wiederholt eine Larve, wahrscheinlich eine junge *Ryocophila* (Köcherfliege) beobachten, die sich ganze Gänge durch die Eierklumpen angelegt hatte. Ich bin derzeit noch nicht in der Lage, festzustellen, ob sich diese Larve von den Eiern, beziehungsweise von den ausgeschlüpften Muschellarven nährt, somit als ein Schädling der jungen Brut anzusehen wäre, oder ob sie sich mit der schleimigen Masse begnügt, in welche die Eier eingebettet sind. Diese interessante Frage harret noch ihrer Lösung.

## II. Anatomie der Perlmuschel.

### 1. Der Mantel.

Um die Entstehung der Perlen richtig zu erfassen, müssen wir uns wenigstens in kurzen Umrissen mit dem morphologisch-anatomischen Bau der Tiere bekannt machen, welche sie erzeugen. Hierbei mögen nur jene Merkmale kurz gestreift werden, die für das Verständnis des eigentlichen Themas unumgänglich notwendig sind (Abb. 2 Taf. 2).

Der weiche, skelettlose Körper der Muschel ist von zwei Schalen umgeben, welche in der Nähe ihrer höchsten Stelle, dem Wirbel, durch einen elastischen Knorpel, das Ligament oder Schloßband, miteinander verbunden sind. Um ein seitliches Ver-

schieben der beiden Schalenhälften zu vermeiden, befinden sich längs des oberen Randes jeder Schalenklappe Zähne und leistenartige Vorsprünge, die in entsprechende Vertiefungen der gegenüberliegenden Schale eingreifen und die man in ihrer Gesamtheit mit dem Namen „Schloß“ bezeichnet. Während das Ligament das Bestreben hat, die beiden Schalen zu öffnen, wirken diesem elastischen Band zwei Schließmuskeln entgegen, die in der Nähe des vorderen und hinteren Endes zwischen den zwei Schalenhälften ausgespannt sind; durch Kontraktion der beiden Schließmuskeln werden die Schalen fest geschlossen.

Bei der Suche nach Perlen müssen die Muscheln wenigstens so weit geöffnet werden, daß man einen genügenden Einblick in das Innere des Tieres gewinnt. Hierzu wenden die Perlenfischer eine Art Zange an, welche zwischen die beiden Schalenhälften — mehr gegen das vordere Ende des Tieres — eingeführt wird; durch Zusammendrücken der beiden Hebelarme der Zange werden die Ränder der Schalen auf etwa einen Zentimeter zum Klaffen gebracht. Bei diesem Öffnungsversuch der Muschel kann man feststellen, mit welcher großen Kraft die Tiere die beiden Schalenhälften zusammenzuhalten imstande sind. Das Auseinanderspreizen der Schalen, einerlei, ob es zwecks Auffindung der Perlen oder für einen eventuellen operativen Eingriff vorgenommen wird, muß mit der nötigen Vorsicht durchgeführt werden, da man bei zu starker Kraftanwendung die zwei Schließmuskeln leicht überspannt und zum Reißen bringt, eine Verletzung, die den Tod des Tieres zur Folge haben kann (Abb. 3; Abb. 4 Taf. 3).

Ich habe mich zum Öffnen und Operieren meiner Muscheln einer einfachen mechanischen Vorrichtung mit einer Stellschraube bedient und nicht der gebräuchlichen Zange der Perlfischer, da sie mir eine vorsichtigeren Behandlung der Tiere gestattete und sichere Gewähr bot, weder die Schließmuskeln zu überspannen, noch den Mantelrand zu verletzen; außerdem konnte ich die beiden Schalen, wenn ich sie bis zur gewünschten Weite geöffnet hatte, in dieser Lage fixieren.

Durchschneidet man die beiden Schließmuskeln und legt die eine Schalenhälfte zurück, so gewinnt man einen genügenden Einblick in den Bau des Tieres. Außer dem Eingeweidesack, ferner dem Fuß und den gitterartig durchbrochenen Kiemen fallen zwei häutige Lappen auf, die vom Rücken des Tieres ausgehen und einerseits die genannten Organe überdecken, andererseits aber der Schale innig anliegen; es sind dies die sogenannten Mantellappen oder der Mantel, der für die Bildung der Schale und der Perlen von großer Bedeutung ist (Abb. 5 Taf. 2). Soweit dieser mit einzelnen, der Zahl nach variierenden Haftmuskeln an der Schale an-

gewachsen ist, nennt man ihn Mantelscheibe oder Mantelplatte; längs einer gebogenen Linie, die sich an der Innenseite der Schale,

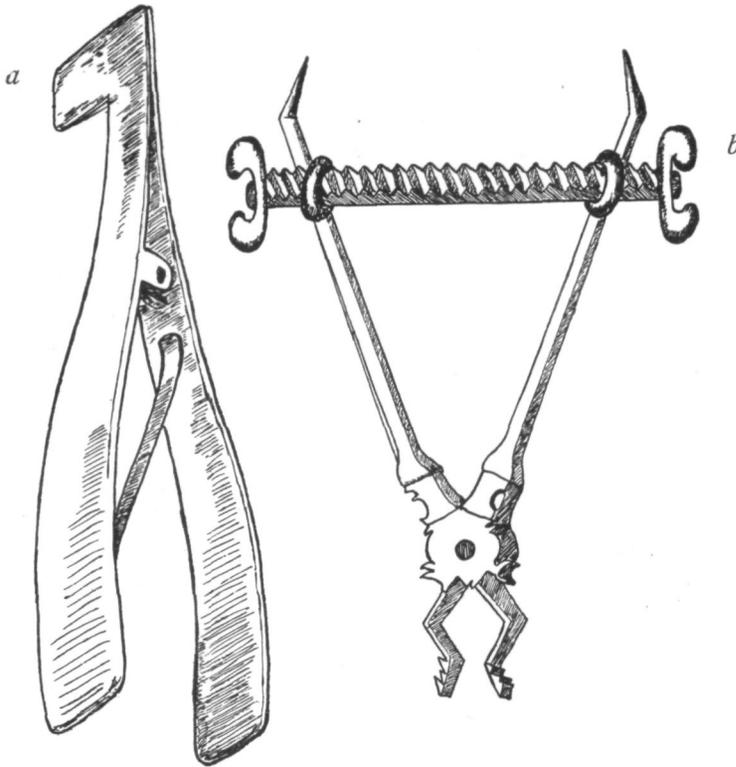


Abb. 3.

Zangen zum Öffnen der Muschelschalen.

*a* Am Doblbach gebräuchlich. *b* Nach Eberhardt (1751).

parallel ihrem Rande, zwischen dem vorderen und hinteren Schließmuskel hinzieht und die man als Mantellinie bezeichnet, ist der Mantel mit der Schale besonders innig verwachsen. Dadurch wird der Raum zwischen Mantel und Schale, der sogenannte Mantelschalenraum, von der Außenwelt abgeschlossen. Die Fortsetzung des Mantellappens über die Mantellinie nach dem Rande der Schale zu ist der muskulöse Mantelrand. Aus einer Rinne, einer Falte desselben, von besonderen Zellen erzeugt, wölbt sich ein hornartiges Häutchen (die Epikutikula) gegen den Schalenrand und verwächst mit ihm; dadurch ist ein zweiter Verschuß des Mantelschalenraumes — der erste ist die Mantellinie — nach außen gegeben.

Der Mantel besteht aus drei Schichten. Die erste ist das Außenepithel (Mantelepithel), das der Schale zugewendet ist und ihr anliegt; es setzt sich zusammen aus einer einschichtigen Lage meist kubischer oder zylindrischer Zellen, zwischen denen schleimprodu-

zierende Becherzellen eingelagert sind. Das Außenepithel geht über den gefalteten Mantelrand in das Mantelinnenepithel über, das an den Kiemenraum grenzt; auch dieses ist einschichtig, und seine Zellen sind bewimpert, was bei denen der Mantelaußenhaut nicht der Fall ist. Zwischen Außenepithel und Innenepithel liegt ein Bindegewebe, das Mantelparenchym. Die Zellen des Mantelaußenepithels sind es, die die Schale zu erzeugen vermögen, welche dem Muscheltier Schutz vor äußeren Einflüssen gewähren soll.

## 2. Die Schale und ihre Bildung; Jahresringe.

Die Schalen aller Muscheln sind ziemlich gleich gebaut und was hier von der Flußperlmuschel gesagt wird, gilt nahezu in gleicher Weise von der echten Seeperlmuschel und den meisten übrigen Lamellibranchiaten (Abb. 6 Taf. 3).

Die äußere Schichte der Schale nennt man die *Epidermis* oder das *Periostrakum*. Sie besteht aus mehreren zarten Lamellen einer organischen Substanz, dem *Konchyolin*. In innigem Zusammenhang mit dieser äußeren Membran steht die zweite Schichte, die aus prismatischen Kalkgebilden zusammengesetzt ist, die senkrecht zur Oberhaut stehen, eine feine Querstreifung aufweisen und von einer sehr dünnen Periostrakumhülle umgeben sind, und zwar so, daß jedes Kalkprisma gleichsam von einem Mantel von *Konchyolin* umhüllt ist. Löst man die Kalkschichte vorsichtig in Essigsäure oder Salzsäure auf, so bleiben hohle Säulen übrig, vergleichbar mit den Wachszellen einer Bienenwabe.

Auf diese Prismen- oder Porzellanschichte folgt, dem äußeren Mantelepithel anliegend, die Perlmutter-schichte, die aus zarten, gewellten, schief gegen die Oberfläche laufenden Kalkplättchen besteht und den schönen, irisierenden Glanz der Innenseite der Perlmutter-schale bedingt. Zu dieser Perlmutter-schichte gesellt sich stellenweise noch eine vierte Schichte, die sogenannte helle Schichte, die vornehmlich an den Ansatzstellen der Muskeln gefunden wird und in ihrem Aufbau an die Prismenzzone erinnert, doch in ihrer Bildung von der Periostrakumschichte unabhängig ist.

Während die Prismenschichte aus jener Art des kohlen-sauren Kalkes zusammengesetzt ist, die man Kalzit nennt, ist die Perlmutter-schichte ihrer Substanz nach Aragonit, demgemäß ihre Härte 3 bis 4. Nach Karny<sup>7)</sup> ist die Schale von *Pinna* und den *Aviculiden* im engeren Sinne (*Meleagrina* und *Malleus*) aus diesen zwei Formen

<sup>7)</sup> Karny H., Unters. z. Aufklärung d. Struktur der Muschelschalen, Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien, Math. Natw. Kl. Bd. 122. Abt. 3, 1913.

des kohlen-sauren Kalkes aufgebaut. Für die von ihm untersuchten Unioniden (Anodonta, Unio und Spatha) gibt er an, daß auch die Prismenschichte aus Aragonit besteht.

Die Prismen von Pinna und Mytilus sind einzelne Kristall-individuen von Kalzit, während sie bei der echten Seeperlmuschel aus mehreren Kristallen bestehen und als „zusammengesetzte Prismen“ angesprochen werden. Die Prismen der Unioniden (Teich-muschel, Malermuschel und Flußperlmuschel) sind als keilförmige Ausschnitte von Sphärokristallen von Aragonit zu betrachten; daß sie Aragonit sind, ergibt sich aus ihrem optischen Verhalten, wird aber auch durch die Meigen'sche Reaktion bestätigt, welche darin besteht, daß Kalzitpulver und Aragonitpulver mit Kobaltnitratlösung gekocht werden. Ersteres färbt sich hiebei rosa, letzteres violett.

Jede Stelle des Mantels ist — im Gegensatz zu früheren An-sichten — befähigt, alle genannten vier Schichten der Schale zu bilden.

Rubbel<sup>8)</sup> stellte Versuche über Schalenregeneration an unserer Flußperlmuschel an, die er der Lohr, einem Fließchen, welches den nördlichen Spessart durchfließt, entnahm. Er sägte aus der Schale einer Muschel ein Stückchen heraus und verschloß die Öffnung mit einem in Zelloidin getauchten Papier, worauf die Muschel wieder ins Wasser zurückgegeben wurde. Nach längerer Ruhe, die man dem Tiere ließ, zeigte sich dann bei einer neuerlichen Untersuchung, daß das Loch mit einem Häutchen überwachsen war, das aus Periostrakums-substanz bestand, auf der sich Kalkprismen der Por-zellanschichte zu bilden begannen.

An der Innenseite der Schale der Flußperlmuschel beobachtet man häufig gelbe bis gelbgrüne Flecken, die den Namen „Ölflecken“ erhielten und sich bei mikroskopischer Prüfung als zwischen den übrigen Schichten der Schale eingelagerte Periostrakumlamellen erwiesen, die, soferne sie nicht ganz an der Oberfläche lagen, An-sätze von Prismenschichten erkennen ließen (Abb. 7 Taf. 4). Da diese Ölflecken ganz regellos über die Innenfläche der Schale verteilt sind, also in keinem irgendwie gearteten Zusammenhang mit jenem Zellenkomplex der Mantelrandfalte stehen, welche das Periostrakum erzeugen, so ist die Annahme gerechtfertigt, daß die Zellen des Mantelaußenepithels imstande sind, alle drei Schalenschichten ab-zuscheiden.

Ich möchte hier auf eine Beobachtung der Austernzüchter hin-weisen, die sich den vorstehenden Experimentaluntersuchungen gleichlautend anschließt. Die Schalen der jungen, einjährigen

<sup>8)</sup> Rubbel A., Zur Kenntnis der Schalenregeneration bei der Flußperl-muschel, Zool. Anz. Bd. 37, 1911.

Austern werden oft verletzt, wenn sie mit dem Messer von den Ziegeln abgeschabt werden, die man in großer Zahl in das Meer versenkt, um die im Frühjahr von dem Muttertiere ausgestoßenen Larven, die ursprünglich freischwimmend sind, für die weitere Zucht zu sammeln. An diesen jungen, beschädigten Austern wird die Schalenregeneration durch Ausscheidung des Periostrakums eingeleitet und nach etwa vier Wochen ist der Defekt durch Bildung der Prismen- oder Perlmutterlagen vollständig ausgeheilt.

Die Außenseite einer Muschelschale zeigt um den Wirbel konzentrisch gelagerte Linien, die man früher als „Jahresringe“ bezeichnete. Es hat sich aber herausgestellt, daß zur Bildung einer solchen Zuwachszone keineswegs gerade ein Jahr erforderlich sei und diese besser als „Wachstumsstreifen“ zu benennen wären, deren Zahl und Breite einerseits vom Alter des Tieres, andererseits aber auch von den Ernährungsverhältnissen der Muschel abhängig sein werden. In den ersten Lebensjahren sind diese Wachstumsstreifen ziemlich weit voneinander entfernt, während sie mit zunehmendem Alter, in welchem das Größenwachstum der Schale sehr langsam vorschreitet, immer schmaler und schmaler werden. Es ist höchst wahrscheinlich, daß die Größenzunahme der Schale von einem Ring zum andern normalerweise mit dem Wachstum eines Jahres zusammenfällt, es ist aber auch denkbar, daß die Muschel innerhalb eines Jahres beispielsweise zwei Wachstumsperioden mitgemacht hat und ihr Wachsen durch mangelhafte Nahrungszufuhr, etwa durch eintretenden Wassermangel des von ihr bewohnten Baches, oder durch andere Umstände unterbrochen wurde; in dem erwähnten Falle kämen somit zwei Zuwachsstreifen auf ein Jahr.

Der Wirbel der Muschelschalen sieht, besonders bei älteren Tieren, wie angefressen aus. Diese Korrosion der Außenseite der Schale an ihrem ältesten Teil ist abhängig von dem Kalkgehalt der Wasser und der in diesen vorhandenen Kohlensäure. Es ist beobachtet worden, daß sich die Muscheln gegenüber der lösenden Wirkung der Kohlensäure dadurch zu schützen trachten, daß das äußere Mantelepithel Konchyolinschichten (die sogenannten Tullberg'schen Schichten) absondert, welche den Kalk der Schale gegen den Angriff der freien Säure bewahren. So erscheint es auch verständlich, daß bei Muscheln, welche in solchen sauren Wässern leben, die „Ölflecken“ häufiger auftreten als bei jenen, die in Bächen wohnen, deren freie Säure zum größten Teil durch Kalk gebunden ist.

### 3. Wachstum der Perlmuschel.

Über den dunklen, auf der Schalenoberfläche auftretenden Streifen, der die Grenzzone zweier rascher wachsenden Schalen-

partien markiert, gibt uns Hazay<sup>9)</sup> Auskunft. Er hält es nach seinen Beobachtungen, die er an *Unio* und *Anodonta* anstellte, für erwiesen, „daß in den Monaten Dezember, Jänner und Februar kein Wachstum stattfindet, daß aber während dieser Zeit der Ruhe der Schalenrand, namentlich die zarte vorstehende Epidermis, von dem Bodenschlamm angegriffen und durchsetzt wird, so daß der ganze Rand eine dunklere Färbung annimmt. Dieser Umstand macht sich an den Schalen in den dunklen Jahresringen bemerkbar, welche daher ganz richtig als ein jeweiliger Wachstumsabschluß anzusehen sind. Je nach der Bodenbeschaffenheit werden diese sehr natürlich auch mehr oder minder auffallend markiert sein“.

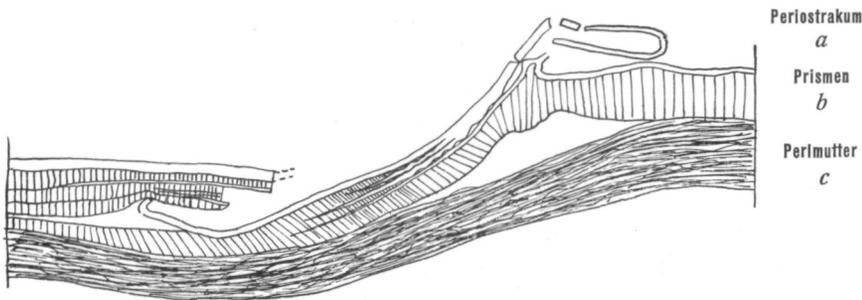


Abb. 8.

Schnitt durch einen „Jahresring“ (Winter-Ring) der Schale einer Muschel (*Lampsilis ventricosa*), nach R. E. Coker, A. F. Shira, H. W. Clark und A. D. Howard.

Der Schnitt zeigt die oftmaligen Wiederholungen von Periostrakum und Prismenlagen.

Nach Coker<sup>10)</sup> und seinen Mitarbeitern ist das Auftreten der Wachstumsstreifen durch oftmalige Wiederholungen der Sekretion von Periostrakum und Prismenschichten auf relativ kurzer Strecke bedingt.

Es kann der Fall eintreten, daß der Mantelrand durch bestimmte Ursachen soweit zurückgezogen wird, daß der Zusammenhang der Epikutikula desselben mit den Konchyolinschichten der Schalenwand verloren geht. Diese Ursachen können entweder in mechanischen Insulten liegen, oder wieder dadurch hervorgerufen werden, daß die Muschel unter ungünstige Lebensverhältnisse gerät, wie zum Beispiel durch Wassermangel des Beckens, in welchem sie sich aufhält, oder in dem Eintreten niederer Temperatur, bzw. von Temperaturschwankungen. Besonders bei starkem oftmaligen Kälteeinbruch (Herbst- und Frühjahr) wird der Mantel wiederholt in das

<sup>9)</sup> Hazay J., Die Molluskenfauna von Budapest, Malac. Bl. N. F. Bd. 4 3. biolog. Teil, Kassel 1881.

<sup>10)</sup> Coker R. E., Shira A. F., Clark H. W. and Howard A. D., Natural History and Propagation of Fresh-Water Mussels, Bull. M. S. Bureau of Fisheries Bd. 37, 1919–1920.

Innere gezogen und seine Tätigkeit vorübergehend eingestellt. Wird sie aber wieder aufgenommen, wie etwa im Frühjahr, so werden die vom äußeren Epithel der äußeren Mantelrandfalten frisch gebildeten Schichten nicht dort ansetzen, wo die alten Schichten aufgehört haben, sondern es erfolgt, von der inneren Seite der Schale gesehen, eine streckenweise Überlagerung derselben. Diese Schichten, welche wieder in der ursprünglichen Reihenfolge Periostrakum-Prismen abgeschieden werden, bedingen die Vergrößerung der Schale der Fläche nach. Die Neubildungen und Überlagerungen sind abhängig von der Zahl der aufeinander folgenden extremen Retraktionen des Mantelrandes, somit von den Perioden eingetretener Untätigkeit. Die Folge solcher wiederholter Auflegungen, wobei die Prismenschichten auskeilen, ist eben das Auftreten der markanteren Streifen an der Außenseite der Muschelschale. Daß diese ihr Entstehen solchen öfteren Wiederholungen von Periostrakum und Prismenschichten verdanken, zeigt das mikroskopische Bild eines Schalenschliffes, der durch einen solchen „Jahresring“ geführt wurde. (Abb. 8.)

Rubbel,<sup>11)</sup> der einige Beobachtungen über das Wachstum der Flußperlmuschel veröffentlichte, kommt zu dem Ergebnis, daß die Größen- und Dickenzunahme der Schale sehr unregelmäßig vor sich gehe und besonders im Alter — die Flußperlmuschel wird 70 bis 80 Jahre alt und noch darüber — rasch abnehme; bei alten Tieren sind die Zuwachsstreifen der äußeren Partien der Schale so enge beisammenliegend, daß sie kaum mehr unterschieden werden können. Aus den Messungen, die Rubbel über das Längen-, Breiten- und Dickenwachstum der Flußperlmuschel anstellte, macht er sich beiläufig ein Bild über das Alter der Tiere. Er schreibt: „Aus den Angaben der Tabelle geht hervor, daß Tiere von 60 bis 80 *mm* Länge jährlich durchschnittlich um einen Millimeter zunehmen, während diese Zahl bei Muscheln von 80 bis 100 *mm* schon unter 0,4 *mm* in einem Jahr sinkt. Leider fehlen nun die vergleichenden Zahlen für die jüngeren Stadien, doch dürfte das Alter einer 60 *mm* langen *Margaritana* mit zehn Jahren niedrig genug eingesetzt sein. Es würde dann nach den oben mitgeteilten Zahlen etwa zwanzig Jahre dauern, bis die Länge von 80 *mm* erreicht ist, ferner noch etwa vierzig Jahre, bis die Muschel 100 *mm* lang geworden ist.“

Über die Jugendstadien der Flußperlmuschel, darunter soll ihr Wachstum innerhalb der ersten Lebensjahre verstanden sein, ist deswegen so wenig bekannt, da es überaus schwer möglich ist, die

<sup>11)</sup> Rubbel A., Beobachtungen über das Wachstum von *Margaritana margar.*, Zool. Anz. Bd. 41, 1913.

kleinen, mit einer zarten Schale versehenen Tierchen im Bachsande aufzufinden.

Ekman<sup>12)</sup> gibt folgenden Zusammenhang zwischen Größe und Alter der Flußperlmuschel:

0'6	cm lang . . . . .	1 Jahr
5'29	„ „ . . . . .	12 Jahre
8'3	„ „ . . . . .	22 „

Altnöder<sup>13)</sup> läßt die Beurteilung des Alters der Muschel nach den Größenmaßen nur für die Individuen desselben Baches, die unter den gleichen Ernährungsbedingungen leben, gelten, und glaubt ein besseres Kriterium der Altersbestimmung in dem Gewicht der Muschelschale vorschlagen zu dürfen. Seine Arbeiten führen ihn zu dem Schluß, daß das Wachstum der Muscheln von ihrem Aufenthaltsgebiet wesentlich abhängig sei. Besonders dort, wo die muschelführenden Bäche oder Flüsse ein geringeres Gefälle aufweisen, wo sie ruhig fließen und den Tieren ausgiebigere Nahrungsquellen bieten, ist die Größen- und Gewichtszunahme der Muscheln wesentlich günstiger. So scheint das Verbreitungsgebiet der Äsche in bezug auf Nahrungsreichtum unserer Flußperlmuschel gut zu behagen und Altnöder nennt besonders den Regen als ein Perlwasser, das gleichzeitig Äsche und Huchen beherbergt, in welchem die Muscheln durch ein relativ rasches Wachstum ausgezeichnet sind. Auch dort, wo Äsche und Forelle zusammen vorkommen, wie etwa in der Rinchnacher Ohe, sind die Lebensbedingungen der Muscheln günstig, ihr Wachstum ein gutes. Weniger günstig in bezug auf Ernährung sollen nach Altnöder jene Bäche sein, wo nur Forellen anzutreffen sind.

Z u s a m m e n f a s s e n d könnte man sagen, daß die Ernährungsverhältnisse und mit ihnen das Wachstum der Muscheln bachabwärts besser sind, als in dem raschen, nur von Forellen bewohnten Oberlauf der Perlwässer.

Nach Hazay,<sup>14)</sup> der das Wachstum einiger Unio-Arten in ihrem Jugendstadium verfolgen konnte, stellen sich die Größenverhältnisse während des ersten Lebensjahres:

Wachstum der Muscheln im ersten Jahre:

<i>Unio batavus</i>	. . . . . 6—13 mm lang	4—8 mm breit
<i>Unio tumidus</i>	. . . . . 3—15 mm lang	2'5—8½ mm breit
<i>Unio pictorum</i>	. . . . . 8—20 mm lang	3½—9 mm breit.

<sup>12)</sup> Ekman; zitiert bei Altnöder K. (siehe die nachfolgende Anmerkung).

<sup>13)</sup> Altnöder K., Beobachtungen über die Biologie von *Margaritana margaritifera* und über die Ökologie ihres Wohnortes, Archiv für Hydrobiologie, Bd. 17, 1926.

<sup>14)</sup> Siehe Anm. 9.

Nach seinen Angaben erfolgt das stärkste Wachstum der genannten Muschelarten im dritten bis vierten Jahre; vom fünften Jahre an werden die Zuwachsstreifen immer schmaler, das Längen- und Breitenwachstum nimmt an Intensität ab. Das durchschnittliche jährliche Wachstum im zweiten, dritten und vierten Jahre beträgt bei: *Unio batavus* 16¼ mm, *Unio tumidus* 20 mm, *Unio pictorum* 24 mm. Das erreichbare Lebensalter bei *Unio* und *Anodonta* wird mit 10 bis 12 Jahren angegeben.

### III. Bau und Bildung der Perle.

#### 1. Perlsack. — Sitz der Perlen. — Weislinien.

Im Bindegewebe des Mantelrandes eingebettet liegen nun die allseits ausgebildeten, in ihrer schönsten Form als vollendete Kugeln erscheinenden Perlen, die Mantelperlen. Sie sind umgeben von einem einschichtigen Säckchen, einer Zyste, dem sogenannten Perlsack, dessen Zellen, ihrer Herkunft nach dem Mantelepithel entstammend, die Bildung der Perle verursacht haben. Geradeso wie die verschiedenen Schichten der Schale von den Außenzellen des Mantels gebildet wurden, so sind die Epithelzellen des Perlsackes befähigt, alle vier oben genannten Schichten zur Bildung einer Perle abzusondern. Die Zellen des Mantelepithels scheiden gewöhnlich zuerst Periostrakumsubstanz, dann Prismen- und endlich Perlmutter-schichten ab. Diese Reihenfolge können auch die Zellen des Perlsackes bei ihrer Sekretion einhalten, daher werden, falls alle drei Lagen zur Entwicklung kommen, sich zuerst, den Kern der Perle bildend, dunkle Periostrakumschichten absetzen, dann folgen durch konzentrische Auflagerung die feinen Kalkprismen und endlich Plättchen der Perlmuttersubstanz. Es ist aber keineswegs notwendig, daß alle Entwicklungsstufen bei einer Perle vertreten sind, die eine oder die andere Schichte kann fehlen oder auf ein Mindestmaß beschränkt sein. Ist das Innere der Perle reichlich aus Periostrakumlamellen aufgebaut, so erscheint durch ihre zarten Außenhüllen ein schwarzer oder dunkler Kern. Die schönsten und besten Perlen sind wohl jene, welche vornehmlich aus Perlmutter-schichten aufgebaut sind; sie zeigen den bekannten „Orient“ in reinster Form. Fehlt die Perlmutter-schichte und wechseln nur Periostrakum- und Prismenschicht oder bildet diese die Oberfläche und bedeckt darunter liegende Perlmutterlagen, so erscheint die Perle porzellanartig weiß oder gar braun und entbehrt jeglichen Lüsters (Abb. 9 Taf. 4).

Der Sitz der Perlen im Muschelkörper kann recht verschieden sein. In der Ligamentfalte des Mantels, in der Nähe des Schlosses, treffen wir auf längliche Perlen, die ihre Form dem Wachstum in einem ziemlich eingeengten Raum verdanken. In der Mitte der Mantelplatte sind Perlen seltener, dagegen treten sie längs der Mantellinie auf, und zwar sowohl in der Richtung gegen die Mantelplatte, wie auch gegen den Mantelrand zu. Im hinteren Teil dieses muskelreichen Körperteiles beobachten wir sie nicht nur am häufigsten, sondern die an dieser Stelle gefundenen Perlen zeichnen sich auch durch besondere Größe aus. Dies ist darauf zurückzuführen, daß hier zufolge starker Wölbung der Schale der Bildung der Perle ein größerer Spielraum zur Verfügung steht. Damit im Zusammenhange ist die Erscheinung, daß in verkrüppelten Muscheln, deren Schalen durch irgendwelche Ursachen stärker aufgewölbt sind, sich größere Perlen entwickeln, da ihrem Wachstum keine nennenswerten Hindernisse entgegengesetzt werden. Auch an den Ansatzstellen der Schließmuskeln kommen Perlen vor, ebenso im vorderen Mantelrand. Sie sind aber gewöhnlich klein, da hier der Raum zwischen den Schalen ziemlich enge ist.

Es ist naheliegend, daß die Perlen als pathologische Neubildungen im Tierkörper das Wachstum der Schale, vornehmlich bei jungen Tieren, beeinflussen können. Bei manchen Muscheln sieht man quer über die Oberfläche der Schale einen buckeligen Streifen ziehen, der als „Leitlinie“ oder „Weislinie“ bezeichnet wird. Das Ende derselben in der Richtung des Schalenrandes gibt den Sitz der Perle an. Die Fischer wollen nun aus der Anwesenheit dieses äußeren Merkmales auf das Vorhandensein einer Perle schließen, ohne die Muschel erst öffnen zu müssen.

Die Weislinie wird nur von jenen Perlen verursacht, die im peripheren Teil des Mantelrandes gelegen sind; obwohl im Bindegewebe desselben eingeschlossen, üben sie auf ihre unmittelbare Unterlage, auf das Periostrakum des Schalenrandes, das an dieser Stelle keine Prismen ausbildet, einen Druck aus, welchem das weiche Periostrakum durch Vorwölbung nach außen nachgibt und auf diese Weise das sogenannte „Schnürl“ der Perlenfischer erzeugt. Keineswegs muß aber jede Muschel, die eine Perle führt, auch äußerlich verraten, daß sie ein kostbares Kleinod in ihrem Innern birgt; das ist eben lediglich durch die Lage der Perle innerhalb des Mantelrandes bedingt. Es kann aber auch die Weislinie vorhanden sein und die Perle fehlen. Diese Erscheinung tritt dann ein, wenn die Perle durch Sprengung der Haut des Mantelrandes vom Tiere ausgeworfen wurde.

Die Weislinie schneidet in ihrem Verlauf die Jahresringe der Muschelschale. Altnöder will nun aus der Zahl der von der Leit-

linie durchquerten Jahresringe einen Rückschluß auf das Alter der Perlen ziehen, aber auch aus der Feststellung des Beginnes der Weislinie, gemeint ist damit der Beginn innerhalb eines bestimmten Jahresringes, ein Urteil über den Beginn der Perlbildung bei der betreffenden Muschel fällen.

## 2. Beginn und Dauer der Perlbildung.

Bezüglich des Beginnes der Perlbildung gibt Altnöder nachstehende Tabelle, aus der man entnehmen kann, daß die Perlbildung, wie zu vermuten war, wohl in allen möglichen Altersstufen einsetzen kann, daß sie aber besonders in das Jugendstadium der Muschel fällt. Eigene Beobachtungen lehren, daß die Perlbildung auch bei recht alten Muscheln beginnen kann, daß aber im vorgerückten Alter des Tieres der langsam wachsende Fremdkörper, die Perle, die vielfach gefaltete und schon widerstandsfähigere Periostrakumzone des Schalenrandes weniger irritieren kann als in der Jugend.

Länge der Muschel in cm	Jahr der Perlbildung
4·7	3
5·5	5
8·8	4
10·0	5
10·6	9
10·7	6
10·7	9
11·8	14
11·2	11
11·3	5

Recht häufig begegnet dem Fachmann die Frage: Wie lange braucht die Muschel, um eine Perle von dieser oder jener Größe zu erzeugen? Das Größenwachstum einer Perle, das sicher in einer Relation zum Wachstum der Schale steht, wird von den örtlichen Verhältnissen, unter welchen die Muschel lebt, abhängig sein. Bisher hat man sich bei der Beantwortung der obigen Frage lediglich auf die Aussagen der Perlfischer, auf bloße Schätzungen verlassen. Die Methode von Altnöder, das Alter einer Perle durch Zählung der Jahresringe festzustellen, die von der Weislinie geschnitten werden, kann zur annähernden Orientierung benützt werden.

Nachstehende Tabelle (Altnöder) möge die Verhältnisse erläutern. Die Zahlen in der zweiten und dritten Reihe geben das

Alter des Jahresringes an, bei welchem die Weislinie beginnt, beziehungsweise endet.

Länge der Muschel in cm	Beginn des Schnürs	Ende des Schnürs	Alter der Perle in Jahren	Größe der Perle in mm	Farbe der Perle	Gewicht der Perle in g
10·3	9 ?	29	20	3·5	rotbraun	0·0512
10·3	13	30	17	4·0—3·1	braunschwarz	0·0392
10·9	12 ?	38	26	5·1—4·4	rot	0·1135
10·7	12	34	22	4·3	braun	0·0817

Auf Grund dieser Aufzeichnungen dürfte eine Perle von etwa 4 mm Durchmesser eine Wachstumsdauer von 20 bis 25 Jahren aufweisen.

Ich habe das Wachstum der in Dobl gezüchteten Perlen nach der Größe des Perlsackes beurteilt, der sich aus dem in die Muschel transplantierten äußeren Mantelepithel gebildet hatte und nach innen eine Perle abschied. (Siehe das Kapitel über gezüchtete Perlen.) Wohl wurden auch die Dimensionen der im Perlsack liegenden Perle gemessen; wenn wir aber bedenken, daß die Perle bei der Entkalkung zum Zwecke der mikroskopischen Prüfung eine Schrumpfung erfahren hat, so würden die zurückgebliebenen feinen Konchyolinlamellen (Grundsubstanz der Perlmuttermasse), die ihrer festen Stütze, des Kalkes, beraubt sind, kein rechtes Urteil über die Dicke der in einem bestimmten Zeitraum gebildeten Perlensubstanz aufkommen lassen. So glaubte ich der Wirklichkeit näher zu kommen, wenn ich die Dimensionen des Perlsackes feststellte, der ja der Perle enge angeschmiegt war. Wo der Perlsack nicht rund war, habe ich das Mittel des in verschiedenen Richtungen gemessenen Hohlraumes als seinen Durchmesser angenommen.

### 3. Bau der Perle. — Schalenkonkretion. — Schalenperlen. — Glanz und Farbenspiel. — Parasit. Bildungen. — Bedeutung der Epithelzellen.

Réaumur<sup>15)</sup> war der erste, welcher die Übereinstimmung des Baues einer Perle mit dem der Schale der Muschel richtig erkannte, und Heßling meint, daß die Perlen nichts anderes seien als in Kugelgestalt umgewandelte Schalen. Bei der Abscheidung der Schale wird zu äußerst das Periostrakum entstehen und zu innerst die Perlmutter-schichte, bei der Perle hingegen wird naturgemäß, bei

<sup>15)</sup> Réaumur R. A., Observations sur le Coquillage appelé Pinne Marine. ou Nacre de Perle, à l'occasion duquel on explique la formation des Perles; Histoire de l'Academie royale des sciences, Année 1717, Paris 1719.

gleicher Reihenfolge der Bildung der Schichten, im Kern Periostrakum und an der Oberfläche Perlmutter zu finden sein.

An der Innenseite der Muschelschale beobachtet man häufig runde, buckelartige Auftreibungen, über deren Natur und Herkunft man erst ins Klare kommen kann, wenn man diese Stelle eröffnet oder anschleift. Da kann sich nun ein mit Schalensubstanz überwölbter Hohlraum zeigen, dessen Inneres von irgendeinem Fremdkörper eingenommen wird, an welchem man in günstigen Fällen noch die Abstammung erkennen kann, oder er wird von Konkretionen unbestimmter Art, von Zerfallsprodukten eingedrungener Körper ausgefüllt. Solche Auftreibungen können dadurch entstanden sein, daß bohrende Würmer, Schnecken oder Muscheln die Schale des Tieres von außen angriffen und verletzten. Das Mantelepithel suchte den Eindringling von dem weiteren Vordringen in den Weichkörper abzuhalten, indem es zum Schutz Schalensubstanz um die verletzte Stelle abschied, welche durch fortwährende Ablagerung neuer Schichten zu jener kugeligen Erhebung, jener perlenartigen Ausbuchtung der Schale führten, die man mit dem Namen „Schalenkonkretion“ bezeichnet.

Eine solche kann aber auch gebildet werden, wenn zwischen Schale und Mantel ein Fremdkörper eindringt und durch seinen ständigen Reiz das Außenepithel des Mantels zu reichlicher Absonderung von Perlmuttersubstanz veranlaßt, wodurch der eingewanderte oder zufällig hereingekommene Körper mit der Schalenwand verkittet wurde. Diese Schalenkonkretionen werden nur dann zu Schmuck verarbeitet, wenn sie in ihrer Form einer Halbkugel nahezu gleichkommen.

Altnöder<sup>10)</sup> gibt in seiner Arbeit eine bemerkenswerte Erklärung für das Zustandekommen von Schalenkonkretionen und stützt seine Ansicht durch das Experiment am lebenden Tiere. Wird die Mantelplatte an irgend einer Stelle verletzt, so kommt das durch die Einfuhröffnung am hinteren Schalenende eintretende Wasser, welches außer den zur Atmung erforderlichen Sauerstoff auch Nahrung und feinsten Schlamm mitbringt, durch die verletzte Mantelstelle in unmittelbare Berührung mit der Innenfläche der Schale, wodurch diese der lösenden Wirkung der Kohlensäure ausgesetzt wäre. Um das Eindringen des Wassers in den Mantelschalenraum zu verhindern, scheidet die Muschel, die inzwischen durch Neubildung von Zellen die Wunde im Mantel zu schließen trachtet, mittelst der äußeren Epithelzellen des Mantels wieder Periostrakum aus, welches in etwas weiterem Umkreis unterhalb der verletzten Stelle beginnt und dort der Schale anliegt, sich aber dann als ein zartes Häutchen

<sup>10)</sup> Siehe Anm. 13.

von diesen Stützpunkten gegen die Ränder der Wunde erhebt und mit ihnen in Verbindung bleibt. Auf diese Weise bildet sich ein Hohlraum, der durch den noch klaffenden Spalt der Wunde mit dem Kiemenmantelraum in Verbindung steht und nur in das vom Periost begrenzte Gebiet das Eindringen von Wasser und der in diesem schwebenden Teilchen gestattet. Der übrige Teil der Innenseite der Schale ist somit durch die Periostausscheidung gegenüber der Einwirkung des Wassers abgedichtet.

Bevor sich die Wunde im Mantel gänzlich schließt, sammeln sich in dem besagten Hohlraum aus dem den Körper der Muschel durchströmenden Wasser Sandkörnchen, Pflanzen und Tiere oder deren Reste an. Altnöder fand, daß aus der Mantelwunde eine dunkle Masse pfropfartig hervorragte, in welcher er neben anorganischen Stoffen verschiedene Algen, wie *Desmidiaceen*, *Cyanophyceen* und *Diatomeen* antraf; die Untersuchung stellte auch die Anwesenheit von Flagellaten, Infusorien, kleinen Nematoden und gelegentlich auch einer roten Chironomidenlarve fest. Schließt sich dann die Wunde, so werden all die genannten Bestandteile der braunen Masse, des Pfropfens, allmählich mit Periost des jetzt völlig geheilten Mantels und dann später mit Prismen- und Perlmutter-schichten überzogen; es bilden sich jene Buckeln und perlenartigen Auswüchse an der Innenseite der Schale, die wir bereits als Schalenkonkretionen kennen gelernt haben. Nach der gegebenen Erklärung verdanken manche von ihnen den sicher öfters vorkommenden Mantelverletzungen der Muschel ihre Bildung.

Aus solchen Auftreibungen kann bei ihrer Öffnung aber auch eine schön ausgebildete Perle zum Vorschein kommen, die durch aufgelagerte Perlmutter-schichten mit der Schale verwachsen ist (Abb. 10 Taf. 5). Solche Perlen — man gab ihnen den Namen „Schalenperlen“ — lagen ursprünglich im Bindegewebe des Mantels, in dem sie erzeugenden Perlsack eingebettet. Diese Perle wanderte samt dem sie umhüllenden Epithelsäckchen gegen das Außenepithel des Mantels, durchbrach es, wobei es nach Zerreißung der Zyste zur Verschmelzung beider schalenerzeugenden Schichten kam. Die freigewordene Perle wurde nun an die Innenwand der Muschel gedrückt und durch abgeschiedene Perlmutter-schichten mit ihr verlötet. Während die Schalenperlen, die unter Umständen praktisch ganz gut verwendet werden können, in ihrem Innern die natürliche konzentrische Schichtung einer Perle zeigen, wird diese Ausbildung bei den Schalenkonkretionen niemals angetroffen.

Der milde Glanz und das bescheidene Farbenspiel der Perlen wird durch die eigenartige Beschaffenheit der oberflächlichen Lagen der Perlmutter-schichten verursacht. Sie bestehen aus sehr dünnen Aragonitplättchen, die mit Konchyolinmembranen wechsel-

lagern. An diesen dünnen Plättchen (0'0004 bis 0'0006 mm) kommt eine Interferenz der auftreffenden und der an den aufeinanderfolgenden Schichten reflektierten Lichtstrahlen zustande, deren Ergebnis an jene prächtigen Farbenwirkungen erinnert, wie man sie beobachtet, wenn dünne Schichten von Öl oder Petroleum auf dem Wasser schwimmen. Die genannten Erscheinungen werden unterstützt durch Beugung des Lichtes an einer Art Stufengitter, welches an der Oberfläche der Perle dadurch entsteht, daß die dünnen Perlmutter-schichten stufenartig an ihr enden. Das Mikroskop läßt hier eine Zeichnung erkennen, wie wir sie mit freiem Auge etwa an dem Tangentialschnitt eines Baumstammes sehen können. Diese charakteristische Oberflächenstruktur der Perle wirkt eben als Beugungsgitter und ihr Vorhandensein läßt auch auf den ersten Blick eine durch die Lebenstätigkeit des Tieres entstandene Perle von täuschend aussehenden Imitationen mühelos unterscheiden. Die chemische Zusammensetzung der Perlen ist nicht konstant und wechselt innerhalb gewisser Grenzen. Ihre Hauptbestandteile sind der kohlensaure Kalk und als organische Beimengung kommt das Konchyolin in Betracht. Gerade das schwankende Mengenverhältnis dieser zwei Anteile bedingt das verschiedene Bild, das die chemische Analyse zahlreicher Perlen darbietet. Die wechselnden Mengen von anorganischer und organischer Substanz beeinflussen auch den Wert für die Dichte der Perle.

Die Analyse einer echten Meeresperle ergab nach G. und H. S. Harley<sup>17)</sup>:

Kohlensaurer Kalk . . . . .	91'72%
Organische Substanz . . . . .	5'94%
Wasser . . . . .	2'23%
Verlust . . . . .	0'11%
	100'00%

Um die Übereinstimmung in der Zusammensetzung von Perlen und der Muschelschale zu kennzeichnen, seien noch zwei Analysen der Schalen von *Margaritana margaritifera* erwähnt, die Bütschli<sup>18)</sup> angibt.

	Ca CO <sub>3</sub>	Mg CO <sub>3</sub>	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Organ. Substanz + Wasser	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si O <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
I.	94'07	0'02	0'05	4'54	0'04	0'17	—
II.	93'44	—	—	4'29	0'39	—	0'02

<sup>17)</sup> Harley G. and Harley H. S., The chemical composition of Pearls, Proc. Roy. Soc. London, Vol. 43, 1888.

— The Structural Arrangement of the Mineral Matters in Sedimentary and Crystalline Pearls, Proc. Roy. Soc. London Vol. 45, 1889.

<sup>18)</sup> Bütschli O., Untersuchungen über organische Kalkgebilde, Abh. d. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen, Math. Phys. Kl. N. F. 6, 1908.

Merkwürdig ist das Auftreten geringer Mengen von Mangan,<sup>19)</sup> das sowohl in den Geweben, als auch in den Schalen und Perlen der Flußperlmuschel angetroffen wurde.

Viele Forscher haben sich damit beschäftigt, die Ursachen der Entstehung der Perlen zu ergründen. Was zunächst unsere Süßwassermuscheln anbelangt, so stellte De Filippi,<sup>20)</sup> Professor der Zoologie in Turin, seine Beobachtungen an einer Teichmuschel (*Anodonta cygnea*) an, und glaubte, daß Larven eines Plattwurmes (*Distomum duplicatum*), die er in ihrem Körper fand, die Entstehung der Perlen verursachen. Küchenmeister<sup>21)</sup> erblickte in einer Wassermilbe (*Atax ypsilophora*), die er in der Teichmuschel reichlich antraf, den Erreger des pathologischen Prozesses der Bildung der Perlen. Der Heidelberger Zoologe Pagenstecher<sup>22)</sup> durchsuchte die Flußperlmuschel nach Parasiten, war aber nicht in der Lage, irgendwelche in ihrem Organismus zu entdecken. Er nahm, im Gegensatz zu den vorgenannten Forschern, nicht Schmarotzer als die Ursache der Entstehung der Perlen an, sondern gab seiner Meinung dahin Ausdruck, daß es Schalensubstanz selbst sei, welche dies veranlasse, sei es, daß Stückchen von der Innenfläche der Muschelschale abgelöst werden, oder daß Schalensubstanz im Tiere selbst erzeugt werde und dieser dann den Kern der Perle abgebe. In manchen Perlen konnte Pagenstecher allerdings überhaupt keinen Kern entdecken.

Heßling beobachtete im Gewebe des Mantels der Flußperlmuschel gelbe Körnchen, von welchen er glaubte, daß sie in irgend einer Beziehung zur Substanz der Epidermisschichten stehen und vielleicht an der Perlenbildung beteiligt sind; außerdem ließ er die Möglichkeit gelten, daß eingedrungene Fremdkörper, wie Steinchen, Sand etc. den Anlaß zur Erzeugung der Perlen geben. Die genannten gelben Körperchen findet auch Möbius,<sup>23)</sup> und später Rubbel.<sup>24)</sup>

<sup>19)</sup> Bradley H. C., Manganese, a Normal Element in the Tissues of the Fresh-Water Clams, *Unio* and *Anodonta*, *Journ. biol. Chem.* Vol. 3, 1907.

— Manganese of the Tissues of Lower Animals, *Journ. biol. Chem.* Vol. 8, 1910.

<sup>20)</sup> Filippi F. de, *Sull'origine delle Perle*. Übersetzt von Küchenmeister, *Archiv f. Anat. u. Phys.* Bd. 23, 1856.

<sup>21)</sup> Küchenmeister F., Über einige der wichtigsten Ursachen der Elsterperlen, *Arch. f. Anatom. u. Physiol.*, Bd. 23, 1856.

<sup>22)</sup> Pagenstecher H. A., Über Perlenbildung, *Ztschr. f. wiss. Zool.* Bd. 9, 1858.

<sup>23)</sup> Möbius K., Die echten Perlen, Programm der Realschule in Hamburg, 1858.

<sup>24)</sup> Rubbel A., Über Perlen und Perlenbildung bei *Margaritana margaritifera*, *Zool. Anz.* Bd. 37, 1911 und *Zool. Jahrb.* Bd. 32, 1912.

Wenn Schmarotzer, die in das Innere einer Muschel gelangen und diese zur Abscheidung von Schalensubstanz veranlassen, die Ursache der Perlenbildung sind, so müßten die eingewanderten Parasiten das Innere der Perle, also ihren Kern bilden. Man war nun bestrebt, die Natur dieses Kernes festzustellen und die diesbezüglichen Untersuchungen wurden von vielen Forschern besonders an den Perlen der Meeresmuscheln durchgeführt.

So fand Dubois<sup>25)</sup> in dem Körper der eßbaren Miesmuschel (*Mytilus edulis*) Larven von Distomeen. Diese machen in der Muschel eine Entwicklung durch, während welcher sie durch aufgelagerten Schalensstoff, der seitens ihres Wirtes abgeschieden wird, eingehüllt werden und nun innerhalb dieser Kapsel eine Zeit lang verharren. Nach etwa einem Jahre wandelt sich aber die so gebildete Perle durch die fortschreitende Entwicklung ihres Bewohners, der Larve, in eine gelatinöse Masse um, sie zerfällt und der Wurm verläßt die Hülle, um seinen Werdegang fortzusetzen. In diesem Falle, wo der Wurm am Leben bleibt, wird die Perle nicht zur Entwicklung kommen. Stirbt dagegen die eingekapselte Plattwurmlarve ab, so können sich nun die bereits vorhandenen Schichten der Zyste weitere Kalkmassen auflagern und es wird zur Bildung einer vollwertigen Perle kommen; ihren Kern bilden die mehr oder weniger erhaltenen Überreste des Wurmes.

Auch H. Lyster Jameson,<sup>26)</sup> der gleichfalls die Miesmuschel zum Gegenstand seiner Untersuchungen machte, fand ähnlich wie Dubois die Ursache der Perlenbildung in der Larve von *Distomum somateriae*, eines zur Klasse der Plattwürmer zählenden Saugwurmes.

Herdman und Hornell,<sup>27)</sup> die 1900 im Auftrage des britischen Kolonialamtes nach Ceylon entsendet wurden, haben in der von

<sup>25)</sup> Dubois R., Sur le mode de formation des perles dans *Mytilus edulis*.

C. R. assic. franc. avanc. des Sciences, Congrès d'Ajaccio 1901.

— Sur le mécanisme de la formation des Perles fines, *Compt. rend.* T. 133, 1901.

— Sur les métamorphoses du Distome parasite de *Mytilus perlier*, *Bull. soc. biol.* T. 63, 1907.

<sup>26)</sup> Jameson H. L., On the Origin of Pearls, *Proc. Soc. London*, 1902.

— The Formation of Pearls, *Nature* Vol. 67, 1903.

— Studies on Pearl-Oysters and Pearls, *Proc. zool. Soc. London*, 1912.

— The Japanese Artificillay induced Pearls, *Nature* 1921.

<sup>27)</sup> Herdmann W., Report on the pearl oyster fisheries Ceylon, London 1903, 1906.

Herdman and Hornell J., Pearl Production, London 1906.

Hornell J., Pearl formation in the Indian Pearl oysters, *Journ. Asiat. Soc. Bengal.* Bd. 18, 1922.

— The Indian Pearl Fisheries of the Gulf of Mannar and Palk Bay, *Bull. Madras Fish.* 16, 1922.

ihnen in Trinkomali errichteten meeresbiologischen Station reichlich Gelegenheit gehabt, neben anderen wichtigen Problemen auch jenes der Perlenbildung zu studieren. Die beiden Engländer konnten in den Kernen vieler Perlen, die von der echten Perlmuschel (*Margaritifera vulgaris*) stammten, die Reste einer Bandwurmlarve erkennen, deren entwickelte Form dadurch gekennzeichnet ist, daß sie am Kopfe außer den Saugnäpfen noch vier mit Häkchen besetzte Rüssel aufweist, somit zur Gattung *Tetrarhynchus* gezählt werden konnte (*Tetrarhynchus unionifactor*).

Seurat<sup>28)</sup> stellte seine Beobachtungen an *Margaritifera vulgaris*, var. *cumingi* an und fand den Perleenerreger ebenfalls in einem Cestoden, nämlich in *Tylocephalus*.

Wir wissen, daß bei der Entstehung der Perle jene einschichtigen Epithelien eine bedeutsame Rolle spielen, welche im Bindegewebe eingebettet, um die Perle eine kleine Zyste formen, die als Perlsack bezeichnet wird. Die Zellen dieses Perlsackes, welche als Bildungsstätte der Perlen anzusehen sind und ohne die es nicht zur Entstehung einer Perle kommen kann, entstammen nach der Meinung der meisten Forscher dem äußeren Epithel des Mantels, denn nur dieses ist imstande, Schalensubstanz zu erzeugen und somit auch die aus dem gleichen Stoff aufgebauten Perlen.

Es ist nun die Frage, auf welche Art und Weise diese Zellen der äußeren Mantelhaut in das Innere des Mantels, in das Mantelparenchym, gelangen. Das ist dadurch möglich, daß sie durch mechanische Angriffe, also Verletzungen, oder Fremdkörper, wie Sandkörnchen oder Parasiten, die zwischen Schale und Mantel gelangt sind, aus dem Epithel in das Bindegewebe des Mantels verschleppt wurden, sich hier zu einer Zyste, dem Perlsack, zusammenschlossen, dessen Zellen konzentrisch angeordnete Schichten von Schalenstoff abschieden und so die Perle bildeten.

Giard<sup>29)</sup> ist der Ansicht, daß bei Perlen, die parasitären Ursprungs sind, der aus dem Mantel-Schalenraum in das Innere des Mantels wandernde Schmarotzer Epithelzellen in das Parenchym verschleppt hat, die dort allmählich den Parasiten einhüllten und einen Perlsack bildeten, der später um den Eindringling Schalenstoff abschied.

<sup>28)</sup> Seurat L. G., La nacre et la perle en Océanie, pêche, origine et mode de la formation des perles, Bull. Mus. Océanograph. Nr. 75, 1906.

<sup>29)</sup> Giard A., L' épithélium sécréteur des perles. Comptes Rendus de la Société de Biologie Vol. 55, Paris 1903.

— L' Origine parasitaire des perles d' après les recherches de M. Seurat. Ebenda T. 55, Paris 1903.

— Sur la production volontaire des perles fines et artificielles. Ebenda.

Professor F. Alverdes<sup>30)</sup> (Halle a. d. Saale), der sich obiger Auslegung Giards anschließt, ist nun zu dem bedeutsamen Schluß gekommen, „. . . daß in erster Linie nicht die Anwesenheit von Fremdkörpern und Parasiten zur Bildung einer Perle erforderlich ist, denn solche sind bei den meisten Perlen ja gar nicht vorhanden, sondern daß das Vorhandensein von Epithelzellen, welche von der äußeren Manteloberfläche ins Innere des Mantels hineingelangen, das ausschlaggebende sei“. Diese Vermutung hat Alverdes durch das Experiment in glänzender Weise bestätigen können. Es gelang ihm durch eine ähnliche, aber künstliche Verlagerung von äußeren Epithelzellen des Mantels in das Innere desselben, in das Parenchym des Mantelrandes, die Bildung von Perlen bei unserer Flußperlmuschel zu veranlassen.

Herdman und Hornell glauben, daß nicht nur Parasiten eine solche Verschleppung von Zellen zuwege bringen, sondern daß es auch möglich wäre, daß eine Reizwirkung durch irgend einen Fremdkörper, der in den Mantelschalenraum gelangte, eine Wanderung von Zellen der Oberfläche des Mantels nach dem Bindegewebe verursachen könnte. Jedenfalls bewirkt nicht der Fremdkörper als solcher die Bildung der Perlen, sondern nur die in die Tiefe verlagerten Zellen der äußeren Mantelhaut, gleichgültig, welche Veranlassung ihren Transport in das Innere des Mantels hervorgerufen hat.

#### 4. Künstliche Perlenbildung nach Alverdes. — Chinesische Methode. — Methode des Japaners Mikimoto.

Die von Alverdes angestellten Versuche wurden in der Weise durchgeführt, daß Zellen der äußeren Mantelhaut der Muschel mit einem Messer abgeschabt und in eine physiologische Lösung, das Ringer'sche Gemisch,<sup>\*)</sup> eingelegt wurden. Um zum äußeren Mantelepithel zu gelangen, wurde, nachdem die Muschel durch einen eingeführten Keil zum Klaffen gebracht worden war, der Mantelrand von der Schale etwas losgelöst und mit einem Messer Gewebefetzen desselben abgekratzt; diese wurden dann, um die Zellen während der Operation lebend zu erhalten, in das soeben genannte Ringer'sche Gemisch gegeben und mittelst einer geeigneten Spritze

<sup>30)</sup> Alverdes F., Über Perlen und Perlenbildung, Ztschr. f. wiss. Zool. Bd. 105, 1913.

— Versuche über die künstliche Erzeugung von Mantelperlen bei Süßwassermuscheln, Zool. Anz. Bd. 42, 1913.

<sup>\*)</sup> Destilliertes Wasser 100 g, Kalziumchlorid 0.02 g, Natriumbikarbonat 0.02 g, Kaliumchlorid 0.02 g, Kochsalz 0.8 g.

in den Mantelrand der anderen Schalenhälfte derselben Muschel injiziert.

Bei den Transplantationsversuchen an der Malermuschel und Teichmuschel wurde von Alverdes das Verfahren dahin modifiziert, daß er mittelst einer Pinzette aus der Mantelplatte der Tiere ein kleines Stückchen herausriß, dieses zerzupfte und in der gleichen Weise wie vorhin, in Ringers Flüssigkeit verteilt, den Tieren einspritzte. Alverdes konnte durch die mikroskopische Untersuchung zeigen, daß die eingeführten Epithelzellen samt den mitgerissenen Bindegewebszellen mit dem Mantelparenchym verwachsen; die Zellen der äußeren Mantelhaut bildeten um kleine Hohlräume des Parenchyms nach und nach eine geschlossene Zyste, den Perlsack, der die ihm eigene Fähigkeit, Schalensubstanz zu bilden, aufnahm und in konzentrischen Lagen Perlmutterschichten absonderte; es entstand eine Perle mit allen Eigentümlichkeiten, die wir bei der natürlichen Perle kennen gelernt haben.

Alverdes hat seine Versuche im März, bezw. Mai 1913 abgeschlossen. Die Ergebnisse der Transplantationen hatte er nach 2, 3 und 5 Tagen, bezw. nach 6,  $7\frac{1}{2}$  und 27 Wochen nach der am Tiere erfolgten Operation geprüft. Natürlich waren die Perlen, entsprechend der kurzen Zeit, die ihrer Entwicklung zur Verfügung stand, verhältnismäßig klein und zumeist unregelmäßig gestaltet. Um das Zustandekommen einer schön runden Perle zu erzielen, wäre es, meint Alverdes, vorteilhaft, mit den injizierten Zellen gleichzeitig ein Kügelchen einzubringen, wodurch der Perlsack gezwungen wäre, sich um dieses anzulegen und Perlmutterschichten in regelmäßigen konzentrischen Lagen abzusondern. Durch den Ausbruch des Weltkrieges war Alverdes verhindert, seine projektierten Versuche fortzusetzen. Jedenfalls aber ist es interessant, daß er bereits den Weg wies, auf welchem man zu vollständig kugeligen Mantelperlen gelangen könnte. Nach den Daten seiner Publikationen müssen wir Alverdes die Priorität in bezug auf die Züchtung von Mantelperlen zuerkennen, also auf jenes Verfahren, das den Japaner Mikimoto, dem ein so reiches Betätigungsfeld in seinen Muschelfarmen zur Verfügung stand, zu so großen praktischen Erfolgen führte.

Der deutsche Forscher hat im Prinzip die Bildung der Perlen gelöst, und zwar durch seine zielbewußten Versuche über die Verpflanzung von Mantelepithel in das Innere des Mantelrandes und durch seinen Vorschlag, als Grundlage für die künftige Perle dem transplantierten Epithel als Kern ein Kügelchen beizufügen, das die Rolle des Formgebers spielen sollte. Es ist ihm die Durchführung eines Problems geglückt, das viele Forscher vor ihm vergeblich angestrebt hatten.

Zufolge des hohen Wertes der Perlen hatte man schon in früheren Zeiten versucht, sie auf künstlichem Wege dadurch zu züchten, daß man Fremdkörper zwischen Mantel und Schale verschiedener Muscheln einführte, wodurch sie auf jener Seite, mit der sie an das äußere Mantelepithel des Tieres zu liegen kamen, nach einem gewissen Zeitraum mit Perlmutter überzogen wurden. Nach dieser Methode, bei welcher man lediglich einen Fremdkörper allein einführte, konnte dieser nur dort, wo er mit den sezernierenden Zellen des Epithels in Berührung kam, mit Schalenstoff überzogen werden. Die Erfindung dieser künstlichen Perlenbereitung schreibt man einem Chinesen Yu Shun Yang zu, der gegen das Ende des 14. Jahrhunderts lebte. In China hat diese Methode die Grundlage zu einer blühenden Industrie gegeben, die Tausenden von Menschen Beschäftigung schafft und heute noch in der Nähe der Stadt Tetsing betrieben wird. Sie besteht darin, daß man einseitig abgeplattete Kügelchen aus Ton, die mit dem Saft der Früchte des Kampherbaumes getränkt werden, oder solche aus Metall, Knochen oder gedrehter Perlmutter zwischen Mantel und Schale des Tieres einführt, darin eine Zeitlang beläßt, und wenn sie im Laufe von ein bis drei Jahren von dem Muscheltiere mit Perlmutter überkleidet sind, aus diesem wieder entfernt. Zu dieser Perlenbildung verwenden die Chinesen eine Süßwassermuschel, *Anodonta plicata*, welche unserer Teichmuschel recht ähnlich ist. Sofern die eingeführten Kugeln aus Ton oder Metall bestehen, entfernt man diesen Kern, gießt die dünnschalige hohle Halbkugel aus Perlmutter mit Harz aus und ergänzt sie durch Aufkitten der anderen Kugelhälfte, die aus Perlmutter gedreht wurde. Bestand der eingeführte Kern aus Perlmutter selbst, so wird er in der abgesonderten Hülle belassen und der Halbperle ein entsprechender Unterteil angekittet. Wir haben es bei diesen Perlen — sie kommen unter dem Namen Japan-Halbperlen in den Handel — mit Schalen- auswüchsen zu tun, deren untere Hälfte ergänzt werden muß, um runde, zu Schmuck verwendbare Perlen zu erhalten. Hierbei werden sie so gefaßt, daß ihre untere Hälfte maskiert erscheint; für Kolliers sind sie nicht verwendbar.

Erstklassige Flußperlen sind von eigenartigem Reiz und können, wenn sie gute Form und schönen Lüster haben, wohl einen Wettkampf mit den Perlen der Meeresmuscheln, den „orientalischen“ Perlen, rühmlich aufnehmen. Es ist leider eine Tatsache, daß man die Perlen unserer Flußperlmuschel in schlechtem Gedenden hat, wenn man sich an jene erinnert, die man in manchen Museen oder bei Sammlern gesehen hat. Schöne Perlen sind eben teuer und finden daher aus begreiflichen Gründen selten Eingang in Schausammlungen, dagegen sind dort vielfach in reichlicher Zahl

die gelblich oder braun gefärbten, minderwertigen Perlen zu treffen, die an ihrer Oberfläche zufolge des Fehlens der Perlmutter-schichten des Glanzes und des schönen Lüsters entbehren.

Da in Europa das Verfahren der Chinesen, Halbperlen in Süßwassermuscheln willkürlich zu erzeugen, bekannt war, so hat es auch hier an Versuchen nicht gefehlt, unsere einheimischen Muscheln zur Bildung von Perlen zu veranlassen. So soll der große schwedische Botaniker Linné ein Verfahren gefunden haben, nach welchem sowohl bei der Flußperlmuschel, als auch bei der Teichmuschel die Perlenbildung durch menschlichen Eingriff möglich sei. Linné bot sein Verfahren dem schwedischen König an, wurde aber abgewiesen und verkaufte sein Geheimnis einem Göteburger Handelsmann mit Namen Bagge um 18.000 Kupfertaler (500 Dukaten). Der Schleier, der darüber schwebte, ist nicht recht gelüftet worden. Man glaubt, daß Linné die Muschel trepanierte und durch die Öffnung von außen ein an einem Draht befestigtes Kügelchen aus Kalk oder Perlmutter einführte. Das Verfahren scheint entweder überhaupt nicht praktisch durchgeführt worden zu sein, oder es hatte sich nicht bewährt, denn es konnten nachher weder Angaben über die Arbeitsweise gefunden werden, noch über irgend welche Erfolge, die es zeitigte.

Ähnliche Versuche wiederholen sich in der folgenden Zeit noch recht oft und gehen immer die gleiche Bahn. Entweder wird die Muschel verletzt und ein Fremdkörper von außen eingeführt, der überkrustet werden soll, oder er wird zwischen Mantel und Schale gebracht, um dort zu einer Perle zu werden. Die Anstrengungen mit unserer Flußperlmuschel sind alle mehr oder weniger gescheitert. So versuchte ein Dr. J. Mayer, die Flußperlmuschel nach dem chinesischen Verfahren zur Erzeugung von Perlen zu veranlassen. 1849 setzte sich Dr. Walzl in Passau mit dem Juwelier Wara in Verbindung, um abermals bei der Flußperlmuschel das Glück zu versuchen. Sie hatten sich eine kleine Kolonie dieser Tiere im Ilzflusse angelegt und führten die Fremdkörper, wieder kleine Kugeln aus verschiedenem Material, durch die angebohrte Schale ein. Die Öffnung wurde sorgfältig verschlossen, die Tiere wieder in den Fluß gebracht und nach einem Jahr untersucht. Das Resultat war nichts weniger als erfreulich. Die eingelegten Kügelchen waren mit einer kalkigen Haut überzogen, von einem Glanz oder Lüster, wie ihn aufgelagerte Perlmutter-substanz ergeben hätte, fehlte jede Spur.

Es wäre nicht undenkbar, daß eine längere Versuchsdauer bessere Ergebnisse liefern würde. Ich habe das gleiche Experiment durchgeführt und eine Kugel — es war eine braune Flußperle — zwischen Mantel und Schale eingelegt. Nach einem Jahre, als ich

die Muschel aufschnitt, war die Perle durch Konchyolin mit der Innenseite der Schale verwachsen, zeigte aber an der Oberfläche einen allerdings sehr schwachen irisierenden Glanz. Der Versuch wurde meinerseits (1927) erneuert, ich vermute aber, daß auch hier das langsame Wachstum der Muschel und somit auch das ihrer Perlen berücksichtigt werden müßte, wenn man zu günstigeren Ergebnissen kommen wollte; eigentlich wäre kein Grund vorhanden, warum es nicht zur Abscheidung von Perlmutter kommen sollte, da man mehrfach Schalenkonkretionen beobachten kann, die eine schöne Überlagerung von Perlmutter erkennen lassen. Falls das Ergebnis des angesetzten Versuches ein positives Resultat zeigt — ich will die zwischen Mantel und Schale eingeführten Kugeln zwei bis drei Jahre im Tiere belassen —, werde ich hierüber berichten.

Die chinesische Methode zur Erzeugung von Halbperlen wurde von den Japanern übernommen, in deren Küstengewässern *Margaritifera Martensi*, ein geeignetes Versuchstier, reichlich vorkommt. Eine ganz besondere Bedeutung kommt der auf Anregung des Zoologen Mitsukuri von Mikimoto gegründeten Perlenfarm in der Agubai (Ostseite Japans, Provinz Shira) zu, wo letzterer im großen Maßstabe Muscheln züchtet und diese seinerzeit vornehmlich zur Bildung der Japan-Halbperlen verwendete. Seit 1898 betreibt Mikimoto, der heute zu den wohlhabendsten Leuten Japans zählt, diese Kultur der Halbperlen, und laut Bericht sollen jährlich gegen 300.000 Muscheln in der oben angegebenen Weise behandelt werden. Der Ertrag dürfte sich auf etwa 50.000 Perlen belaufen.

Bis 1913 vermochte Mikimoto nur Halbperlen zu züchten. Im genannten Jahre, vielleicht angeregt durch die Versuche von Professor Alverdes, gelang es ihm, rundum ausgebildete Mantelperlen zu erhalten, die 1921 zum ersten Male auf dem europäischen Markt erschienen. Diesen von ihm auf seinen Farmen in der Agu- und in der Gokasho-Bai gezüchteten Produkten hat man im Handel den Namen japanische Zuchtperlen, Kulturperlen, gezüchtete Perlen oder Japan-Ganzperlen gegeben, zum Unterschied von den in den Muscheltieren ohne Zutun des Menschen gebildeten Perlen, die man als „zufällig entstandene Perlen“ bezeichnet. Die Zuchtperlen sind verschieden groß und ihre Größe hängt von der Muschelart ab, in der sie gebildet wurden. Während jene der *Margaritifera Martensi*, die vornehmlich in den zwei soeben genannten Buchten gezogen wird, 2 bis 4 Grän schwer werden (1 Grän = 0'05 g), hat Mikimoto zu seinen Versuchen auch größere Muschelarten herangezogen, die eine längere Lebensdauer haben als *Margaritifera Martensi* — diese erreicht nur ein Alter von etwa 12 bis 13 Jahren —

und zufolge ihrer besonderen Größe gestatten, umfangreichere Kerne durch Operation in ihrem Körper aufzunehmen. So erhält Mikimoto von Muscheln seiner Farmen auf den Riu-Kiu-Inseln Perlen im Gewicht von 10 bis 20 Grän. Neben den erwähnten Örtlichkeiten soll der Japaner auch auf den tropischen Palau-Inseln Zuchtversuche angestellt haben. Auf den Farmen Mikimotos werden jährlich gegen eine Million Muscheln operiert. Von diesen sollen nach 7 bis 8 Jahren etwa 50.000 marktfähige Perlen geerntet werden.

Das Verfahren, dessen sich Mikimoto bedient, ist eine Art Pfropfung oder Transplantation, ganz ähnlich jenem, das Professor Alverdes mit *Margaritana margaritifera* und *Unio*-Arten durchführte; es besteht darin, daß von einer Muschel zunächst ein Stück Mantelaußenepithel abgehoben wird. In diesen Epithellappen wird ein Perlmutterkügelchen eingehüllt, und dieser so gebildete Sack, es ist der künftige Perlsack, wird, nachdem er durch einen Bindfaden geschlossen wurde, in das Bindegewebe des Mantelrandes einer anderen Muschel überpflanzt; nach Verwachsung mit den Zellen seiner Umgebung überkleidet er das eingeführte Kügelchen mit der von ihm abgeschiedenen Perlmutter und bildet so eine Perle. Die Muscheln werden nach beendeter Operation in schwimmende Behälter aus Drahtgeflecht (Drahtkörbe) gebracht, die verankert sind, und falls die Tiere nicht durch Krankheit, Sturm und Feinde vernichtet werden, haben sich in einem Zeitraum von zirka 6 bis 8 Jahren in ihrem Innern die Perlen soweit vergrößert, daß sie verkaufsfähig sind. Die Dicke der vom Tiere in der erwähnten Zeit aufgelagerten Perlmutterschichten schwankt nach angestellten Messungen zwischen 0·4 bis 1·5 mm, beträgt aber gewöhnlich 0·5 bis 0·8 mm.

Die große Zahl der für seine Versuche notwendigen Muscheln hat sich Mikimoto auf eine sehr zweckmäßige Art zuerst gezüchtet, um jederzeit gesunde und kräftige Tiere zur Verfügung zu haben.

Die befruchteten Eier der meisten das Meer bewohnenden Muscheln machen innerhalb der Schale, entweder im Mantel- oder Kiemenraum des Weibchens, einen Teil ihrer Entwicklung durch; sie werden dann als mehr oder weniger ausgebildete Larven (*Typus Trochophora*-Larve) von dem Muttertier ausgestoßen und dem Wasser übergeben, in welchem sie mittelst ihres Velums frei umherschwimmen, um sich dann später, nach vollendeter Metamorphose, als junge Muscheln am Boden des Meeres festzusetzen.

Der jungen, im Wasser schwimmenden Brut von *Margaritifera Martensi* wird in den Farmen Mikimotos durch Bambusstäbe, die in den Boden des Meeres eingesteckt werden, Gelegenheit gegeben, sich an diese mit Hilfe ihrer Byssusfäden festzuhaften. Die mit Muscheln dicht besetzten Bambusstäbe werden nach einer gewissen

Zeit von eigens abgerichteten Taucherinnen gesammelt und in Kästen aus Drahtgitter gebracht. Diese Kästen oder Drahtkörbe werden in das Meereswasser eingehängt und sind an schwimmenden Flößen befestigt (Abb. 11 Taf. 5). Je nach ihrem Größenwachstum müssen die jungen Muscheln nach einiger Zeit wieder in geringerer Zahl in andere Behälter gebracht werden. Haben sie das dritte Lebensjahr erreicht, dann sind sie zur Operation geeignet. Die Flöße mit den an ihnen hängenden Drahtkörben stellen ein leicht transportables System vor, und gerade in dieser Möglichkeit, den Standort wechseln zu können, liegt ein großer Vorteil, da man hierdurch die Tiere in ihrer Gesamtheit in jene Regionen der Buchten bringen kann, wo Temperatur- und Ernährungsverhältnisse (Plankton) sich als vorteilhaft erweisen. Die Muscheln sind durch die Drahtgitter vor ihren Feinden geschützt.

Eine große Gefahr droht aber der *Margaritifera Martensi* trotz der Gitter, und auch den Fischen dieser Gegenden, durch das zeitweise massenhafte Auftreten einer Alge, welche zu den Peridineen zählt und den Namen *Gonyaulax polyédra* führt. Das in die Buchten einfließende Meereswasser ist beim Auftreten dieser Organismen streckenweise ganz rot gefärbt; der „rote Strom“ vernichtet auf seinem Wege Fische, Muscheln und andere Meerestiere; ihre Kiemen werden durch die Alge verlegt und außer Funktion gesetzt, wodurch der Tod durch Ersticken eintritt. Da man aber die Richtung kennen gelernt hat, die er gewöhnlich nimmt, so ist es leicht, die Perlmuscheln dem Bereich dieser verderbenbringenden Alge dadurch zu entziehen, daß man die Flöße an andere Stellen der Bucht dirigiert, wo sie von dem roten Strom (japanisch akashiwo genannt) nicht erreicht werden. Die Flöße mit ihren Behältern dienen aber nicht nur der Aufzucht der jungen Muscheln, sondern auch die operierten Tiere, denen Perlsack samt Kern einverleibt wurde, werden in ihnen gezogen und sorgsam gepflegt.

### 5. Schichtenbildung. — Störungserscheinungen.

Wie die Studien über Schalenregenerationen lehrten, ist jede Stelle des Mantels imstande, Periostrakum-, Prismen- und Perlmutterschichten zu bilden. Trotz der Fähigkeit, die Produkte der Sekretion zu wechseln, sind doch die Zellen gewisser Bezirke des Mantels, einschließlich jener des Mantelrandes, auf die Produktion bestimmter Schalenschichten besonders eingestellt, wobei aber eine scharfe Abgrenzung dieser Gebiete nicht beobachtet werden konnte.

Der Mantel bildet an seinem Rande drei größere Lappen, die als Mantelrand-Außenfalte (der Schale zunächst), Mittelfalte und Innenfalte bezeichnet werden. Zwischen Mantelrandaußenfalte und

Mittelfalte ist eine tiefe Furche, die Bildungsstätte der schon erwähnten Epikutikula, welche sich als eine dünne Konchyolinmembran gegen den Schalenrand hinzieht und hier mit der Schale verbunden ist, wodurch die der Schale anliegende Falte des Mantels nach außen vollständig abgeschlossen wird.

Die Zellen dieser Mantelbucht stellen, sofern sie der Mittelfalte angehören, ein niedriges, kubisches Epithel dar, aus welchem durch chemische Umwandlung die Konchyolinmembran erzeugt wird, die durch organische Substanz, welche die Zellen des gegenüberliegenden hohen Zylinderepithels liefern, verstärkt wird. Das letztere, der Mantelrandaußenfalte angehörend, biegt nach dem Innern der Schale, um dann ohne scharfe Grenze bis zur Mantellinie und über diese hinaus in jenes Epithel überzugehen, das wieder aus niederen Zellen besteht und durch dessen Sekretion vornehmlich Perlmutterlagen abgesondert werden.

Wenn wir die Innenseite einer leeren Schale betrachten, so sehen wir eine schmale dunkle Randzone, die sich von den Perlmutter-schichten deutlich abgrenzt. Diese Zone, sie soll als Rand-

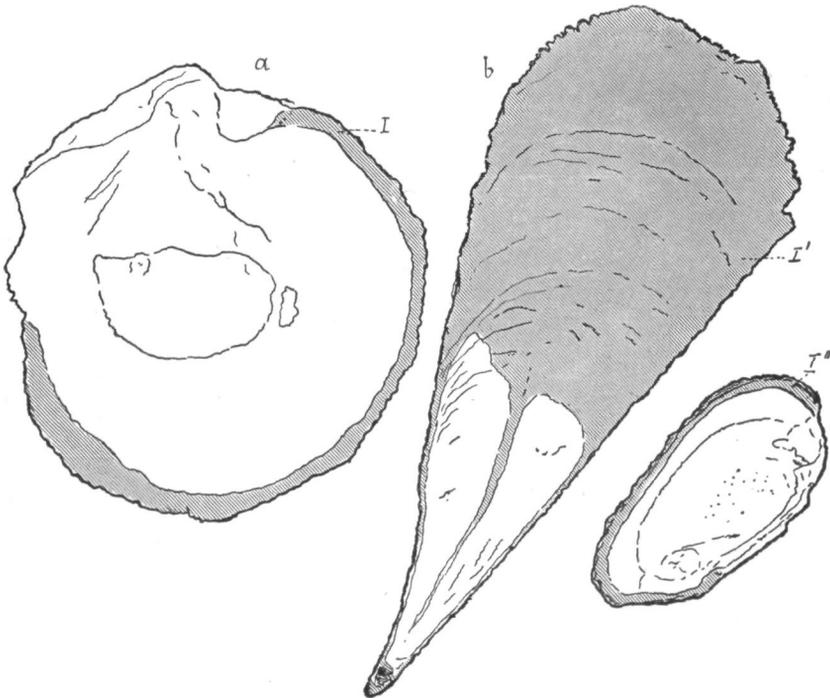


Abb. 12.

Schaleninnenseite der Meeresperlmuschel *a*, der Steckmuschel *b* und der Flußperlmuschel *c*.

Die dunkler gehaltenen Randpartien (I, I', I'') geben bei allen drei Muscheln jene Zone an, innerhalb welcher von dem Epithel der Mantelrandaußenfalte Periostrakum und darauf Prismen abgelagert wurde.

zone oder periphere Zone bezeichnet werden, zeigt nur Periostrakum als Unterlage und auf ihr beginnende und zum Teil vorgeschrittene Prismenbildung (Abb. 12). Die Zone, die aus den genannten zwei Schichten besteht, ist bei der Flußperlmuschel etwa 2—4 mm breit, erreicht aber bei *Meleagrina* und *Pinna* eine bedeutend größere Ausdehnung. Das Epithel der Mantelrandaußenfalte, charakterisiert durch die oben besprochenen mehr oder weniger hohen Zylinderzellen, erzeugt in der genannten Breite nur Periostrakum- und Prismenschichten, ist somit nur auf die Produktion dieser zwei Schalenelemente eingestellt, während die Zellen des Epithels, die hinter der Zone liegen und bezüglich des Mantelrandes bis zur Mantellinie reichen, Perlmutter absondern, ebenso wie die Zellen des äußeren Epithels der gesamten übrigen Mantelplatte. Der Bereich, innerhalb dessen Perlmutter gebildet wird, soll als zentrale Zone angesprochen werden. Sie ist es, welche durch die Sekretion von Perlmutter das Dickenwachstum der Schale bedingt. Aber immerhin ist auch bei diesen Zellen unter gewissen Voraussetzungen zeitweise ein Anlauf zu beobachten, Periostrakum und Prismenschichten zu erzeugen, die dann zusammen als schmale gelbliche Streifen zwischen den Perlmutterablagerungen erscheinen. Es macht den Eindruck, als ob diese Sekretion nicht lange aufrecht erhalten werden könnte und die Zellen zu ihrer ursprünglichen Tätigkeit, Perlmutter zu bilden, wieder zurückkehrten. Auf eine solche spontane Abweichung von der normalen „gewöhnheitsmäßigen“ Sekretion sind auch die Ölflecken auf der Innenfläche der Schale zurückzuführen.

Wenn die Zellen des äußeren Epithels gewisser Abschnitte des Mantels die Produktion besonderer Schalenschichten bevorzugen, so wird der Aufbau einer Perle und auch ihr Äußeres, gleichfalls von jenen Zellen der Oberhaut des Mantels bestimmt werden, denen die Perle ihr Entstehen verdankt. Schon Réaumur<sup>31)</sup> hat bei „*Pinna Marina*“ die Beobachtung gemacht, daß die Perlen dieser Muschel, je nach dem Ort ihrer Bildung verschiedene Farbe und Struktur erkennen lassen.

Ich möchte hier eine Stelle aus Johann Peter Eberhards<sup>32)</sup> „Abhandlung von dem Ursprung der Perle“ aus dem Jahre 1750 wiedergeben, in welcher der Autor über die Wahrnehmungen Réaumurs berichtet, die dieser Naturforscher an der erwähnten Muschel schon vor etwa 200 Jahren angestellt hat:

„Wir müssen hier zuerst bemerken, daß die Muschelschale selbst, denen Réaumurischen Erfahrungen zufolge, nicht aus einer-

<sup>31)</sup> Siehe Anm. 15.

<sup>32)</sup> Eberhard J. P., Abhandlung über den Ursprung der Perle, Halle 1751.

lei Materie zusammengesetzt ist. Die innere Lage der Schale hat eine Perlenmutter Farbe. Diese erstreckt sich von der Höhe der Muschel bis ohngefähr  $\frac{2}{3}$  gegen den Rand, mit ziemlicher Dicke. Dasselbst aber nimmt sie ab, und wird endlich so dünn wie Papier. Dieser Theil ist mit einer röthlichen Rinde überzogen, und diese Rinde besteht, so wie einige Arten von Talk und der Amiant, oder Asbest, aus lauter Faden; dahingegen der innere Theil, wie andere Talkarten und der Schieferstein, aus lauter übereinander liegenden Blättern zusammengesetzt ist. Nun hat der Herr von Reaumur, wie er sagt, die meisten Perlen in dem Muskel des Thieres gefunden, der sich an dem Rande der Muschel befindet, und wie ein Hahnenkam eingeschnitten ist. Dieser Theil gehört zu dem rothen und nicht zu dem Perlenmutterfarbenen Theil der Muschel, und die Perlen, welche er hier angetroffen hat, haben eben die Farbe gehabt, sie sind ins röthliche gefallen. Ueber dieses hat er diese Perlen durch die Vergrößerungsgläser betrachtet, und gefunden, daß sie aus lauter Faden bestehen, die von der Oberfläche gegen den Mittelpunkt zu laufen. Diejenigen Perlen, die er nahe bei oder in dem Thier selbst angetroffen, waren perlenmutterfarbicht, so wie die Schale die sich von der Höhe der Muschel bis auf ohngefähr  $\frac{2}{3}$  derselben gegen den Rand zu erstrecken. Da er eben diese Perlen untersuchte, fand er, daß sie aus lauter übereinander liegenden Blättern bestanden, wie die Schale, welche an diesem Theil das Thier umgab. Aus diesen Beobachtungen schließt dieser gelehrte Franzose, daß die Perle ihren Ursprung bloß der Zerspaltung einiger Gefäße in der Muschel zu danken habe. Diese Gefäße führen einen steinigten Saft, und bringen diesen zur Beförderung des Wachstums der äußeren Schale der Muschel, bis an die entlegensten Theile des Thieres. Werden die Gefäße von der gar zu grossen Menge des Nahrungssaftes zu sehr angefüllt und ausgedehnt; so zerplatzen sie, und der Saft tritt aus denselben heraus. Ein dergleichen ausgetretener Tropfen, wird mit der Zeit grösser und bildet die Perle. Weil die an dem röthlichen Teil der Muschel angewachsene Perlen röthlich, und die an dem perlenmutterfarbenen, perlenmutterfarbicht waren: so müssen sie aus eben dem Saft entstanden sein, der diese verschiedene Theile der Muschel nährt.“

Im Jahre 1923 hat L. Boutan<sup>33)</sup> der Akademie der Wissenschaften in Paris eine Arbeit überreicht, in welcher er darlegt, daß die Qualität der Perle abhängig ist von der Herkunft der Zellen, welche den Perlsack bilden, das heißt, davon abhängig ist, ob diese Zellen der peripheren Zone des Mantelrandes entstammen, die Prismen und Periostrakum erzeugt, oder der Zentralzone, die vornehm-

<sup>33)</sup> Boutan L., Les deux zones de l'épithélium externe du manteau et leur influence sur la qualité des perles chez les Mollusques, Paris 1923.

lich Perlmutter ablagert. Wie bekannt, besteht die dreieckige Schale von Pinna, die das Studienobjekt Boutans bildete, von ihrem breiten Ende bis gut über die Hälfte aus Periostrakum- und Prismenschichten, welche letztere sich im Mikroskop in Form schöner polygonaler Felder zeigen. Erst gegen das spitze Ende der Schale zu findet man eine dünne Auflagerung von zarten Perlmutter-schichten. Auch Boutan beobachtete, wie seinerzeit Réaumur, daß Perlen, welche in der peripheren Zone des Mantels dieser Muschel gefunden wurden, sowohl in der Farbe (rotbraun), als auch im mikroskopischen Bild ihrer Oberfläche mit dem peripheren Teil der Schale übereinstimmten, also dieselbe polygonale Felderung der in der Längsrichtung beschauten Prismen zeigen wie der braunrote Rand der Schale, während Perlen, welche der zentralen Zone angehören, an ihrer Oberfläche die charakteristischen, vielfach gewellten Linien der Perlmutter-schichten erkennen ließen und rosafarben erschienen. Boutan schloß nun, daß die Zellen des Perlsackes, welcher Perlen lieferte, die nur aus Prismen und Periostrakum zusammengesetzt sind, dem äußeren Epithel der peripheren Zone entstammen mußten, während jene, welche Perlmutter absetzen konnten, ihre Herkunft von dem Epithel der zentralen Zone des Mantels ableiteten.

In seiner Abhandlung bespricht Boutan noch einen zweiten interessanten Fall, der sich auf Perlen bezieht, die er aus der Muschelfarm Mikimotos erhalten hatte. Die eine von diesen Zuchtperlen wies an ihrer Oberfläche wieder die polygonale Felderung auf und war unscheinbar braun-grau gefärbt; sie stammte somit von Epithelzellen der äußeren Zone des Mantels, die Prismen abscheidet. Der Hautlappen, der vom Operateur der Mantelhaut einer Meleagrina entnommen wurde, um das Säckchen für den aus Perlmutter gedrehten Kern zu erhalten, war somit aus dem peripheren Epithel des Mantels der Muschel herausgeschnitten.

Eine zweite Perle wies auf einer Hälfte schönen Perlmutterluster auf, auf der anderen war sie glanzlos und aschfarben. Boutan ist nun der Ansicht, daß in diesem Falle die Epithelzellen, welche vom Mantel einer Muschel losgelöst wurden, einem Bezirke entnommen waren, der teils der peripheren, teils der zentralen Zone angehörte.

Diese Beobachtungen Boutans lehren uns, daß es bei der Lostrennung des Hautfetzens, der bei den japanischen Zuchtperlen den Perlsack abgeben soll, nicht gleichgültig ist, welcher Teil des Mantel-epithels hiezu verwendet wird. Für die Züchtung schöner Perlen wird es erforderlich sein, nur jene Partien zu wählen, die auf die Produktion von guter Perlmutter eingestellt sind, somit bestimmten Stellen der zentralen Zone der Manteloberfläche angehören.

Zu diesem Ergebnis kam Alverdes bereits im Jahre 1913, als er seine Versuche über die künstliche Erzeugung von Mantelperlen bei Süßwassermuscheln durchführte. Er sah hiebei, daß die Epithelstückchen, welche er den Muscheln in den muskulösen Rand injizierte und die der Mantelplatte entnommen waren, durchwegs Perlmutter-schichten sezernierten, nachdem sie mit dem Bindegewebe verwachsen waren und an die Bildung der Perle schritten.

Die Dünnschnitte, die ich aus dem Mantelrand der von mir operierten Flußperlmuscheln des Doblaches anfertigte (1923), ließen gleichfalls erkennen, daß die gebildeten Perlsäcke lediglich auf die Produktion von Perlmutter eingestellt waren, die sich in Form zarter Lamellen um den zentralen Kern ablagerte. Nur an einem Präparat und da nur an vereinzelter Stelle glaube ich die Bildung von Prismen beobachtet zu haben. Sowohl die Form dieser Gebilde, als auch die Rotfärbung, welche die Partien annahmen, lassen auf die Zwischensubstanz der Prismen schließen.

Ich war bei den Transplantationen in der Weise vorgegangen, daß ich nach Durchtrennung der beiden Schließmuskeln die obere Schalenhälfte beim Ligament durchschnitt, dann abhob und aus dem nun bloßliegenden Mantelepithel nur jene Stücke für den Perlsack wählte, von denen ich feststellen konnte, daß die korrespondierenden Schalenpartien gute Perlmutter zeigten, was ich durch Vergleich mit der danebenliegenden, abgetrennten Schalenhälfte leicht konstatieren konnte.

Im Zusammenhang mit dem Vorstehenden soll auf eine recht bemerkenswerte Arbeit K. Grobbens<sup>34)</sup> hingewiesen werden, in welcher für den Schichtenwechsel, den man bei Perlen beobachten kann, eine Erklärung versucht wird. Man wußte schon früher, daß bei der Bildung der Schale das Periostrakum und die Prismenschichten von den Zellen der peripheren Zone des Mantelrandes, jene der Perlmutter von der zentralen Zone (innerer Teil des Mantelrandes und Mantelplatte) abgesondert werden. Von Perlen, die aus verschiedenen gearteten Schichten aufgebaut sind, nahmen Möbius und Pagenstecher an, daß sie ihre Lage im Mantel zu ändern vermögen, daß sie wandern können und entsprechend ihrem jeweiligen Aufenthalt in der einen oder anderen Zone verschiedene Schichten aufgelagert erhalten. „Der Bau der Perle sei dann ihr Wanderbuch.“ Als man erkannte, daß die Perle in einer Zyste, dem Perlsack, gebildet werde, wurde von Heßling die Ortsveränderung derselben nur für ihre nächste Umgebung zugestanden.

<sup>34)</sup> Grobbsen K., Versuch einer Erklärung für den Schichtenwechsel in Perlen. Eine zellphysiologische Betrachtung, Sitzungsb. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, Math. naturw. Kl. Abt. 1, Bd. 134, Heft 3 u. 4, 1925.

Grobben, dessen Ausführungen ich hier folge, geht von den Ergebnissen der Untersuchung über Schalenregeneration aus und ist der Ansicht, daß bei Verletzungen der Schale eine Störung in der normalen Tätigkeit der Epithelzellen eintrete und diese bei ihrer Fähigkeit, den funktionellen Charakter zu ändern, die Sekretion von vorne beginnen, das heißt, daß sie wieder mit der Abscheidung von Periostrakum anfangen, auf welches sie normalerweise Prismen- und Perlmutter-schichten auflagern. Wenn zum Beispiel ein Schalenstückchen aus der Mitte der Muschel herausgesägt wird, also einer Stelle entnommen wurde, wo das darunterliegende Epithel vor dieser Verletzung der Schale auf die Absonderung von Perlmutter eingestellt war, so werden die Mantelzellen dieses Bereiches und des unmittelbar benachbarten, um den Defekt wieder gutzumachen, nicht etwa in ihrer gewohnten Tätigkeit fortfahren und Perlmutter ausscheiden, sondern sie beginnen zufolge der eingetretenen Störung die Lücke zunächst mit einer Periostrakum-membran zu schließen und auf dieser dann Prismen und Perlmutter-schichten abzulagern.

Wie die Zellen des Außenepithels des Mantels verhalten sich auch jene des Perlsackes, welche ihre Herkunft von ersteren ableiten. Als solche Störungen, welche die normale Funktion der Zellen beeinflussen und den Schichtwechsel der Perle bedingen, nimmt Grobben verschiedene Ursachen an: so den Druck, welchen eine rasch wachsende Perle gegen den sie umgebenden Perlsack ausübt. Die Zellen desselben werden dadurch in ihrer Tätigkeit gehemmt, und falls diese später wieder aufgenommen wird, beginnen die Zellen abermals mit der Absonderung von Periostrakum, auf welches dann erst die übrigen Schalenschichten folgen.

Versuchsweise von mir zwischen Mantel und Schale eingeführte Perlen wurden — wie ich schon berichtet habe — zunächst reichlich mit Periostrakum umkleidet und an die Wand gelötet. Dergleichen konnte eine starke Abscheidung von Periostrakum auf der Innenseite der Schale beobachtet werden, als zwischen diese und dem äußeren Epithel des Mantels feinsten Sand eingeführt wurde. Der Druck, beziehungsweise die Reizung desselben (Versuchsdauer: ein Jahr), führte zu einer Absonderung von Konchyolinsubstanz, welche beinahe die ganze Schaleninnenseite überdeckte und im Aussehen einem großen Ölfleck ziemlich nahekam. Mantel-epithel und Epithel des Perlsackes verhalten sich jedenfalls analog.

Ein Stillstand in der sekretorischen Tätigkeit der Epithelzellen des Perlsackes und somit eine Störung in der Abscheidung kann ferner eintreten, wenn bei ihnen mitotische Zellteilungen zu beobachten sind; kommt die Zellteilung zur Ruhe und sezernieren die Zellen des Perlsackes von neuem, so wird wieder mit der Abscheidung

von Periostrakum begonnen, auf welches in der bekannten Reihenfolge die übrigen Schichten zur Ablagerung gelangen.

Es ist kein Zweifel, daß auch die Lebens- und Ernährungsverhältnisse, unter welche die Muschel gerät, mitbestimmend für die jeweilige Ernährung der Zellen sein werden, denen die Aufgabe der Sekretion von Perlenstoff zukommt. In diesem Zusammenhange sei auf die Perioden der Ruhe hingewiesen, wie etwa in der kalten Jahreszeit, wo das Wachstum der Schale und jedenfalls auch jenes der Perle einen Stillstand erfährt, auf welchen die Epithelzellen mit Änderung der Sekretion bei neu beginnendem Wachstum reagieren werden. Bei periodisch eintretenden Wachstumsunterbrechungen kann es indes auch zur Ablagerung derselben Schichtart in wiederholter Folge kommen.

Es gibt Perlen, an deren Oberfläche Periostrakum neben anstehenden Prismenschichten und Perlmutterlagen zu finden sind; hier nimmt Grobden, ebenso wie bei den Ölflecken der Schale, lokale Störungen des Perlsackepithels an, das zu gleicher Zeit an örtlich verschiedenen Stellen verschiedene Schichten zu bilden vermag, worauf schon Rubbel und Alverdes aufmerksam machten.

Wiederholt haben Zoologen als Ergebnis ihrer Forschungen darauf verwiesen, daß Perlen, die nur aus Periostrakum bestehen, dieses den Zellen der äußeren Mantelrandfalte verdanken, und jene, welche nur aus Periostrakum- und Prismenlagen aufgebaut sind — nebenbei erwähnt ein Fall, der besonders häufig an Perlen unserer Flußperlmuschel beobachtet wird —, von einem Perlsack umgeben sind, der seiner Herkunft nach aus Zellen gebildet wurde, welche aus den dem Mantelsaum zunächst liegenden Epithelzellen der äußeren Mantelrandfalte stammen. „Für Perlen, die von dem übrigen Mantelepithel gebildet werden, welches in der Norm die Perlmutter-schichten abscheidet, und die fast nur aus Perlmutterlagen bestehen und für Perlen mit dem normalen Aufbau aus den drei Schalenschichten in einfacher Anordnung muß, wie bei Perlen, die fast nur aus wiederholten Lagen von Prismenschichte oder Periostrakumschichte sich aufbauen, eine ruhige, nur durch geringe Störungen unterbrochene Entwicklung angenommen werden; dagegen weist eine Wiederholung der verschiedenen Schichten, das heißt das abermalige Auftreten einer Periostrakum-, Prismen- und Perlmutter-schichte über einer älteren inneren Perlmutter-schichte, auf eine größere Entwicklungsstörung hin, die jenen Störungen im Aufbau der Schale zu vergleichen ist, welche zur Entstehung der sogenannten Ölflecken und bei Schalenverletzungen zu Regeneraten führen. Der Aufbau der Perle ist somit sehr mannigfaltig; er ist abhängig von der Örtlichkeit am Mantel, an der die Perle entsteht,

und abhängig von den Störungen während der Entwicklung der Perle.<sup>35)</sup>

Der Autor macht in seiner Abhandlung auf scheinbare Widersprüche aufmerksam, die beispielsweise dadurch gegeben sind, daß bei manchen Perlen auf abgeschiedenes Periostrakum gleich Perlmutter-schichten folgen, und nicht, wie es der normalen Entwicklung entsprechen würde, die mit dem Periostrakum genetisch eng verknüpfte Prismenschichte. Er erklärt diese ungewöhnliche Schichtenfolge mit einem Überspringen in der Abscheidung der Prismen; das auf Perlmutter eingestellte Epithel kehrt so rasch als möglich zu seiner ursprünglichen Funktion zurück. Grobben gibt aber die Möglichkeit zu, daß vielleicht doch äußerst dünne Lagen von Prismen gebildet werden, die sich auf Dünnschliffen dem Auge des Beobachters entziehen. Es kann auch tatsächlich konstatiert werden, daß die zwischen Perlmutter auftretenden Periostrakum- und Prismenschichten in ihren Dimensionen überaus wechseln und speziell die Prismen in manchen Fällen nur in ganz kleinen Ansätzen vorhanden sind.

Interessant waren in bezug auf das soeben Gesagte Beobachtungen an Schliffen von japanischen Zuchtperlen. Bei einigen von ihnen fand ich, daß das Epithel der Mantelplatte, welches zur Bildung des Perlsackes verwendet wurde, den eingeführten Kern mehr oder weniger, manchmal sogar recht reichlich, mit Periostrakum überkleidete und dann gleich zur Abscheidung von Perlmutter-schichten schritt, auf welche das Epithel seiner Herkunft nach ja eingestellt war, somit die Produktion der Prismenschichten übersprungen hatte. Bei anderen Zuchtperlen dagegen machte es den Eindruck, als ob der Perlsack den fremden Kern gleich mit Perlmutter überkleidete, ohne eine andere Schichte zur Absonderung zu bringen. Hier läge der analoge Fall vor, den Grobben für Perlen angibt, die im Innern keinen Periostrakumkern enthalten und nur aus Perlmutter-schichten gebildet sind. Dieser Bau der Perle wäre mit der Annahme zu erklären, daß das Epithel des Perlsackes keine funktionelle Störung erlitten hatte und seine ursprüngliche Tätigkeit ohne Unterbrechung fortsetzte.<sup>36)</sup>

<sup>35)</sup> Siehe Anm. 34.

<sup>36)</sup> Mikimoto hat über seine Versuche meines Wissens nach nichts veröffentlicht. Es mögen daher einige Arbeiten genannt werden, welche unter anderem auch über die Pflege von Margaritifera Martensi und über die von ihr erzeugten Perlen berichten:

Boutan L., Sur les nouvelles complètes de culture japonaise, 1921.

— La Perle, Paris 1925.

Dollfus R. Ph., La perle fine, La Nature Nr. 2603, Paris 1924.

Eppler A., Gezüchtete Perlen, Umschau Nr. 51, Frankfurt a. M. 1921.

## IV. Unterscheidungsmethoden zwischen gezüchteten und zufälligen Perlen.

### 1. Durchleuchtung der Perlen.

Die Perlen aus den Farmen Mikimotos sind von schöner, kugliger Gestalt und zeigen an ihrer Oberfläche einen tadellosen Lüster, so daß eine Unterscheidung der gezüchteten Perlen von denen, die zufällig im Tiere entstanden sind, ohne entsprechende Hilfsmittel nicht möglich ist. Die Oberfläche der Zuchtperle läßt, unter dem Mikroskop betrachtet, dieselben fladerförmigen Zeichnungen erkennen, wie jene der zufälligen Perle, was vorauszusehen war, da die äußeren Perlmutter-schichten durch den gleichen Prozeß seitens des Tieres abgeschieden wurden, wie bei der ohne Zutun des Menschen entstandenen Perle (Abb. 13 Taf. 6). Mit dem Erscheinen der Mikimotoperle hat sich denn auch bald eine gewisse Unsicherheit in der Beurteilung und in dem Erkennen der Perlen in den interessierten Kreisen bemerkbar gemacht und es hat sich von selbst das Bedürfnis herausgestellt, nach Untersuchungsmethoden Umschau zu halten, die eine sichere Unterscheidung zwischen gezüchteter und zufällig entstandener Perle einwandfrei ermöglichen. Eine ganze Reihe von Fachmännern und Männern der Wissenschaft hat sich in den Dienst der Sache gestellt und heute verfügen wir über sinnreich erdachte Apparate, die es auch dem Laien ermöglichen, bei einiger Übung Zuchtperle und natürliche Perle scharf auseinanderzuhalten. Die Untersuchungsmethoden an Zuchtperlen zielen dahin, die Anwesenheit eines Kernes festzustellen; kernlose Perlen, oder solche, die als Kern eine kleine Sandperle enthalten, welche das Muscheltier in seinem Körper durch Auflagerung weiterer Perlmutter-schichten wachsen läßt, sind zwar möglich, aber derzeit am Markte kaum beobachtet worden (Abb. 14 Taf. 6).

Der Kern der Mikimotoperle ist ein aus Perlmutter gedrehtes Kügelchen. Erfahrungsgemäß besteht die Perlmutter der Muschel-

---

Jordan-Starr D., The Culture-Pearl Fishery of Japan, The Scientific Monthly. Vol. 17, 1923.

Jameson H. L., The Japanese Artificillay induced Pearls, Nature 1921.

Michel H., Nachahmungen und Verfälschungen der Edelsteine und Perlen. 1926.

Pohl M. L., Les perles fines obtenues par culture, Paris 1922.

— A propos des controverses sur les perles fines accidentelles et sur les perles fines de culture, Paris 1923.

— La culture sous-marine des perles fines, Paris 1924.

Roquebert M., La pêche des huitres perlières à Panama, Le Grand Necoce, Paris 1922.

schalen aus annähernd parallel gelagerten, abwechselnden Schichten von kohlensaurem Kalk und Konchyolin. Licht, welches senkrecht auf diese Schichten auffällt, wird in merkbar geringerem Maße durchgelassen, als jenes, welches parallel den Schichten seinen Durchtritt sucht. Um diese Eigentümlichkeit des Kernes für die Unterscheidung auszuwerten, bringt man die Perle in ein kleines, aus Metall gefertigtes, zylindrisches Näpfchen, dessen Boden aus Glas besteht und welches mit einer Flüssigkeit gefüllt wird, deren Brechungsverhältnis jenem des kohlensauren Kalkes der Perle nahekommt. Wird die Perle auf die kleine Öffnung einer am Boden des Näpfchens befindlichen Metallblende gelegt und von unten her mittelst einer starken Lichtquelle, deren Strahlen durch eine Sammellinse konvergent gemacht wurden, beleuchtet, so erscheint, von oben her betrachtet bei langsamer Drehung eine Zuchtperle abwechselnd licht und dunkel, je nachdem die Lichtquelle parallel oder normal die Schichten der Perlmutter des Kernes trifft. Die vom Tiere um den Kern gelagerten Perlmutter-schichten lassen, falls sie nicht gar zu dick sind, diese Beobachtungen ohneweiters zu. Die Muscheln haben manchmal die Gewohnheit, den eingeführten Kern zunächst unregelmäßig mit Konchyolin zu überziehen und darüber erst die Perlmutter-schichten abzuschneiden. Im durchfallenden Licht gewahrt man dann diese „Konchyolinfetzen“ als dunkle Flecken. Sind die Perlmutter-schichten dünn, so verleiht das darunterliegende Konchyolin den Perlen eine unschöne, bleigraue Farbe und macht sie dadurch minderwertig. Die Erscheinungen am Kern werden durch Verwendung geeigneter Farbenfilter, die man bei der Untersuchung im durchfallenden Licht zwischen die Perle und das Auge des Beobachters bringt, viel schärfer und exakter und gestatten, die Umrisse und damit die Dimensionen des Kernes annähernd zu erfassen.

Zufällig entstandene Perlen zeigen bei der gleichen Beobachtungsweise diesen Unterschied in der Helligkeit nicht, da die bis zur Mitte gehenden konzentrischen Schichten das senkrecht auf sie treffende Licht gleichmäßig stark reflektieren.

Die das Zentrum der zufälligen Perle umlagernden Schichten zeigen vielfach eine gelbe oder bräunliche Farbe und werden in ihrer Gesamtheit als „sekundärer Kern“ bezeichnet. Im durchfallenden Licht scheint daher auch bei dieser Perle ein „Kern“ vorhanden zu sein, der sich aber durch weniger scharfe Umgrenzung und durch besondere Farbenwirkung von dem künstlich eingeführten Kern der japanischen Zuchtperle unterscheidet.

Sind die Schichten des in der Zuchtperle eingeschlossenen Kernes nicht gleichgeartet, sind einige von ihnen dichter oder konchyolinreicher als die andern, so zeigt sich bei der Durch-

strahlung der Perle parallel diesen Schichten des Kernes im Gesichtsfelde eine deutliche Streifung, deren Anwesenheit einen sicheren Schluß auf eine Mikimotoperle zuläßt.

## 2. Fluoreszenz.

Fluoreszenzerscheinungen, die man an Perlen mit Hilfe von ultraviolettem Licht oder mittelst Röntgen- und Kathodenstrahlen beobachten konnte, haben keine zuverlässigen Unterscheidungsmerkmale zwischen beiden Perlenarten ergeben. Auch die Schattenbilder, die man bei der Durchleuchtung der Perlen mit Röntgenstrahlen erhielt, ergaben keine besonderen Merkmale; wohl aber hat man in letzter Zeit aus den Beugungsbildern, die man beim Durchstrahlen der Perlen mit einem Bündel von Röntgenlicht gleicher Wellenlänge beobachtete, ihre innere Struktur erschlossen; die Röntgenphotogramme der nach verschiedenen Richtungen durchleuchteten Perlen lassen die Anwesenheit eines aus parallelen Perlmutter-schichten bestehenden Kernes zuverlässig erkennen (Zuchtperle). Diese Methode der Unterscheidung ist zwar von großem wissenschaftlichen Interesse, für die Praxis aber weniger geeignet, da sie einerseits eine sehr kostspielige Apparatur, anderseits weitgehende experimentelle Erfahrungen voraussetzt.

In einer kürzlich erschienenen Arbeit (Die Goldschmiedekunst 1928, Heft 15) beschreiben J. A. Leroux und E. Raub ein Verfahren, nach welchem es ihnen gelungen sein soll, die Unterscheidung zwischen zufälligen und gezüchteten Perlen an den Schattenbildern festzustellen, die sich ergeben, wenn die Perlen, welche auf der Schichtseite einer photographischen Platte befestigt sind, durch filtriertes ultraviolettes Licht einer Quarzlampe bestrahlt werden. Hierbei zeigt sich, daß die Zuchtperlen das ultraviolette Licht gleichmäßig durchlassen, während die zufälligen Perlen der Durchstrahlung mit kurzwelligem Licht einen ziemlichen Widerstand entgegensetzen. Die beiden Forscher begründen dieses unterschiedliche Verhalten damit, daß bei der Entstehung der Kulturperle die durch den eingeführten großen Kern krankhaft gereizten Epithelzellen des Perlsackes ein Haufwerk von kleinen Aragonitinseln und Konchyolin abscheiden, welche für ultraviolettes Licht leichter durchlässig sind; hingegen geht dieses nicht so leicht durch die Perlmuttermasse der echten Perlen, da bei ihr zufolge des langsamen Wachstums die Kristalle vom kohlen-sauren Kalk bedeutend größer sind als bei der Zuchtperle. Die ultravioletten Strahlen sollen von diesen gut ausgebildeten Aragonitschuppen größtenteils reflektiert werden.

### 3. Spezifisches Gewicht.

Manchmal wird auch das etwas höhere spezifische Gewicht der japanischen Zuchtperle herangezogen, um sie gegenüber den zufälligen Perlen identifizieren zu können. Hierzu wird eine Mischung von Monobromnaphthalin und Tetrabromazethylen (oder Bromoform) von spez. Gewicht 272 verwendet. Wirft man die Perlen in das Gemenge dieser zwei schweren Flüssigkeiten, so sinken die Zuchtperlen gewöhnlich unter, die zufälligen Perlen schwimmen an der Oberfläche. Diese scheinbar recht einfache Methode, die gestatten würde, in kurzer Zeit größere Mengen von Perlen zu prüfen, ist aber unzuverlässig und kann höchstens als ein Verdachtsmoment gewertet werden, da auch japanische Zuchtperlen bei reichlicher Ablagerung von Konchyolin oder durch das Auftreten von Hohlräumen zwischen Kern und Hülle spezifisch leichter sind als das Flüssigkeitgemisch und demnach an die Oberfläche steigen werden.

### 4. Kernmeßapparat.

Liegen Perlen in gebohrtem Zustande vor, so kann zu ihrer Prüfung eine Methode angewendet werden, welche darauf beruht, das Innere des Bohrkanales der Perle, die durch konzentriertes Licht transparent gemacht wird, mittelst eines Spiegels abzusuchen. Hierzu verwenden M. A. Ryziger und M. J. Galibourg<sup>37)</sup> neben kugelig abgeschmolzenen Drähten die spiegelnde Oberfläche des metallischen Quecksilbers. Das Metall wird durch eine mechanische Vorrichtung, eine Art Pumpe, in die Bohrung der Perle eingepreßt und das auf seiner glänzenden Oberfläche entstandene Bild des Inneren der Perle in der Richtung des Bohrkanales von oben her durch ein Mikroskop beobachtet. Wright,<sup>38)</sup> von dem die früher erwähnte Durchleuchtung der Perle zuerst empfohlen wurde, schlägt für die Absuchung ihres Bohrkanales einen kugelig abgeschmolze-

<sup>37)</sup> Ryziger M. A., Recueil mensuel des procès-verbaux des séances de la Chambre Syndicale des négociants en diamants, perles, pierres précieuses et des lapidaires, Avril 1922 Nro 58.

Galibourg M. J et Ryziger M. A., Sur une methode permettant de reconnaitre les Perles japonaises cultivées, C. R. Acad. d. Sc. T. 174, Paris 1922.

— Perles fines et perles cultivées, Le Grand Negoce, Paris 1922.

<sup>38)</sup> Wright F. E., Method for distinguishing natural from cultivated pearls, Journ. Washington Academy of Sciences Vol. 13, 1923.

nen, gut polierten Golddraht vor. Chilowsky und Perrin<sup>39)</sup> trachten den schaligen Aufbau einer zufälligen Perle durch Totalreflexion eines vom Bohrkanal in die Wand desselben geschickten Lichtstrahles zu ergründen.

Das Wesen der Verfahren der genannten Autoren besteht somit darin, das Innere des Bohrganges der Perlen abzusuchen und festzustellen, ob sie aus konzentrischen Schichten aufgebaut sind, wie die zufällig entstandenen Perlen, oder einen fremden Kern beherbergen, wie die Zuchtperle. Die Existenz des letzteren wird einerseits durch die Auffindung der Grenzlinie zwischen Kern und der vom Tiere aufgelagerten Perlmutter festgestellt, die ein untrügliches Merkmal abgibt, andererseits aber auch, wie wir feststellen konnten, durch das Auftreten verschieden stark erhellter und abgeschatteter Bilder, die sich ergeben, wenn die Perle um die Achse des Bohrkanales gedreht wird. Bedingt werden diese wechselnden Licht- und Schattenverhältnisse durch die verschiedene Lage der Schichten des Kernes zum Bohrkanal und zur Richtung des von der Lampe auffallenden Lichtes.

Nach den Angaben des Verfassers und des Dozenten H. Michel<sup>40)</sup> wurde von den optischen Werken C. Reichert ein Universal-Perlenmikroskop konstruiert, welches es ermöglicht, neben dem Studium der Oberflächenstruktur der Perle alle Unterscheidungsmerkmale einer Zuchtperle gegenüber den zufällig entstandenen Perlen aufzufinden (Abb. 17 Taf. 8).

Die Untersuchung des Bohrkanals wird mit Hilfe einer Nadel aus nichtrostendem Stahl vorgenommen, die an ihrem Ende einen unter 45° angeschliffenen Planspiegel trägt. Diese Nadel bildet den wesentlichen Bestandteil des sogenannten „Kernmeßapparates“, der auf jeden Mikroskopisch aufgesetzt werden kann und alle Erscheinungen zu beobachten gestattet, die zur Bestimmung einer Perle notwendig erscheinen (Abb. 15 Taf. 7). Die Nadel des Apparates kann in vertikaler Richtung verschoben werden, wodurch es möglich ist, das Innere des Bohrkanals in jedem beliebigen Niveau und durch Drehung der Perle um die Nadel an jeder Stelle der Horizontalebene abzusuchen. Mittels einer Meßtrommel wird die Höhe der Verschiebung des Drahtes abgelesen, so daß auch über die Dimensionen des Kernes und die Dicke der aufgelagerten Perlmutter-schichten exakte Angaben zu machen sind; erst diese Daten

<sup>39)</sup> Chilowsky u. Perrin; C. R. Acad. d. Sc. 26. Okt. 1925, Paris.

— Österr. Patentanmeldung vom 10. Februar 1926.

<sup>40)</sup> Michel H. und Riedl G., Zur Wertbestimmung der Zuchtperle mit Hilfe des Kernmeßapparates und des Universal-Perlmikroskopes, Fachzeitung der Wiener Juweliere, Jahrg. 1925, Heft 11 u. 12.

gestatten, den Wert einer japanischen Zuchtperle richtig zu beurteilen (Abb. 16 Taf. 7).

Wir haben dem Kernmeßapparat dadurch einen weiteren Wirkungskreis verliehen, daß wir für halbgebohrte Perlen

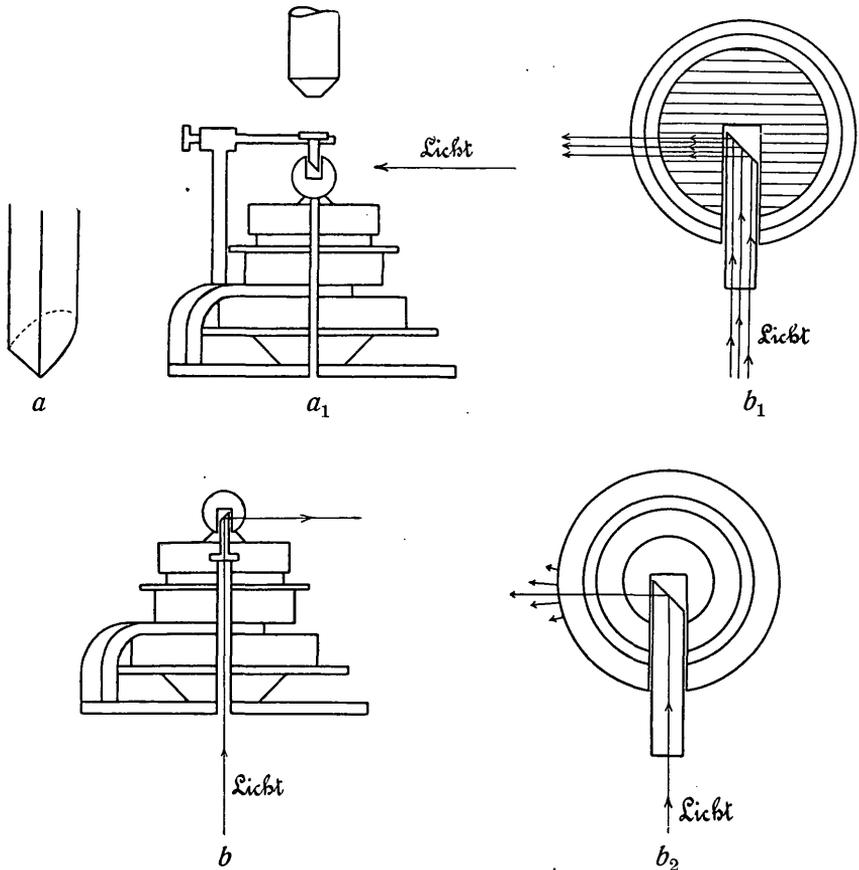


Abb. 18.

Kernmeßapparat mit Glasnadel für halbgebohrte Perlen.

- a* Unteres Ende der Glasnadel mit reflektierender Fläche.
- a<sub>1</sub>* Kernmeßapparat mit aufgesetzter halbgebohrter Perle und eingeführter Glasnadel. Licht von der Seite.
- b* Kernmeßapparat mit Perle und Glasnadel. Durchleuchtung der Perle von innen; das von unten kommende Licht wird von der schiefen Fläche des Glasprismas total reflektiert.
- b<sub>1</sub>* Verhalten einer Kulturperle bei der Durchleuchtung von innen. Scharfbegrenzter Lichtstreifen auf der Oberfläche der Perle.
- b<sub>2</sub>* Verhalten einer zufällig entstandenen Perle bei der Durchleuchtung von innen. Diffus erhellter Fleck auf der Oberfläche der Perle.

(Abb. 18 a, a<sub>1</sub>) (Perlen, die nur bis zur Mitte gebohrt werden und für die Aufnahme einer Schraube bestimmt sind, um sie auf Ringen, Broschen oder Krawattennadeln befestigen zu können) ein

total reflektierendes Glasprisma<sup>41)</sup> verwendeten, welches wie die Stahlnadel in den Bohrkanal der Perle eingeführt wird; das Prisma, welches auf den Kernmeßapparat montiert wird, ist zylinderförmig geschliffen, hat auf einer Seite eine ebene Abstumpfung und ist unten durch eine unter 45° geneigte Fläche abgeschrägt; diese wirkt genau so wie die spiegelnde Fläche der Stahlnadel als reflektierende Ebene, nur pflanzt sich das reflektierte Licht im Innern der Glasnadel fort und erlaubt die Beobachtung in der Richtung der Glasnadel durch diese von oben her. Bei dieser Art der Untersuchung ist die Glasnadel fix und die Perle wird gegen sie verschoben, wobei der Betrag der Verschiebung ebenso gemessen werden kann, wie bei der Anwendung von Stahlnadeln. Die Grenze von Kern und Hülle erscheint scharf, auch läßt sich in völlig analoger Weise wie bei ganz gebohrten Perlen die Schichtenfolge in Kern und Hülle verfolgen.

Die Glasnadel kann aber auch derart verwendet werden, daß die spiegelnde Fläche nach oben gekehrt ist und eine starke Beleuchtung von unten durch eine Bohrung im Kernmeßapparat erfolgt, wie dies Abbildung 18 b zeigt. Diese Art der Verwendung gestattet es, die Perle durch das reflektierende Prisma von innen her zu durchleuchten. Zuzufolge der Struktur und der optischen Eigenschaften der Perlmutter des Kernes einer gezüchteten Perle ist es bedingt, daß die Strahlen etwa den in Abbildung 18b<sub>1</sub> gezeichneten Verlauf nehmen. Das reflektierte Licht dringt innerhalb der Schichten der Perlmutter bis zur Hülle und läßt bei Betrachtung mit bloßem Auge von außen einen scharf begrenzten Lichtstreifen erkennen, welcher der Lage der Perlmutter-schichten im Kern entspricht.

Eine zufällig entstandene Perle, die durchwegs konzentrisch-schalig aufgebaut ist, läßt auf ihrer Oberfläche, entsprechend der jeweiligen Höhenstellung der reflektierenden Fläche, einen erleuchteten Fleck erkennen, der gegen seine Umgebung diffus begrenzt erscheint. Dieser Fleck wandert beim Heben und Senken und ändert beim Drehen der Perle seine Lage und Intensität nicht (Abb. 18 b<sub>2</sub>). Selbstverständlich kann die Glasnadel sowohl in der Stellung von oben, wie in der Stellung von unten, zum Abspiegeln des Bohrkanales ganz gebohrter Perlen verwendet werden, wenn auch für diese Fälle die Metallnadeln in der Praxis lieber angewendet werden, weil man mit ihnen etwas weniger vorsichtig zu sein braucht.

---

<sup>41)</sup> Michel H. und Riedl G., Das reflektierende Prisma als neues optisches Element zur Untersuchung von Perlen, Deutsche Goldschmiedezeitung 1926, Heft 11.

### 5. Verhalten im magnetischen Feld.

Die Unterscheidung gezüchteter und zufällig entstandener Perlen gelingt nicht nur durch optische Methoden, sondern, wie wir in Gemeinschaft mit K. Ippisch<sup>42)</sup> experimentell zeigen konnten, auch durch die Auswertung physikalisch-kristallographischer Eigentümlichkeiten des den Perlmutterkern der Zuchtperle aufbauenden Aragonits.

Wird ein Aragonitstäbchen zwischen die Pole eines starken Elektromagneten gebracht und so an einem Kokonfaden aufgehängt, daß die kristallographische c-Achse horizontal schwingen kann, so stellt sich der Kristall so ein, daß die c-Achse nach Erreichung der äquatorialen Lage in Ruhe kommt, das heißt, daß sie sich normal zu den die Pole verbindenden Kraftlinien des magnetischen Feldes einstellt. Die Magnetisierungskoeffizienten des rhombischen Aragonits sind in den Richtungen der drei kristallographischen Achsen verschieden; für die Richtung der c-Achse erfährt das diamagnetische Mineral seitens der Pole die größte Abstoßung.

Wie bereits erörtert wurde, besteht der Perlmutterkern der Zuchtperle aus zahlreichen dünnsten Schichten von nahezu parallel gelagerten Aragonitkriställchen, welche mit Konchyolinlagen wechseln. Ihre Dimensionen sind überaus klein; so bewegt sich zum Beispiel die Dicke der Aragonitblättchen bei der Muschelgattung *Unio* zwischen 0'0016—0'0017 mm, bei *Meleagrina* beträgt sie 0'0010 mm und für die Gattung *Pinna* liegt sie noch unter diesem Werte. Wie die Untersuchungen W. J. Schmidts<sup>43)</sup> lehren, sind die kristallographischen Achsen dieser Aragonitkristalle über weite Strecken hin parallel, wobei ihre c-Achsen normal zu den Schichtrichtungen der Perlmutter zu liegen kommen. Ein aus Perlmutter gedrehtes Kügelchen stellt somit ein einheitliches Aggregat parallel gestellter Aragonitblättchen dar und verhält sich im Felde des

<sup>42)</sup> Ippisch K., Michel H. und Riedl G., Die Bedeutung des Verhaltens von Kristallen im Magnetfelde für neuere Unterscheidungsmethoden zwischen zufälligen Perlen und Zuchtperlen, Deutsche Goldschmiedezeitung 1926, Heft 31.

Michel H. und Riedl G., Ein neues Verfahren zur Erkennung gezüchteter Perlen mit Perlmutterkern, Deutsche Goldschmiedezeitung 1926, Heft 14.

Nacken R. und Jäger G., Über ein neues Verfahren zur Erkennung des Perlmutterkernes in jap. Kulturperlen, Deutsche Goldschmiedezeitung 1926, Heft 14.

<sup>43)</sup> Schmidt W. J., Über den Bau der Perlen etc., Arch. f. mikr. Anat. Bd. 97, 1923.

— Bau und Bildung der Perlmuttermasse, Zool. Jahrb. Anat. Abt. Bd. 45, 1923.

Elektromagneten wie eine Kugel aus einem einzigen Aragonitkristall. Es wurde nun gefunden, daß eine an einem Kokonfaden zwischen den Polen eines Elektromagneten geeignet aufgehängte kugelige Zuchtperle zufolge ihres geschichteten Kernes, der sich gleich einer aus Aragonit gedrehten Kugel verhält, eine Drehung erfährt und das Bestreben zeigt, sich so zu orientieren, daß die Schichten des Kernes parallel den Richtungen der Kraftlinien des Feldes zu liegen kommen, die c-Achsen aller Aragonitkriställchen der Perlmutter sich somit äquatorial einstellen. Diese Drehung ist deutlich erkennbar, falls die Perle nicht zufällig jene Lage schon vor Erregung des Elektromagneten einnahm. Um in diesem Falle nicht einem Irrtum zu unterliegen, muß eine Perle, die im Magnetfeld in Ruhe bleibt, noch in einer zweiten Lage geprüft werden. Die zufällig entstandene Perle bleibt, wenn sie in das Magnetfeld gebracht wird, in jeder Lage in Ruhe. Die Ursache dieses Verhaltens ist in der gleichartigen strukturellen Anordnung ihrer Bauelemente zu suchen; dies gilt für alle Perlen, gleichgültig, ob sie aus radial angeordneten Prismen oder aus konzentrisch-schalig angeordneten Aragonitblättchen bestehen. Kugelige zufällige Perlen können in allen Richtungen ihrer Radien gleich gebaut sein. Wie der Abbildung 19 Taf. 7 zu entnehmen ist, befindet sich der Kokonfaden innerhalb einer Glasröhre und ist oben an einem Torsionskopf befestigt. An dem Faden hängt ein Glasstäbchen, an dessen unterem Ende die Perle mit einer geeigneten Klebmasse befestigt ist. Das obere Ende des Glasstabes trägt eine Borste, die über einer Gradteilung spielt, um die Größe der Drehung ablesen zu können. Glasstab und Perle befinden sich innerhalb eines Gehäuses, das an die Röhre anschließt und zwischen den Polen des Elektromagneten montiert ist, um die ganze Aufhängevorrichtung vor Luftströmungen zu schützen. Das Auswechseln der Perlen wird durch Heben der Röhre bewerkstelligt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß eine Zuchtperle im magnetischen Felde eine Drehung erfährt, die zufällige kugelige und regelmäßig gebaute Perle nicht. Ähnliche Verhältnisse zeigen die Perlen im elektrischen Felde.<sup>44)</sup>

In Perlen sind enorme Werte investiert, und es ist daher von weittragender Bedeutung, über jene Mittel zu verfügen, die eine einwandfreie Klarstellung zulassen, ob eine zu prüfende Perle ohne Zutun des Menschen oder durch seine Beihilfe entstanden ist, da die Preise von zufälligen Perlen und Zuchtperlen bei gleicher

<sup>44)</sup> Siehe auch Plückers Arbeiten über das Verhalten der Kristalle in homogenen Magnetfeldern in Poggendorffs Annalen 72, 315 (1847); 75, 108 (1848); 76, 576 (1849); 77, 447 (1849); 78, 428 (1849); 110, 397 (1860).

äußerer Qualität sehr verschieden sind. Die Wissenschaft hat dem Praktiker das nötige Rüstzeug gegeben, um die Unterscheidung beider Perlenarten durchzuführen und dadurch jede Unsicherheit über die Natur einer Perle zum Schwinden zu bringen.

## V. Fortpflanzung der Flußperlmuschel.

### 1. Die Beobachtungen Leeuwenhoeks, Carus, Leydig's.

Heßling vertritt in seinem Werke (1859) die Ansicht, daß nur eine reichliche Vermehrung der Muscheln auch eine reiche Ernte an Perlen im Gefolge haben werde, und empfiehlt zur Erreichung dieses Zieles, die Tiere in eng zusammenschließenden Kolonien anzusiedeln und alle schädlichen Einflüsse, wie Verseuchung des Wassers, Flößen von Holz und unnützes Aufwühlen des Bodens der Bäche, zu unterlassen, vor allem aber jedwede Beunruhigung der Tiere während ihrer Brut- und Laichzeit zu vermeiden. Dabei war ihm, wie die Jahreszahl des Erscheinens seines Buches erkennen läßt, nur die Embryonalentwicklung der Muscheln bekannt, nicht aber ihr Schicksal nach dieser Periode, in erster Linie der notwendige Parasitismus auf Fischen.<sup>45)</sup>

- 
- <sup>45)</sup> Braun M., Über die postembryonale Entwicklung unserer Süßwassermuscheln, Zool. Anz. Bd. 1, 1878.  
 Faussek V., Über den Parasitismus der Anodonta-Larven in der Fischhaut, Biol. Zentralbl. Bd. 15, 1895.  
 Flemming W., Studien über die Entwicklungsgeschichte der Najaden, Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl. 3. Abt. Bd. 71, 1875.  
 Harms W., Die Entwicklungsgeschichte der Najaden und ihr Parasitismus, Sitzber. d. Ges. z. Förderung d. ges. Naturw., Marburg 1907.  
 — Über die postembryonale Entwicklung von *Anodonta piscinalis*, Zool. Anz. Bd. 31, 1907.  
 — Zur Biologie und Entwicklungsgeschichte der Flußperlmuschel, Zool. Anz. Bd. 31, 1907.  
 — Über die postembryonale Entwicklung von *Unio pictorum* u. *Unio tumidus*, Zool. Anz. Bd. 32, 1908.  
 — Postembryonale Entwicklungsgeschichte der Unioniden, Zool. Jahrb. Abt. Anat. Bd. 28, 1910.  
 Herbers K., Entwicklungsgeschichte von *Anodonta cellensis*, Ztschr. für wiss. Zool. Bd. 108, 1913.  
 Lillie F. R., The Embryology of the Unionidae, Journ. of Morph. Vol. 10, Philadelphia 1895.  
 — The organisation of the egg of *Unio*, etc. ebenda Vol. 17, 1901.

Wenn die Absicht besteht, ein Tier in menschliche Pflege zu nehmen, es zu züchten, so ist die Kenntnis der zum Leben desselben unumgänglich notwendigen Bedingungen, wie Temperaturverhältnisse, Art und Menge der Nahrung, günstiger Aufenthaltsort und vieles andere von großer Bedeutung. Aber auch der Entwicklungsgang, vom Ei bis zum fertigen Tier, darf uns nicht unbekannt bleiben, wenn wir auf seine Fortpflanzung durch Heranziehung fördernder Faktoren in der Weise wirken wollen, daß viele und gesunde Nachkommen durch die Zucht gesichert werden. Nur die Schaffung und sorgsame Erfüllung jener Bedingungen, welche das Tier unter günstigen Umständen in der freien Natur vorfindet, vielleicht sogar durch deren Verbesserung, werden uns Gewähr dafür bieten, daß die Zucht zu Ergebnissen führt, welche unsere Mühe lohnen.

Bei den Süßwassermuscheln ist der Werdegang bedeutend umständlicher als bei den marinen Formen, und es hat jahrelanger Beobachtungen bedurft, bevor man ihn vollständig und richtig erklären konnte; eine Ausnahme hievon macht Dreissensia, die mit ihrer freischwimmenden Larve eine Entwicklung zeigt, wie jene der Meeresmuscheln.

Im Jahre 1665 sah der Holländer A. van Leeuwenhoek<sup>46)</sup> in den Kiemen der Weibchen von *Unio* und *Anodonta* kleine Lebewesen, die durch den Besitz von zwei Schalen ausgezeichnet waren. Er hielt sie nach ihrer Ähnlichkeit mit den erwachsenen Tieren für deren Junge und glaubte, diese Muschelgattungen seien lebendiggebärend. Seine Beobachtungen waren überaus genau und viele davon können wir heute noch bestätigen. Er konnte bereits feststellen, daß die Muscheln getrennten Geschlechtes seien und daß die Eier in Drüsen gebildet werden, die seitlich im Fuß des geschlechtsreifen Weibchens gelegen sind. Er hat die verschiedenen Entwicklungsstadien der Eier in den Kiemen gesehen und konnte deren Wachstum bis zu den zweiklappigen Embryonen verfolgen, die sich im letzten Stadium ihrer Entwicklung durch lebhafte Be-

---

Sajó K., Vermehrung und künstliche Zucht der Süßwassermuscheln, Kosmos, Jahrg. 10.

Schierholz C., Über die Entwicklung der Unioniden, Sitzber. d. Akad. d. Wiss. in Wien, Math.-nat. Kl. Bd. 55, 1888.

Schmidt F., Postembryonale Entwicklung der Anodonten, Sitzber. d. Naturforscherges. Bd. 7, Dorpat 1884.

— Beitrag zur Kenntnis der postembryonalen Entwicklung der Najaden, Archiv f. Naturgesch. Bd. 51, 1885.

<sup>46)</sup> Leeuwenhoek A. v.; in einem Sendschreiben vom 1. Okt. 1695. Epistolae ad societatem regiam Anglicam et alios illustres viros. Ex Belgic. in lat. ling. trans. Tom. 3. continuat. 2. Epist. 95, Lugd. Bat. 1719.

wegungen innerhalb der Eihülle auszeichnen. Seine Versuche, die beobachteten Tierchen weiter zu züchten, schlugen trotz der großen Sorgfalt, die er darauf verwendete, durchwegs fehl. Die Ansicht Leeuwenhoeks fand nicht allgemein günstige Aufnahme. Einer seiner bedeutendsten Widersacher war der dänische Gelehrte J. Rathke,<sup>47)</sup> der 1797 die Darlegungen des Holländers heftig bekämpfte. Rathke hielt die Organismen in den Kiemen der weiblichen Muscheln für Parasiten dieser Mollusken und gab ihnen einen eigenen Namen: „*Glochidium parasiticum*“. Rathke und seine Anhänger, darunter L. Jacobson,<sup>48)</sup> wiesen darauf hin, daß, wenn die Glochidien nur ein Entwicklungsstadium der Muscheln vorstellen, mit Rücksicht auf die Unzahl derselben in den Kiemen, auch eine große Menge von jungen Muscheln an dem Aufenthaltsort der alten gefunden werden müßten, was nicht der Fall sei. Die vielen Tausende von Embryonen würden in gar keinem Verhältnis stehen zu der geringen Zahl der entwickelten Tiere. Ein wesentlicher Umstand kam ihrer Lehre zu Hilfe, nämlich der, daß es seit der Beobachtung der Muschelembryonen durch Leeuwenhoek keinem Forscher gelungen war, diese Embryonen zu fertigen Tieren heranzuziehen.

Im Jahre 1832 veröffentlichte C. G. Carus,<sup>49)</sup> daß es ihm gelungen sei, die Wanderung der deutlich gefärbten Eier von *Unio littoralis* aus den Ovarien in die Bruttaschen der Weibchen zu verfolgen und zu beobachten, daß diese sich hier in Glochidien verwandeln; über deren weiteres Schicksal wußte aber auch er nichts anzugeben. Erst F. Leydig<sup>50)</sup> war es vorbehalten, im Jahre 1866 die Lösung dieses Rätsels zu finden. Er stellte fest, daß sich die Glochidien, wenn sie die mütterlichen Bruttaschen verlassen haben und auf den Boden des Gewässers zu liegen kommen, nur dann weiter entwickeln können, wenn es ihnen gelingt, sich an einem Fisch festzuklammern und einige Zeit als wahre Parasiten auf ihrem Wirt zu verharren. Rathkes Parasitentheorie hatte sich als irrig erwiesen und nur der Name „*Glochidium*“ für die Muschelembryonen in den Kiemen wurde beibehalten.

<sup>47)</sup> Rathke J., Om Dammuslingen. Naturhistorie Selskabets Skrifter T. 4, Kjöbenhavn 1797.

<sup>48)</sup> Jacobson L. L., Undersögelser til naermere Oplysning af den herskende Mening om Dammuslingernes Tremarling og Udvikling. Aus den Schriften d. Königl. Dänischen Akademie d. Wissenschaften abgedruckt in Bidrag till Blöddyrenes Anatomie og Physiologie ved Lud. L. Jacobson, Kjöbenhavn 1828.

<sup>49)</sup> Carus C. G., Neue Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte unserer Flußmuschel, Leipzig 1832.

<sup>50)</sup> Leydig F., Mitteilung über den Parasitismus junger Unioniden an Fischen in Noll, Tübingen, Inaugural-Dissertation, Frankfurt a. M. 1866.

So haben uns die Forschungen bis Leydig, die einen Zeitraum von nahezu 170 Jahre umfaßten, die Entwicklungsgeschichte der Flußmuscheln in ihren wichtigsten Phasen gelehrt. Nachdem wir heute den vollständigen Entwicklungsgang der Flußperlmuschel kennen, so wäre es sicher lohnenswert, und dem Unternehmen könnte eine gewisse volkswirtschaftliche Bedeutung nicht abgesprochen werden, wenn wir ihre Zucht und Pflege wieder aufnehmen würden, um so mehr, als diese weder sonderliche Mühe noch Kosten verursachen. Da die Flußperlmuschel ein ausgesprochener Kalkflüchter ist, so käme für ihre Kultur besonders Oberösterreich in Betracht, das durch seine vielen, überaus günstigen Perlenbäche für einen solchen Versuch geradezu prädestiniert wäre. Wenn wir uns hiezu die Erfahrungen der alten Perlenfischer zunutze machen und diese vereinigen mit den neuen Forschungen, so ist der Weg gewiesen, die Pflege unserer Perlmuschel erfolgreich zu gestalten. Die Zucht würde besonders dann, wenn die Individuenzahl der Tiere durch künstliche Infektion noch bedeutend gesteigert würde, durch den Verkauf der geernteten Perlen einen guten Ertrag abwerfen.

So könnten Fischereivereine auf ihre Mitglieder, die in geeigneten Gebieten über Perlbäche verfügen, aufklärend wirken und sie zur Anlegung von Muschelkulturen anregen.

Wo viele Muscheln sind, werden auch viele Perlen gefunden werden. Die Hauptaufgabe der Muschelzucht wird daher in erster Linie darin bestehen, alle jene Umstände zu fördern, die eine sichere Fortpflanzung und Vermehrung der Tiere gewährleisten.

## **2. Eiablage in die Bruttaschen. — Befruchtung. — Embryonalentwicklung. — Abstößung der Larven. — Übergang der Glöchidien auf den Wirtsfisch. — Gefährdungen der jungen Muscheln.**

Unsere Unioniden sind zumeist getrennten Geschlechtes. Aus der Form und den Größenmaßen der Schale können wir keinen sicheren Schluß auf das Geschlecht ziehen, obzwar öfter angegeben wird, daß sich die Weibchen mit Rücksicht auf den großen Raum, den die mit Eiern vollgepfropften Kiemen einnehmen, durch eine gewölbtere und breitere Schale auszeichnen sollen. Messungen, die Schierholz anstellte, lehrten, daß diese Merkmale kein zuverlässiges Kriterium abgeben, da zum Beispiel Männchen von *Anodonta piscinalis*, *Unio littoralis* und *Margaritana margaritifera* sogar um ein geringes breiter waren als Weibchen. Das Geschlecht wird sich mit Bestimmtheit also nur durch die Untersuchung der Keimdrüsen, oder zur Zeit der Eiablage, an den Kiemen feststellen lassen.

Die Embryonalentwicklung der befruchteten Eier bis zu den reifen Larven, den Glochidien, geht in den Hohlräumen der Kiemen, den Bruttaschen der Weibchen (*Marsupium*) vor sich. Bei der Flußperlmuschel werden sowohl die äußeren als auch die inneren Kiemen als Bruträume benützt (Abb. 20 Taf. 9). In den Kiemen liegen die Eier eng aneinander und adhäreren mit ihrer Schale, oder sie sind in einer schleimigen Substanz eingebettet. Werden die Eier mit den noch unreifen Glochidien vorzeitig ausgeworfen, welcher Fall eintritt, wenn die trächtigen Muscheln beunruhigt werden, oder wenn sie ihren Wohnstätten entnommen, in ein Wasser gegeben werden, das nicht genügend reich an Sauerstoff ist, so geschieht dieses Auswerfen gewöhnlich in ganzen Paketen. Erfolgt es aus letzter Ursache, also infolge Sauerstoffmangels, so ist das Abortieren des Kiemeninhaltes jedenfalls ein Abwehrmittel gegen eintretende Atemnot; die Muschel trachtet, die Kiemen von ihrem Ballast zu befreien und nur für die Atmung freizubekommen. Es ist übrigens sehr wahrscheinlich, daß bei trächtigen Tieren, wo die Kiemen so stark von Brut besetzt sind, der Mantel einen Teil der Atmung übernimmt. Ein solches Ausstoßen der Glochidien tritt bei trächtigen Weibchen, die sich auf dem Transport befinden, fast immer ein, besonders dann, wenn die Tiere im Wasser liegend verschickt werden.

Sollen Muscheln eine längere Bahn- oder Wagenfahrt lebend überkommen, so empfehle ich, die Tiere in ein Faß (aber ohne Wasser) oder in eine Kiste zu bringen, dünne Lagen von angefeuchtetem Moos oder von einem schütterten Gewebe zwischen die Muscheln zu geben und den Behälter mit einer genügenden Menge von Luftlöchern zu versehen. So verwahrt überstehen die Muscheln, wenn sie vor extremen Temperaturen geschützt werden, den Transport ohne großen Schaden. Frühjahr und Herbst sind für den Versand gut geeignet. Als Transportbehälter können auch Körbe — etwa Obstkörbe — verwendet werden.

Das feste Aneinanderkleben der Embryonen ist ein wichtiges Kennzeichen ihrer Unreife und ist bei Entnahme der Glochidien aus den Kiemen des Muttertieres behufs künstlicher Infektion von Fischen wohl zu berücksichtigen. Trennen sich die Glochidien dagegen beim Herausnehmen aus den Kiemen leicht, so sind sie reif und können zur Übertragung auf einen geeigneten Wirt verwendet werden.

Die Männchen, deren Hoden gleich den Ovarien der Weibchen, im muskulösen Fuß gelegen sind, spritzen den reifen Samen in das Wasser. Er tritt rückwärts aus der Kloakenöffnung und verteilt sich im Wasser, welches dadurch streckenweise milchig getrübt er-

scheint. Die Weibchen nehmen die Samenfäden mit dem Atemwasser auf und die im Innern der Muschel herrschende Strömung führt sie zu den Eiern, die befruchtet werden. Jedenfalls können wir aus dieser Art des Befruchtungsvorganges erkennen, wie wichtig es ist, daß das Wasser, in welchem die Tiere gezogen werden, nicht gar zu reißend ist und daß es vorteilhaft sein wird, wenn viele Tiere auf engem Raum zusammengedrängt sind, also Muschelbänke bilden, damit das männliche Spermia sein Ziel, die weibliche Einfuhröffnung, mit großer Wahrscheinlichkeit erreicht.

Der Beginn der Eiablage erfolgt bei der Flußperlmuschel gegen Ende Juli, wobei sich aber der Zeitpunkt dieses Eintrittes der Eier aus dem Ovarium in die Kiemen etwas ändern kann und in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis zur Temperatur des Wassers des Perlbaehes steht; in den einzelnen Jahren wird dieser Termin, eben bedingt durch ihr Klima, gewisse Verschiebungen erfahren. Nach eigenen Beobachtungen konnte ich die Einlagerung der Eier in die Bruttaschen bei den Muscheln des Doblbaehes (Oberösterreich) mit dem 28. Juli (1924) feststellen. Die Brutzeit der Flußperlmuschel fällt in die Monate Juli und August. Die Kiemen, welche leer gelblich-grau gefärbt sind und die Querbalken zwischen ihren Lamellen als lichte, in schiefen Reihen angeordnete Flecken erkennen lassen, sind nach der Aufnahme der Eier angeschwollen, im Anfange der

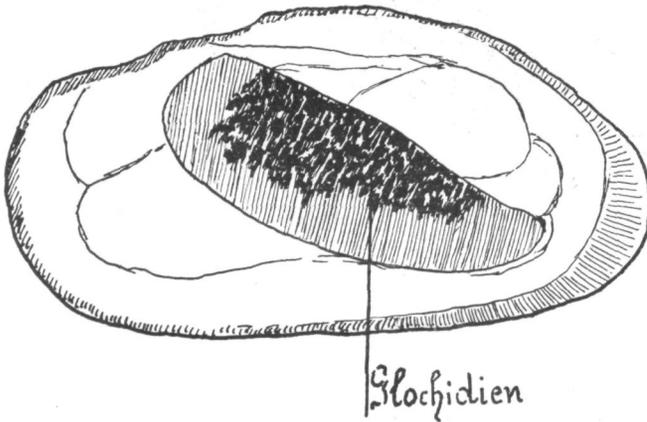


Abb. 21.

Trächtiges Weibchen einer Flußperlmuschel.

Das Aussehen der Kiemen, die mit Eiern, bezw. Glochidien reichlich besetzt sind.

Brutperiode hellgelb und werden später, mit zunehmender Reife, mehr braun (Abb. 21). Die Zahl der Eier ist sehr groß und beträgt bei einem Weibchen sicher gegen eine Million.

Die Periode vom befruchteten Ei bis zum entwickelten Glochidium, die Brutzeit, währt bei der Flußperlmuschel etwa 16—28 Tage.

Auch dieser große Unterschied in der Entwicklungsdauer ist bedingt durch die Temperatur des Wassers des Baches. Je wärmer dieses ist, desto rascher wird die Brutzeit ablaufen. Für die Muscheln des Doblbaches beträgt sie ziemlich genau 28 Tage. (Beobachtungsdauer vier Jahre.) Reife Glochidien finden wir gewöhnlich erst in der zweiten Hälfte des August. Ende dieses Monats sind die Bruttaschen der Weibchen leer.

Haben die Glochidien, die bei der Flußperlmuschel nur eine Größe von  $0\cdot047\text{ mm}$  erreichen und kleinen, winzigen Muscheln gleichen, ihre volle Reife erlangt und die Eihüllen noch während ihres Aufenthaltes in den Kiemen verlassen, so werden sie vom Weibchen allmählich abgestoßen und gelangen in das Wasser. Das Abstoßen der Glochidien kann daran erkannt werden, daß ganze Ballen einer schleimigen braunen Masse die Analöffnung des Muttertieres in gewissen Interwallen verlassen und dann im Wasser flotieren. (Abb. 22). Es konnte mikroskopisch mehrmals festgestellt

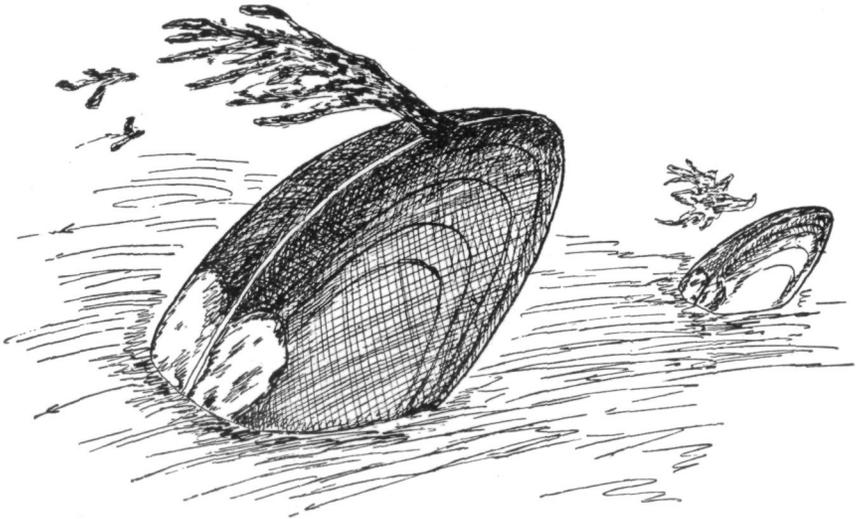


Abb. 22.

Weibchen der Flußperlmuscheln, die in Schleimklumpen gehüllten, reifen Glochidien aus der Analöffnung ausstoßend. Die Muschel spreizt bei diesem Akt die beiden Schalenenden auseinander, worauf in der Zeichnung keine Rücksicht genommen ist.

werden, daß sich in diesen schleimigen Klumpen außer reifen Glochidien, welche natürlich die Hauptmasse ausmachten, auch noch Eier befanden, in deren Innern nahezu entwickelte Glochidien waren, die durch die schnappenden Bewegungen ihrer beiden Schalen ein anziehendes Bild darboten. Voraussichtlich dürften solche in der Entwicklung etwas zurückgebliebenen Embryonen erst im Wasser ihre Eihüllen sprengen. Am Rande der Schale, gegen-

über dem Scharnier, trägt das Glochidium der Flußperlmuschel eine Art Leiste mit mehreren kleinen Zähnen, die zum Erfassen und Festhalten der Kiemenblättchen der Wirtfische dienen. Das Anodonta-Glochidium hingegen trägt an der gleichen Stelle einen großen, nach innen gerichteten Schalenhaken (Abb. 23 Taf. 9; Abb. 24, 25 Taf. 10; Abb. 26 Taf. 11).

Während Margaritana- und Unio-Weibchen ihre Brut gleich nach deren Reife, während des Sommers des gleichen Jahres abstoßen (Kurzbrüter), bleibt sie bei Anodonta, trotz ihrer völligen Reife im Oktober, noch während des ganzen Winters in den Bruträumen und erst in den Monaten Februar und März werden die Glochidien dem Wasser übergeben (Langbrüter).

Die im Wasser schwimmenden Glochidienballen der Flußperlmuschel, in welchen die Einzeltiere noch immer durch eine schleimige Substanz lose zusammengehalten werden, zerteilen sich hier und entlassen die Glochidien allmählich aus dem Verbände. Diese werden von dem fließenden Wasser fortgeführt oder sinken auf den Boden des Baches, wo sie gewöhnlich mit klaffenden Schalen liegen bleiben.

Nun folgt eine Klippe im Entwicklungsgang der Muschel. Die Glochidien sterben nach einigen Tagen ab, wenn es ihnen nicht gelingt, auf die Flossen oder die Kiemen eines geeigneten Fisches zu kommen, um hier einige Zeit als Parasiten zu verweilen und sich auf ihrem Wirt zur jungen Muschel weiter zu entwickeln. Die Glochidien der Flußperlmuschel sind ausschließlich Kiemenparasiten; sie werden mit dem Atemwasser durch die Kiemen des Fisches geführt, in deren zarten Blättchen sie sich durch die schnappenden Bewegungen ihrer Schale fest verankern. Vor allem infizieren sich gründelnde, nahrungsuchende Fische mit den am Boden liegenden Larven, wozu aber bemerkt sei, daß nicht alle Arten von Fischen für die Glochidien aufnahmefähig sind. Besonders geeignet erweisen sich Elritzen, kleine Weißfische und Koppen. Nach dem Einhaken der Glochidien in die zarte Kiemenhaut beginnt infolge dieser Verletzung durch den ständigen Reiz eine lebhaftere Wucherung des Hautgewebes und nach 2 bis 4 Stunden ist die Larve der Muschel in eine allseits geschlossene Zyste eingelagert, in welcher sie ihre weitere Entwicklung bis zur jungen Muschel durchmacht. Die Dauer der parasitischen Periode beträgt annähernd 21 bis 28 Tage und ist abhängig von der Temperatur des Wassers. Nach dieser Zeit befreit sich die junge Muschel aus dem sie umschließenden Gewebe durch kräftige Bewegungen ihres Fußes und ihrer Schalen und verläßt ihren Wirt, den Fisch, um am Boden des Baches ein selbständiges Leben zu beginnen (Abb. 27 Taf. 11; Abb. 28 Taf. 12).

Das Weibchen der Muschel setzt am Ende der Brutzeit eine nach vielen Hunderttausenden zählende Menge von Larven ab. Vergleichen wir damit die verschwindend kleine Zahl der in der Natur gefundenen jungen Muscheln, so kann diese auffallende Erscheinung, dieser Ausfall, nur damit begründet werden, daß sich ihrer Entwicklung Gefahren und Hindernisse entgegenstellen, die der größte Teil der Tiere nicht überdauert.

Kritische Stadien hat die Muschel in der Tat in zwei Altersstufen ihres Lebens zu überwinden: erstens als Glochidium, welches nach dem Verlassen der Bruttaschen auf dem Boden wartet, bis es einen Fisch erreicht, und zweitens als ganz junge Muschel, wenn sie, aus der Hautzyste ihres Wirtes befreit, im Begriffe steht, ein selbständiges Leben zu beginnen. Es ist jedenfalls sehr unsicher und ganz dem Zufall anheimgestellt, ob ein Glochidium in die Kiemen eines Fisches gelangt; unter Tausenden gelingt es vielleicht einem und alle anderen müssen sterben, denn ohne Parasitismus gibt es keine Weiterentwicklung. Wenn in der Natur die entwickelte junge Muschel ihren Wirt verläßt, so ist sie an dem zweiten kritischen Punkt ihres Werdeganges angekommen. Würde sie von dem Fisch auf ungünstigem Boden abgesetzt, so ist ihr weiteres Leben in Frage gestellt; es gibt aber auch zahlreiche Feinde, seien es Fische oder sonstige Wassertiere, denen die hilflosen kleinen Muscheln in Mengen zum Opfer fallen.

## VI. Zucht der Flußperlmuschel.

### **1. Wasserverhältnisse. — Anlagen zur Befruchtung und Infizierung. — Auswahl der Fische. — Amerikanische Methode.**

Nachdem im vorstehenden die einzelnen Phasen in der Entwicklung der Flußperlmuschel geschildert wurden, sollen auch die Richtlinien angegeben werden, welche einer rationellen Zucht der Tiere zugrunde gelegt werden müssen.

Damit der in das Wasser abgesetzte männliche Same die Eier des Weibchens sicher erreicht, ist es nötig, die im Bach zerstreut liegenden Muscheln zu sammeln und an geeigneten Stellen des Baches zu größeren Kolonien, den sogenannten Muschelbänken, zu vereinigen. Als Wohnplätze sind solche Stellen geeignet, wo keine schädlichen Abwässer von Fabriken oder von Latrinen einmünden und wo ein günstiger, sandig-kiesiger Untergrund vorhanden ist. Die Muschelbänke sollen so angelegt werden, daß sie auch bei Hochwasser einen gewissen Schutz genießen, da die Tiere sonst zerstreut

oder gar weggeschwemmt werden. Das Wasser soll an dem Ort, wo die Muscheln liegen, nicht allzu rasch fließen, damit der männliche Same, der während der Laichzeit von ihm mitgeführt wird, langsam und ruhig über die weiblichen Tiere hinwegströmt und von diesen aufgenommen werden kann.

Um möglichst vielen Glochidien das parasitische Leben zu ermöglichen, um ihre weitere Entwicklung zu sichern, können wir zwei Wege einschlagen. Der erste besteht darin, daß wir in den Bach, der die Muscheln enthält, zahlreiche Fische einsetzen, um die Wahrscheinlichkeit ihres Zusammentreffens mit den Glochidien zu erhöhen; dieses Ziel erreichen wir aber sicher, wenn wir oberhalb und unterhalb der Muschelbank je ein Sperrgitter aus verzinktem Eisendraht (1 cm Maschenweite) einsetzen, um so die Möglichkeit zu haben, eine große Menge von Fischen in einem verhältnismäßig eng begrenzten Raum unterzubringen. Diese sind durch die Gitter am Entweichen gehindert, kommen aber auf kurzer Bachstrecke mit den zahlreichen ausgeworfenen Glochidien sicher zusammen und werden infiziert. Will man, daß auch die nach einigen Wochen den Fisch verlassenden jungen Muscheln auf der bereits vorhandenen Muschelbank abgesetzt werden, so muß man die infizierten Fische so lange in dem unfriedeten Raum belassen, bis die vollständige Reife der jungen Muscheln eingetreten ist und diese abgeworfen werden.

Der zweite Weg, der von dem Zoologen Braun und später von Schierholz<sup>51)</sup> beschritten wurde, weist uns darauf hin, die Übertragung der Glochidien auf Fische nicht mehr dem Zufall anheimzustellen, sondern auf künstliche Art durchzuführen, so daß man die Glochidien, nachdem man zuvor mit großer Genauigkeit festgestellt hat, ob sie ihre volle Reife erlangt haben, den Bruttaschen der weiblichen Muscheln entnimmt, sie in flache Schalen oder Bottiche mit Wasser gibt und Fische einsetzt, die, über den Boden streichend, sich reichlich infizieren. Die infizierten Fische werden dann in das Wasser des Baches zurückgegeben und die Weiterentwicklung der Glochidien bis zu jungen Muscheln unter sorgfältiger Kontrolle gestellt.

So konnte Schierholz einen 13 cm langen Barsch, nachdem er ihn annähernd eine Stunde lang in einem Gefäß gehalten hatte, in dessen Wasser die Glochidien von *Anodonta* verteilt waren, infizieren und zirka 2400 Glochidien an den Kiemen und Flossen des Fisches feststellen. Die Experimente Schierholz' mit *Unio*-Larven führten ebenfalls zu günstigen Ergebnissen. Er infizierte einen kleinen Barsch mit etwa 3000 Glochidien von *Unio pictorum*, welche

<sup>51)</sup> Siehe Literaturverzeichnis Anm. 45.

sich an den Kiemen des Fisches festsetzten und ihren Parasitismus auf ihm vollendeten.

Bei jeder Infektion muß mit großer Vorsicht umgegangen werden, damit nicht zu viele Glochidien auf den Fisch gelangen, weil dadurch entweder der Fisch zugrunde gehen könnte oder die Glochidien, welche durch die reichlich zur Wundstelle strömenden Leucocyten vernichtet würden. Eine übergroße Infektion ist auch deswegen bedenklich, weil die Atemtätigkeit des Fisches arg gefährdet wird. Es muß daher auf ein richtiges Verhältnis der in einem gemeinsamen Behälter vorhandenen Fische und Glochidien Rücksicht genommen werden, ferner auf die Zeit, während welcher die Glochidien und die Fische beisammen sind, und im Zusammenhang damit auf den Umstand, daß die Intensität der Infektion auch in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis zur Temperatur des Wassers steht. Je wärmer es ist, desto rascher wird die Übertragung eintreten.

Eingehende Untersuchungen über künstliche Infektion verdanken wir Harms,<sup>52)</sup> der sie sowohl mit *Unio* als auch mit *Margaritana* vornahm. Glochidien von *Unio pictorum* und *Unio tumidus* wurden Anfang Juni auf 5 bis 6 cm lange Weißfische und Elritzen übertragen, die sich hiezu am besten eigneten und gute Besetzung ihrer Kiemen vertrugen, ohne Schaden zu nehmen; er konnte bis zu 130 Najaden auf den Kiemen dieser Fische züchten, und, nachdem sie frei geworden waren, noch 6 bis 7 Wochen im Aquarium gesund erhalten. Allerdings wurde dieser Aufzucht große Sorgfalt zugewendet. Die Behälter waren mit reinem, feinem Sand und etwas Schlamm beschickt und zeigten außerdem einen reichen Pflanzenbestand, der einerseits durch Assimilation den zum Leben erforderlichen Sauerstoff lieferte, andererseits aber auch eine Nahrungsquelle abgab; dann fügte Harms dem Wasser hin und wieder einen Aufguß von verwesenden Pflanzen hinzu, um seine Pfleglinge mit Mikroorganismen, besonders Infusorien, zu versorgen. Inwieweit Fische imstande sind, Infektionen zu ertragen, zeigt ein Experiment, das Harms mit einem 5 cm langen Weißfisch vornahm. Während des Zeitraumes von Ende November 1906 bis Juli 1907 konnte er ihn fünfmal mit den Glochidien von *Anodonta* und zweimal mit denen von *Unio* infizieren, die er bis zur Reife austrug; erst bei der siebenten Übertragung ging das Tier infolge Entzündung der Kiemen ein. Ich erwähne diesen Fall mit besonderer Absicht, da Reuling<sup>53)</sup> 1919 beobachtete, daß ein *Micropterus*

<sup>52)</sup> Siehe Literaturverzeichnis Anm. 45.

<sup>53)</sup> Reuling F. H., Acquired immunity to an animal parasite, *Journal of Infections Diseases*, Vol. 24, Nr. 4, Chicago 1919.

*salmoides*, der sicher schon einige natürliche Infektionen mitgemacht hatte, nach einer an ihm vorgenommenen künstlichen Übertragung gegen weitere Infektionen immun war. Ähnlich verhielt sich *Micropterus dolomieu*, der sich nach zwei oder drei künstlichen Übertragungen für die weitere Aufnahme von Glochidien unempfindlich zeigte. Reuling konnte vorläufig nicht feststellen, ob diese Immunität eine dauernde sei oder nach einer gewissen Zeit wieder verschwinde.

Harms hatte mit einer Aufschwemmung von Glochidien der Flußperlmuschel Weißfische und Elritzen infiziert. Die Glochidien starben aber massenhaft und konnten nicht über sieben Tage lebensfähig gehalten werden, trotzdem Harms trachtete, die mit Larven behafteten Fische unter möglichst natürliche Bedingungen zu bringen, indem er die Behälter, welche sie enthielten, mit einem Drahtnetz bedeckte und in fließendes Wasser stellte. Er erkannte als die Ursache dieses Mißerfolges außer Überinfektion vornehmlich parasitische Protozoen, die auch sonst auf den Kiemen von Fischen angetroffen werden, nämlich *Costia necatrix* (*Flagellata*) und *Cylochaeta domergeui* (*Peritricha*). Diese Parasiten, die, nebenbei erwähnt, auch der Fischbrut sehr gefährlich werden können, werden durch Sekrete, welche sich an den Wundstellen bilden, wo die Glochidien haften, angelockt, überwuchern in großen Mengen die Kiemen, wodurch diese und die darin befindlichen Glochidien der Zerstörung anheimfallen.

Auch die Kulturen, die Herbers<sup>54)</sup> angelegt hatte (Anodonta), litten unter schädlichen Fischparasiten, die teils direkt, teils indirekt die enzystierten Glochidien vernichteten; so konnte er das starke Auftreten von *Gyrodactylus elegans* (*Gyrodactylus*-Seuche) und einiger Erreger von Beulenkrankheiten feststellen. Als Träger seiner Glochidien verwendete er, wie Harms, Weißfische und Elritzen, berichtet aber über besonders gute Erfolge, die er an einem 20 cm langen Hecht erzielt hatte, der ohne Schaden zwei hintereinander ausgeführte Infektionen aushielt und über tausend junge Muscheln abwarf.

In neuester Zeit trachten die Amerikaner, den enorm zunehmenden Bedarf an Muschelschalen für die Perlmutterindustrie dadurch zu decken, daß sie für eine regelrechte und sichere Aufzucht ihrer Süßwassermuscheln, besonders in dem reich verzweigten Mississippi-Becken, Sorge tragen. Dort werden die erwähnten künstlichen Infektionen im großen Maßstabe an vielen Tausenden von Fischen vorgenommen und diese dann entweder in den Fluß

<sup>54)</sup> Siehe Literaturverzeichnis Anm. 45.

zurückgegeben, oder in Kasten aus Drahtnetz gehalten, die in fließendes Wasser eingehängt werden, bis die jungen Muscheln abgeworfen sind; sie werden auf dem mit Sand belegten Boden des Behälters gesammelt und sorgsam aufgezogen; auf diese Weise werden die winzigen Tierchen allen ihren Feinden und sonstigen Gefahren, die ihnen in der freien Natur drohen, entzogen; erst nach Erlangung einer gewissen Größe werden sie dem freien Wasser übergeben.

Dadurch, daß wir die Aufzucht der jungen Tiere selbst in die Hand nehmen, sie sorgfältig überwachen und bis zu einem Alter pflegen, wo sie gegen die Gefahren, die ihrer in der freien Natur harren, widerstandsfähig geworden sind, haben wir den jungen Muscheln geholfen, den zweiten kritischen Punkt ihres Entwicklungsganges zu überwinden.

Ein ganzer Stab von Gelehrten war in der vom Kongreß der Vereinigten Staaten im Jahre 1908 gegründeten biologischen Station zu Fairport (Jowa) unter anderem mit der Lösung der Aufgabe betraut, Mittel und Wege zu suchen, die verödeten Muschelbänke des Mississippi und seiner Nebenflüsse neu zu beleben, um die Perlmutterindustrie mit dem für sie notwendigen Rohmaterial zu versorgen. Durch genaues Studium der Biologie der amerikanischen Süßwassermuscheln und der für die Pflege derselben in Betracht kommenden Örtlichkeiten ist die Frage der Zucht der Muscheln, an der nicht nur die Wissenschaft, sondern auch die Handelskreise des Landes lebhaft interessiert waren, in durchaus gewünschter Weise gelöst worden.

Die Erforschung der Lebensgeschichte der Süßwassermuscheln war durch die Arbeiten von Leeuwenhoek, Carus, Leydig, Flemming, Schmidt, Schierholz, Lillie und Harms bereits genügend geklärt, so daß die Amerikaner die Verwertung dieser Kenntnisse zur Grundlage ihrer praktischen Ziele machen konnten.

Die anfänglichen Versuche, die seitens der biologischen Station durchgeführt wurden, waren von mäßigen Erfolgen begleitet, haben aber im Laufe der Zeit, als man die unvermeidlichen experimentellen Schwierigkeiten überwunden hatte, vollauf befriedigt.

Im Jahre 1920 wurden ca. 180 Millionen Glochidien, auf Fischen parasitierend, dem freien Wasser übergeben, wobei die annähernde Zahl der Glochidien 1000 bis 2000 auf einen Fisch mittlerer Größe betrug.

In einer zweiten Versuchsreihe wurden die von infizierten und in Drahtkörben gehaltenen Fischen abgeworfenen jungen Muscheln sorgfältig gesammelt und in asphaltierten Trögen, die ständig von frischem Wasser durchflossen waren, großgezogen. Als Versuchstier wurde vornehmlich *Lampsilis luteola* verwendet, die sich wegen

ihrer Widerstandsfähigkeit und Schnellwüchsigkeit hiezu am besten eignete. Aber auch diese Aufzucht hatte anfangs mit Widerwärtigkeiten zu kämpfen und war erst dann von Erfolg begleitet — *Lampsilis luteola* wird heute schon in großem Maßstabe gezogen —, als es gelungen war, all die schädlichen Einflüsse, welche das Leben der kleinen, recht empfindlichen Muscheln bedrohten, so weit als möglich auszuschalten.<sup>55)</sup>

## 2. Die Ernährung der Muschel.

Im Zusammenhang mit der Aufzucht der jungen Muscheln drängt sich uns unwillkürlich die Frage auf, womit diese Tiere ihren Lebensunterhalt bestreiten, wovon sie sich ernähren? Die Frage ist jedenfalls naheliegend, da wir die Muscheln einen Großteil ihres Lebens regungslos im Sande des Baches stecken sehen und ihnen beinahe jede Möglichkeit benommen ist, gleich anderen Tieren auf Nahrungssuche auszugehen.

Wird die Muschel durch irgend eine Gewalt in ihrer behaglichen Ruhe gestört und aus dem Sand des Flußbettes gerissen, in welchem sie mit ihrem fleischigen Fuß fest verankert war, so macht sie, wieder auf den Bachgrund gelegt, gewaltige Anstrengungen, um sich in die ursprüngliche Lage zurückzubringen. Der Fuß wird weit aus der Schale gestreckt und sie versucht, mit seiner Hilfe im Boden einen festen Halt zu gewinnen, um sich wieder aufrichten zu können. Ist der Muschel die erreichte Lage nicht recht, oder hat sie — dies ist besonders während der Brutzeit der Fall — die Absicht, die Stelle, an der sie durch Monate festgesehen ist, zu ändern, um einen günstigeren Platz oder eine bessere Lage zu

<sup>55)</sup> Churchill E. P., Jr. and Sara J. Lewis, Food and Feeding in Fresh-Water Mussels. Bureau of Fisheries, 1923—1924, Doc. 963.

Coker R. E., Shira A. F., Clark H. W. and Howard A. D., Natural History and Propagation of Fresh-Water Mussels, Bull. U. S. Bureau of Fisheries Bd. 37, 1919—1920.

Coker R. E., The Fisheries Biological Station at Fairport, Bur. of Fisheries 1921, Doc. 895.

Howard A. Day, Experiments in the Culture of Fresh-Water Mussels, Bur. of Fish. 1921—1922, Doc. 916.

Lefevre G. and Curtis C., Studies on the Reproduction and Artificial Propagation of Fresh-Water Mussels, Bull. U. S. Bur. of Fisheries Bd. 30, 1910.

Mitsukuri K., The Cultivation of Marine and Fresh-Water Animals in Japan, Bull. U. S. Bur. of Fisheries, Departement of Commerce and Labour (1904) 1905.

Wilson Ch. B. and Danglade E., The Mussel Fauna of Central and Northern Minnesota, Bur. of Fisheries 1914, Doc. 803.

gewinnen, so kann sie auch Wanderungen unternehmen, wobei ihr Fuß wie eine Pflugschar den Boden aufwühlt und Kriechspuren im Sande hinterläßt. Die Ortsveränderungen beziehen sich aber nur auf kurze Distanzen und gehen verhältnismäßig langsam vor sich. So hatte eine Muschel über Nacht eine Wanderung von 90 cm Weglänge unternommen, um den schlammigen Boden, in welchen sie gesteckt worden war, der ihr aber scheinbar nicht behagte, zu verlassen und Kiesgrund zu gewinnen.

Jene Stoffe, welche zum Aufbau des Muschelkörpers erforderlich sind, werden diesem mit dem Wasser zugeführt, das ihn ständig durchfließt. Um dessen Aufnahme leichter zu ermöglichen, vergraben sich die Muscheln meist derart in den Sand, daß das hintere Ende des Körpers dem fließenden Wasser entgegensteht und dieses seinen Weg direkt durch die Einfuhröffnung (Branchialöffnung) nehmen kann. Die Einfuhröffnung ist vom rückwärtigen Teil der beiden Mantellappen umsäumt, die mit Papillen reichlich besetzt sind, und, da sie von zahlreichen Nerven durchzogen sind, ein empfindliches Tastorgan vorstellen. Die Papillen bilden in ihrer Gesamtheit eine Art Seiher, der nur feinste Teilchen in das Innere der Muschel passieren läßt, gröberen aber den Eintritt verwehrt. Wie empfindlich gerade diese Körperstelle ist, kann man prüfen, wenn man die Papillen der Branchialöffnung mit einem Haar oder mit einem Stäbchen berührt; gleich zieht die Muschel die Papillen ein und die Schalen werden fest geschlossen. Bei der künstlichen Fütterung der Tiere in Aquarien kann man sein Ziel nur erreichen, wenn man die hiezu verwendeten Pflanzen auf das Feinste zerreibt und durch ein sehr engmaschiges Mullnetz passiert. Trachtet man diese Aufschwemmung, nachdem man sie durch längeres Stehen in teilweise Zersetzung übergehen ließ, mit Hilfe einer Pipette dem Tiere durch die Branchialöffnung einzuflößen, so wird sie nur dann willig angenommen, wenn sie eben fein genug ist. Spürt die Muschel, daß die Nahrung zu grob war, so wird sie samt dem aufgenommenen Wasser in einem kräftigen Strahl wieder ausgespritzt.

Das Nahrungsbedürfnis der Muschel, die Menge der zum Aufbau ihres fleischigen Körpers nötigen Stoffe, ist sicherlich nicht groß, wenn wir hören, daß die Weichteile des Tieres zu 92% aus Wasser und nur zu 8% aus festen Bestandteilen zusammengesetzt sind. Von diesen 8% entfallen  $\frac{5}{6}$  auf organische Substanzen und  $\frac{1}{6}$  auf anorganische Stoffe.

Über die Art der Nahrung, welche die Muschel mit dem Wasser des Baches aufnimmt, hat man sich dadurch Klarheit verschafft, daß man den Inhalt des Magens und des Darmes untersuchte und außerdem die abgestoßenen Kotmassen einer mikroskopischen

Prüfung unterzog. F. Schrader<sup>56)</sup> prüfte zunächst das Wasser, welches über die Muschelbänke (Mississippi-Gebiet) floß, und fand darin neben fein aufgeschwemmter Mineralsubstanz organische, vorwiegend pflanzliche Überreste (man nennt solche Zerfallsprodukte *Detritus*) und Plankton. Letzteres bestand hauptsächlich aus winzigen Algen, die den Familien der Grünalgen und Kieselalgen angehörten.

Übereinstimmend mit der Analyse der Inhaltsstoffe des Wassers der Muschelbänke war der Befund, welchen die Prüfung des Verdauungsapparates ergab; auch hier fand man neben Sandpartikeln und Schlamm, die oft in ziemlicher Menge vorhanden waren, pflanzlichen *Detritus*, und unter dem aufgenommenen Plankton wieder Algen und Urtierchen verschiedener Art. Es ist sicher, daß eben mit dem Schlamm auch verwesende pflanzliche und wahrscheinlich auch tierische Produkte seitens der Muschel aufgenommen werden und im Darm ihre weitere Verarbeitung finden.

Ein bemerkenswertes Ergebnis zeigte die Untersuchung der Kotmassen. Nachdem man die Art der aufgenommenen Stoffe im Magen geprüft hatte, sie sozusagen hier noch im frischen Zustand vorfand, konnte man durch die mikroskopische Beobachtung feststellen, welche Anteile der Nahrung auf ihrem Wege vom Magen durch den Darm am besten resorbiert, verdaut worden waren. So ergab sich, daß die aufgenommenen Zerfallsprodukte von Pflanzen, der *Detritus*, am weitestgehenden zersetzt war, während Grünalgen und Kieselalgen lange nicht so gut verarbeitet wurden, da man diese, wenigstens zum Teil noch wohl erhalten, vielfach sogar noch an ihrer Farbe kenntlich, in den Kotmassen nachweisen konnte. Solche Nahrung war also entweder im Überschuß aufgenommen, oder weniger gut verdaut worden.

Das umgebende Wasser liefert den Muscheln natürlich ebenso die mineralischen Stoffe, die sie zum Aufbau ihres Körpers brauchen, in erster Linie Kalk, der auch in den aufgezehrten Pflanzen enthalten ist; es ist anzunehmen, daß die Tiere wahrscheinlich neben fester Nahrung auch die im Wasser gelösten organischen Substanzen ihrem Körper nutzbar machen.

Heßling<sup>57)</sup> teilt als Ergebnis seiner Untersuchungen, die er etwa um die Mitte des vorigen Jahrhunderts über den Darminhalt unserer einheimischen Flußperlmuschel anstellte, mit, daß in diesem neben Quarz und Kies — Infusorien (Urtierchen) konnte er nicht feststellen — vornehmlich Algen enthalten sind, welche den Gattungen

<sup>56)</sup> Schrader F., Bulletin of the Bureau of Fisheries Bd. 37, 1919—1920.

<sup>57)</sup> Siehe Anm. 1.

*Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Gomphonema*, *Synedra*, *Tabellaria*, *Navicula*, *Ulotrix*, *Fragilaria* und *Protococcus* angehörten. Es sei bemerkt, daß die Forschungen über den Magen- und Darminhalt amerikanischer Süßwassermuscheln nahezu dieselben Algengattungen, wie sie eben aufgezählt wurden, als Nahrung der dortigen Muscheln ergaben.

Die vorstehenden Befunde erscheinen deshalb wichtig, weil sie uns den Weg weisen, den wir einzuschlagen haben, wenn wir die Aufzucht junger Muscheln, nachdem sie von dem Wirt-Fisch abgefallen sind, in geeigneten Behältern betreiben wollen. Wir müssen trachten, ihnen hier Verhältnisse zu schaffen, wie sie sie in der freien Natur antreffen und wir kommen dieser Forderung am nächsten, wenn wir in das Becken, welches die jungen Muscheln aufnehmen soll, neben reichlich frischem Wasser auch eine genügende Anzahl gewöhnlicher Pflanzen und Algen einsetzen. Unter günstigen Wachstumsverhältnissen werden sich bald die zur Nahrung erforderlichen Algen und auch Protozoen, die mit den Pflanzen eingeschleppt wurden, entwickeln und diese, sowie deren Zerfallsprodukte werden einen reich besetzten Tisch für unsere junge Muschelbrut abgeben. Nur ist dafür Sorge zu tragen, daß nicht etwa Feinde der jungen Muscheln in Gestalt verschiedener Wassertiere oder Krankheiten, seien sie durch tierische oder pflanzliche Keime veranlaßt, die Kulturen befallen. Gegen erstere kann man sie bis zu einem gewissen Grade durch engmaschige Drahtgitter schützen, gegen letztere dürfte als bestes Vorbeugungsmittel klares, den Behälter stets durchfließendes Wasser in Betracht kommen.

### 3. Die Zuchtanlage im Doblbach bei Schärding. (Anlage und Aufzucht.)

Dem Verfasser war Gelegenheit geboten, im Doblbach bei Schärding eine Zucht von Flußperlmuscheln anzulegen und es dürfte vielleicht von Interesse sein, hierüber einiges zu berichten (Abb. 29 Taf. 13).

Der Doblbach fließt über Urgestein und führt, wie eine Prüfung ergab, ein weiches, kalkarmes Wasser. Der Perlbach, ein Seitenarm des Dobl und mit diesem durch eine Schütze in Verbindung, ist im Besitze des Herrn Hans Fischer, durch dessen liebenswürdiges Entgegenkommen es dem Verfasser ermöglicht wurde, Jahre hindurch Studien sowohl über die Muscheln, als auch über die von ihnen produzierten Perlen anzustellen. Die Flußperlmuschel wird in diesem Bache schon durch mehr als 100 Jahre gehalten und gedeiht sehr gut, was wohl daraus hervorgeht, daß der Boden des Bach-

bettes durch die dicht aneinanderliegenden Muscheln streckenweise wie gepflastert erscheint. (Abb. 30 Taf. 12).

Bei den Arbeiten in der Versuchsanlage sind zwei Ziele gesteckt worden: das eine betrifft die Vermehrung der Individuenzahl der Muschel durch Schaffung günstiger Bedingungen besonders zur Zeit des Abstoßens des männlichen Samens und des Auswerfens der Glochidien, um diesen die Möglichkeit zu geben, die für ihre weitere Entwicklung notwendigen Wirtfische zu erreichen. Das zweite Ziel betrifft Versuche, die Perlenbildung künstlich anzuregen.

Eine Strecke von zirka 80 m des 1,5 m breiten Perlbaehes wurde durch zwei Gitter aus verzinktem Eisendraht gesperrt, um die eingesetzten Fische am Entweichen zu hindern. Die besetzte Bachstrecke kommt einer einzigen Kolonie gleich, die Tiere liegen dicht gedrängt; die Bedeutung dieser dichten Reihung ist bekannt. Ich möchte nicht unerwähnt lassen, daß in der Zeit, während welcher die Befruchtung stattfand, der Wasserstand durch eine Schütze niedrig gehalten wurde, um ein recht langsames Überfließen des samenhaltigen Wassers über die weiblichen Tiere zu erzielen. In den Raum zwischen den beiden Gittern wurden über 400 Fische verschiedener Größe eingesetzt, die teilweise dem Doblbaeh selbst entstammten, teilweise aus dem Pramfließ und dem Inn geholt wurden. Unter den eingesetzten Fischen waren Rotaugen, Aiteln, Barsche, Koppen, Grundeln, Barben und verschiedene Weißfische. Die Prüfung, welche von diesen Tieren sich am meisten mit den von den Muscheln ausgestoßenen Glochidien behaften werden, sich somit am besten zur Infektion eignen dürften, ist derzeit noch nicht abgeschlossen.

In der beschriebenen Anordnung wurde alles getan, um die natürliche Infektion zu fördern und bis zu einem gewissen Grade zu sichern: dicht gedrängt liegende Muscheln stoßen ihre Glochidien aus und zahlreiche Fische werden innerhalb eines gesperrten Teiles des Baches gezwungen, in dem seichten Wasser über den Boden hinwegzuschwimmen.

Sollte sich die Anbringung von Gittern in dem Bachbette aus irgend einem Grunde nicht durchführen lassen, so muß es genügen, und der Erfolg wird auch hier nicht ausbleiben, die im Bache vereinzelt liegenden Muscheln zu sammeln, zu einer Kolonie zusammenzuschließen und diese an einer sandigen und zugleich fischreichen Stelle des Baches einzusetzen.

Neben dieser Art der Zucht wurde auch die künstliche Infektion der Fische mit Glochidien versucht. Da galt es in erster Linie vollständig reife Glochidien zu bekommen; zu diesem Zwecke wurden die Kiementaschen der trächtigen Weibchen mit einem Skalpell

geritzt und die entnommene Probe mikroskopisch untersucht, ob die Mehrzahl der Larven die Eihülle schon verlassen hatte. War dies der Fall, so wurden die solcherart geprüften Weibchen in einen Trog mit Wasser gelegt, in welchem sie alsbald ihre Glochidien austießen. Aber noch ein anderer Weg wurde ausfindig gemacht, um Glochidien zu erhalten, die für die Infektion reif wären. Erfahrungsgemäß werden sie gern an sonnigen Tagen dem Wasser übergeben und so saßen wir am Bachrande und beobachteten die Weibchen, wie sie von Zeit zu Zeit gelblichbraune Ballen, die Tausende von Glochidien enthielten, austießen. Diese laichenden Weibchen wurden dem Bach entnommen und gleichfalls in den Bottich gesetzt.

Das Datum, zu welchem die reifen Larven das Muttertier verlassen, schwankt etwas und ist von der Temperatur des Wassers abhängig. 1925 trat die Laichzeit zwischen dem 20. und 25. August ein, 1926 wurde ihr Beginn mit dem 24. August beobachtet. Am 29. dieses Monats (1926) wurden Glochidien nur mehr von vereinzelten Tieren ausgestoßen; am 30. war das Abwerfen der Brut schon so weit beendet, daß es recht langer Beobachtung des über die Muscheln fließenden Wassers bedurfte, um in ihm hin und wieder sehr kleine schwimmende Klümpchen von Glochidien zu entdecken. Am 31. August habe ich die Kiemen von zehn Weibchen, die noch während ihrer vollen Trächtigkeit durch eine Kerbe auf der Schale gezeichnet worden waren, untersucht und gefunden, daß die meisten leer waren; bei vier Tieren waren nur ganz kleine gelbbraune Herde in den Kiemen zu sehen, welche die Anwesenheit geringer Mengen von Glochidien verrieten. Sommer 1927 verließen die Glochidien in ihrer Hauptmenge am 25. August die Bruttaschen des Weibchens. Es waren somit Ende August entweder alle Glochidien dem Wasser bereits nach und nach seitens der Muttertiere übergeben worden, oder ihr Bestand auf ganz unbedeutende Reste reduziert. Die Kiemen aller trächtigen Weibchen waren also innerhalb einer Woche entleert worden.

In dem vorhin erwähnten Bottich waren mehrere Weibchen, aus deren Analöffnung fortwährend die gelben, schleimigen Klumpen ruckweise ausgestoßen wurden, die sich im Wasser alsbald zerteilten und eine Unmenge von Glochidien ergaben. Das Wasser wurde des öfteren mikroskopisch geprüft, um über die Menge und Lebensfähigkeit der Glochidien orientiert zu sein. In dieses von jungen Muschellarven wimmelnde Wasser wurden verschiedene Fischarten eingesetzt; die Tiere hatten gewöhnlich eine Länge von 12 bis 15 cm und wurden etwa eine halbe Stunde in dem Bottich belassen. Durch die Lebhaftigkeit der Fische wurde wohl gewöhnlich das Wasser genügend aufgewirbelt, was verhinderte, daß die Glochidien auf den Boden des Bottichs sanken; hin und wieder

wurde trotzdem durch Umrühren etwas nachgeholfen, um zu veranlassen, daß das von den Fischen aufgenommene Atemwasser genügend viele Glochidien enthalte (Abb. 32 Taf. 14).

Nach der angegebenen Zeit wurden einige Fische herausgefangen, getötet und ihre Kiemen untersucht. Da zeigte sich, daß deren zarte Blättchen von Glochidien dicht besetzt waren; es ist wahrscheinlich, daß mehrere nachher zugrunde gegangenen Tiere zufolge Überinfektion erstickt sind. Allerdings darf nicht angenommen werden, daß sich alle aufgenommenen Glochidien auch wirklich enzystieren, mehrere von ihnen, manchmal sogar beträchtlich viele, werden wieder abgeworfen.

Ein Teil der infizierten Fische wurde in den Bach zurückgegeben und war durch die Einfriedung zwischen den zwei Gittern gezwungen, die entwickelten Muscheln, nachdem diese ihre Reife erlangt hatten, innerhalb der gewünschten Bachstrecke abzuwerfen.

Das Schicksal der jungen Muscheln, die ihren Wirt verlassen, ist zwar auf dem günstigen Bachgrund etwas gesicherter als im freien Gebirgsbach, keineswegs aber sind alle Gefahren, die sich durch Abschwemmung oder Feinde ergeben, ganz beseitigt. Um auch diese Gefährdung des Lebens der jungen Tiere zu mildern, wurde ein zweiter Teil der infizierten Fische in einen für Zwecke der Muschelzucht eigens konstruierten Fischhalter gebracht, der so in den Bach eingebaut wurde, daß ihn das Wasser frei durchströmen kann und keine Stagnation desselben eintritt. Er besteht aus einem Gerüst aus Holz, zwischen dessen Latten Drahtgitter von 0.5 cm Maschenweite gespannt sind. Das so dimensionierte Gitter gestattet, daß die Fische genügend Nahrung aus dem Bache erhalten. Zur Zeit aber, wo die jungen Muscheln abgeworfen werden, werden von der Innenseite des Kastens den weitmaschigen Gittern noch Rahmen mit engmaschigen (Maschenweite 0.3 mm) aufgesetzt, um das Abschwimmen der winzig kleinen Tierchen zu verhindern. Da jetzt die Nahrungszufuhr für die Fische von außen nur eine überaus spärliche sein kann, müssen sie gefüttert werden, allerdings nur für die kurze Dauer von etwa zwei Wochen. Der Boden des Behälters (2 m<sup>2</sup>) wird vom Boden des Baches dargestellt und ist mit einer Schichte feinen sandigen Kieses überdeckt, in welchem sich die jungen Muscheln im Winter leicht vergraben können für den Fall, als der Bach stark einfrieren sollte. Wenn die Fische von ihren Parasiten befreit sind, können sie ins offene Wasser wieder zurückgegeben werden. Die jungen Muscheln sind in einem solchen Behälter, der zufolge seiner Bauart und Einlagerung in das Bett des Baches alle natürlichen Bedingungen bietet, doch so weit geschützt,

daß mit der Aufzucht größerer Mengen von Tieren gerechnet werden kann (Abb. 31 Taf. 13).

Wir hatten die Fische, die im Sommer 1925 infiziert wurden, absichtlich nicht in den Bach entlassen, um zu erfahren, ob es möglich sei, sie über den Winter bis zum nächsten Sommer in der Gefangenschaft gesund zu erhalten. Es sollte bei dieser Gelegenheit auch geprüft werden, ob dieselben Fische gegenüber einer im Sommer 1926 vorzunehmenden Infektion mit Glochidien zugänglich seien, oder sich gegen diese immun verhalten. Die erste Frage konnte in sehr zufriedenstellender Weise beantwortet werden, die Fische blieben bis Juli gesund und munter. Am 9. Juli aber ging über Dobl ein wolkenbruchartiger Regen nieder, der in wenigen Stunden das liebliche Tal stark verwüstet hatte. Auch in unserem Perlbach und in der Muschelzucht hatte das Wasser arg gehaust; es war im Hauptbach und im Perlbach einen Meter über das Ufer getreten, die Schütze, die den Eingang zum Hauptarm des Doblaches sperrte, und unser Fischhalter wurde weggerissen, die im Halter befindlichen Fische entkamen und das Bett des Muschelbaches derart mit Schotter vermurt, daß es vierzehntägiger angestrengter Arbeit bedurfte, die alten Muscheln wieder auszugraben, um sie vor dem Ersticken zu retten. Die jungen, im Vorjahre abgeworfenen, winzigen Muscheln dürften wohl gänzlich verloren sein. Solchen Elementarereignissen steht der Mensch machtlos gegenüber und nur die Hoffnung, daß sich solche verheerende Zwischenfälle nicht alljährlich wiederholen, gab den Mut, das gesteckte Ziel im Sommer 1926 neuerlich zu verfolgen und die Arbeit wieder aufzunehmen.

Es wurde der Halter wieder hergerichtet, neue Fische eingesetzt, darunter auch Elritzen, die ich aus dem Lunzer-See mitgebracht hatte und die Übertragung der Glochidien auf die Fische Ende August abermals durchgeführt. Hiebei haben wir diesmal neben der Infektion im Bottich auch versucht, diese in der Weise vorzunehmen, daß wir 220 trüchtige Muscheln in den verhältnismäßig kleinen Raum des Fischhalters einsetzten. Hier mußten nun die Fische, es waren ihrer gegen 300, mit den heuer spärlicher ausgeworfenen Glochidien in dem langsam den Halter durchfließenden Wasser zusammentreffen; wir hatten, um das Wegschwemmen der Brut zu verhindern, die engmaschigen Gitter eingesetzt. Vorgenommene Stichproben zeigten bei einem Näsling und bei Elritzen gute Besetzung der Kiemen. Auf eine Beobachtung möchte ich besonders aufmerksam machen, ohne mir aber ein endgültiges Urteil hierüber zu erlauben. Am 9. September, also knapp 14 Tage nach der Hauptlaichzeit, untersuchte ich mehrere Fische und fand ihre Kiemen frei von Glochidien. Das legte in mir die Vermutung nahe, daß bei dem

außerordentlich günstigen Wetter, welches von Mitte August des Sommers 1926 andauernd herrschte, das Abwerfen der Glochidien bereits eingetreten war. Ob die Dauer des Parasitismus für die Tiere des Doblaches durch die günstigen klimatischen Verhältnisse so stark gekürzt worden war, muß wohl erst durch vergleichende Beobachtungen in den kommenden Jahren bestätigt werden.

Es wurde schon früher angedeutet, daß die Zeit des Schmarotzerlebens der Muscheln innerhalb weiter Grenzen schwankt und abhängig ist von der Temperatur des Wassers, in welchem der Wirt-Fisch lebt, ferner von dessen Gesundheitszustand und damit im Zusammenhange von der Ernährung des enzystierten Glochidiums. So bleiben die Glochidien von Anodonta etwa 70 Tage in den Kiemen ihrer Wirte. Harms hat Fische, die durch künstliche Infektion Glochidien auf ihren Flossenstrahlen trugen, in verschieden temperiertem Wasser gehalten und gefunden, daß die Parasiten bei 8–10° C zirka 80 Tage, bei 16° C zirka 22 Tage zu ihrer Entwicklung brauchten, indessen sie bei einer Wassertemperatur von 18–20° C schon nach 12 Tagen abgeworfen wurden. Während Glochidien von *Unio pictorum*, die im Mai von Schierholz auf Fische übertragen wurden, 4–5 Wochen auf diesen verweilten, wurde bei den gleichen Versuchen im Juli eine Tragzeit von ungefähr 15 Tagen beobachtet. Harms gibt die Dauer des Parasitismus bei *Unio pictorum* und *Unio tumidus* mit 26–28 Tagen an, wenn das Wasser, in welchem sich die Tiere aufhalten, durchschnittlich 16–17° C aufwies.

Bezüglich der Beschaffung der für die künstliche Infektion erforderlichen Fische wäre es natürlich das Beste, nur jene zu verwenden, die in dem gleichen Bache gefangen wurden, in welchem die Muscheln vorkommen, da Fische aus anderen Gewässern sich nicht immer an das Wasser des Gebirgsbaches gewöhnen und viele von ihnen für einen derartigen Wechsel sehr empfindlich sind. Der Fisch muß bei der Übersetzung aus dem Transportbehälter in den Bach erst langsam an dessen Wassertemperatur gewöhnt werden, da sonst leicht Verkühlung eintritt. Auch den verschiedenen Infektionskrankheiten sind die Fische ausgesetzt, die dann, wenn sie auf engem Raum zusammengepfercht sind, besonders stark in Erscheinung treten. So sind durch Beschädigung der Haut Eingangspforten für Krankheitserreger geschaffen und es wurden sowohl im Bach als auch im Behälter wiederholt Fische beobachtet, die an der Oberfläche ihres Körpers ganz fleckig erscheinen. Hier hatten sich Pilze, Saprolegnia-Arten, in ganzen Rasen angesiedelt, wodurch die geschwächten Tiere für Infektionsversuche, die kräftige, gesunde Fische voraussetzen, ganz untauglich werden. Im übrigen gehen Fische, die von solchen pflanzlichen Parasiten befallen werden, gewöhnlich zugrunde. Ferner ist zu berücksichtigen, daß die Tiere,

wenn sich die Glochidien an sie festhaken, besonders wenn deren Kiemen besetzt werden, wie es bei unserer Flußperlmuschel der Fall ist, durch die von den Muschel-Parasiten verursachten Verletzungen ganz besonders empfänglich gegen schädliche Infektionen sind, die durch Pilze oder Protozoen verursacht werden.

Den Gefahren einer Infektion kann bei der Muschelzucht dadurch vorgebeugt werden, daß man die Fische, nachdem sich die Glochidien in deren Gewebe vollständig eingekapselt haben, für kurze Zeit in einer Lösung von Kupfervitriol (1 : 1000) badet.

#### 4. Die Perlenbildung. (Übertragung. — Untersuchungsmethoden.)

Zur künstlichen Anregung der Perlenbildung wurde eine Muschel geopfert und von ihrem Mantel Epithellappen bestimmter, durch Absonderung guter Perlmutter gekennzeichnete Körperstellen mit einem Skalpell abgehoben. Eine Mantelseite reicht zur Bildung von 4 bis 5 Perlsäckchen hin. Die Transplantation dieser Epithelzellen und einer kleinen Perle als Kern in eine zweite Muschel wurde mit einem eigens für diesen Zweck angefertigten Instrumente durchgeführt. Dasselbe besteht aus einer dünnen, vergoldeten Röhre aus Pakfong, deren vorderes Ende schräg abschneidet, spatelförmig und scharf zugerichtet ist. Zwei bis drei Millimeter hinter der Spitze der Röhre befindet sich eine kreisförmige Öffnung, auf welche das Mantelstück (Epithel nach oben) und die kleine Perle gelegt werden. Haut und Perle werden dann mittelst einer Nadel nach innen gedrückt, wobei die Druckrichtung so gewählt wird, daß das Epithelstück die Kernperle vorn vollständig überzieht und dessen freie Enden sich an der entgegengesetzten Seite um den Kern zusammenschließen. Mit einem stabförmigen, ebenfalls vergoldeten Stempel, dessen vorderes Ende abgerundet ist, um ein Hängenbleiben von Gewebeteilen zu verhindern, werden nun aus der Kanüle, die inzwischen in den rückwärtigen Teil des Mantelrandes einer anderen Muschel eingestochen wurde, Perle samt Perlsack ausgestoßen und planmäßig an die gewünschte Stelle verlagert.

Die Tiere wurden nach durchgeführter Operation gleich wieder in das Wasser des Baches zurückgebracht und die während eines Jahres angestellten Beobachtungen ergaben, daß die Muscheln durch den Eingriff an ihrer Gesundheit keinerlei Schaden erlitten hatten; die Wundstellen vernarben bald.

Die Muscheln wurden durch ein volles Jahr an ihrem Aufenthaltsort belassen, nach Ablauf desselben einige von ihnen getötet

und jener Teil des Mantels, an welchem die „Pfropfung“ des Epithelsäckchens mit seinem Inhalt vorgenommen wurde, herausgeschnitten und nach folgenden Methoden der mikroskopischen Technik weiterbehandelt. Fixiert wurden die etwa 15 mm langen und 8 mm breiten Mantelrandstücke, an die sich noch ein Teil der Mantelplatte anschloß, mit Zenkers Flüssigkeit.<sup>58)</sup> Nach zweitägigem Verweilen in diesem Gemisch wurde in fließendem Wasser gründlich gewaschen und hierauf die Perle mit 5% Salpetersäure entkalkt. Da die völlige Entfernung der Hartteile mit Rücksicht auf das klaglose Schneiden der Präparate unbedingt erforderlich ist, wurden die Mantelrandstücke drei bis vier Tage der Einwirkung der Säure, die während dieser Zeit öfters gewechselt wurde, ausgesetzt. Nach der Entkalkung wurden die Stücke mit 5% Alaunlösung behandelt, dann allmählich durch die Alkoholreihe in Xylol übergeführt und endlich in Paraffin eingebettet.

Die hergerichteten Paraffinblöcke wurden am Mikrotom in Schnitte von 0'008 bis 0'010 mm zerlegt, diese mit Glycerineiweiß in Serien auf den Objektträger aufgeklebt und nach der Lösung des Paraffins einer Vielfachfärbung unterzogen, wie sie Harms und Alverdes empfehlen; sie besteht im Wesentlichen in der Behandlung der Schnitte mit Anilinwassersafranin und Wasserblau. Zur Herstellung der ersten Flüssigkeit löst man 1 g Safranin in 100 ccm absolutem Alkohol und fügt diese Lösung zu 200 ccm Wasser, das man zuerst mit Anilin sättigte. Das Wasserblau (Anilinblau) wird in Wasser aufgelöst, in welches man vorher Pikrinsäure bis zur Sättigung eingetragen hatte.

Die Schnitte werden zunächst für mehrere Stunden in das Anilinwassersafranin eingelegt, hier gründlich durchgefärbt und hierauf in 96% Alkohol bis zum Aufhören der Wolkenbildung differenziert. Wird wässriger blauer Farbstoff verwendet (man kann Wasserblau und Pikrinsäure auch in Alkohol lösen), so geht man die Alkoholreihe herunter und dann erst in das Wasserblau. Nach kurzem Wässern bringt man die Schnitte wieder aus verdünntem Alkohol in immer konzentrierteren, geht dann über absoluten Alkohol in Xylol, und bettet hierauf in Kanadabalsam ein.

Die so angewendete Färbemethode läßt die verschiedenen Zellen, beziehungsweise Gewebe, recht deutlich unterscheiden. Die Epithelzellen und ebenso die Zellen der Perlsäcke erscheinen gewöhnlich grün, ebenso die Muskelfasern, die aber, je nach der Arbeitsweise, auch rot gefärbt werden können. Die Zellkerne sind schön rot tingiert. Gegen die Muskel- und Epithelzellen hebt sich

<sup>58)</sup> Zusammensetzung der Zenkerschen Flüssigkeit: 5 g Sublimat, 2,5 g Kaliumbichromat, 1 g Natriumsulfat, 1 ccm Eisessig und 100 ccm Wasser.

deutlich das Bindegewebe ab, das ausgesprochen blau erscheint. Schleimzellen erhalten eine violette Färbung.

Besonders gute Resultate kann man mit dieser Methode erreichen, wenn man sie, wie Alverdes angibt, zum Anfärben von Schalen- und Perlenschliffen, bezw. nach deren Entkalkung, für Schalen- und Perlenschnitte benützt; während Periostrakum und die Scheidewände der Prismen, die auch aus Periostrakumsubstanz bestehen, rot gefärbt werden, heben sich überaus deutlich alle jene Partien ab, welche aus Perlmutter gebildet sind und den blauen Farbstoff festhalten. Diese vorzügliche Unterscheidungsmöglichkeit hat es mir auch gestattet, bei den nach meiner Kulturmethode entstandenen Perlen festzustellen, daß fast durchwegs Perlmutter-schichten von den transplantierten Epithelien abgelagert wurden und nur vereinzelt Andeutungen von Prismenbildung zu beobachten sind.

Das histologische Bild der Schnitte ergab, daß die transplantierten Epithelzellen mit ihrer Umgebung, dem Bindegewebe des Mantelrandes, verwachsen waren, sich zu einem Perlsack zusammenschlossen, welcher in seinem Innern feinste Lamellen von Perlmutter absonderte.

Es kommt häufig vor — die Operation ist eben sehr heikler Art —, daß bei der Einführung des Perlsackes der Kern seiner Hülle entschlüpft, der eingebrachte Kern somit vor oder hinter das verpflanzte Epithel zu liegen kommt, welches in dem Einstichkanal eine Art Pfropfen bildet, der in bezug auf das umgebende Gewebe deutlich erkennbar ist. Hier ist es nun von Interesse, feststellen zu können, daß es an einigen günstigen Stellen dieses Pfropfens, dort, wo er mit dem Bindegewebe des Mantels gut verwachsen war, zur Bildung einer kleinen Perle kam, die aber nicht immer rund, sondern auch länglich oder ganz unregelmäßig gestaltet war. Die ursprünglich eingeführte Perle — der Kern —, die in dem erwähnten Fall nur im Bindegewebe des Mantelrandes lag und nicht mehr im Zusammenhange war mit den sie ehemals umgebenden Epithelzellen, zeigt keine Größenzunahme, also keine Neuauflagerung von Perlmutter, zum Unterschied von jenen Kernen, die vom Perlsack umhüllt blieben; an ihnen ist eine Größenzunahme durch aufgelagerte, vom Tiere abgeschiedene Perlmutter-schichten an den Dünnschnitten zu beobachten. Dieser Befund zeigt neuerlich, daß nicht der eingeführte Fremdkörper die Ursache der Bildung der Perle ist, sondern lediglich die in die Tiefe des Bindegewebes verlagerten Epithelzellen des Mantels; sie allein sind es, die mit der Fähigkeit ausgerüstet sind, jene Stoffe abzuscheiden, die zur Bildung der Perle notwendig sind.

Es sind meinerseits jetzt Versuche im Gange, die prüfen sollen, ob es möglich ist, statt des mühsamen Abhebens der äußeren Mantelhaut ein ganzes Mantelstück, also bestehend aus äußerer und innerer Oberhaut und dem dazwischen liegenden Bindegewebe, zur Herstellung des Säckchens für den fremden Kern zu verwenden. Das Säckchen wurde diesmal mit einem Faden abgebunden. Das angesetzte Experiment, das natürlich eine längere Versuchsdauer erfordert, müßte dann zeigen, ob das innere Epithel des Mantels, das bei der Formung des Säckchens nach außen zu liegen kommt, resorbiert wurde und die Verwachsung der übrigbleibenden Gewebe, vornehmlich des eingebrachten äußeren Epithels, mit dem Bindegewebe des Mantels der Muschel erfolgt ist.

## VII. Beobachtungen an gezüchteten Perlen.

### 1. Über das Wachstum der Perlen.

Die Ergebnisse meiner Versuche, die ich vom Jahre 1923 bis 1927 mit den Muscheln des Doblaches bei Schärding anstellte, sind aus den beigegebenen mikrophotographischen Aufnahmen zu ersehen.<sup>59)</sup>

Ich will im Nachfolgenden an der Hand dieser Bilder auf die Besonderheiten der einzelnen Perlbildungen aufmerksam machen (Abb. 33 Taf. 14).

Muschel Nr. I. Operiert: Juli 1923. Dem Bache entnommen und Schnitte hergestellt: Sommer 1924. Wachstumsdauer der Perle: 1 Jahr.

Als Kern verwendete ich eine kleine Sandperle, die in einen Hautfetzen, der aus dem Epithel der äußeren Mantelhaut einer älteren Muschel stammte, eingewickelt war. Säckchen samt Perle wurden in der oben beschriebenen Weise dem Tier in den muskulösen Hinterteil des Mantelrandes transplantiert. Die operierte Muschel war relativ jung. Ihre Größenmaße: 8 cm lang, 4 cm breit. Das Säckchen bildete an seinem rückwärtigen Ende, dort, wo die

---

<sup>59)</sup> Die photographischen Aufnahmen wurden im Laboratorium der optischen Werke C. Reichert in Wien mit dem mikrophotographischen Apparat „Kam R“ angefertigt. Der Firma, die mir die Apparate in bereitwilligster Weise zur Verfügung stellte, wie auch Herrn J. Berc, der mich bei der Herstellung der Bilder freundlichst unterstützte, sage ich meinen herzlichsten Dank.

Haut die Perle locker umschloß, einen kleinen Zipfel, eine Art Stiel, dessen Epithel mit dem Bindegewebe verwuchs. An dieser Stelle kam es wahrscheinlich seitens des Epithels zuerst zur Abscheidung von Perlmutter, die den elliptisch geformten Hohlraum gut auskleidete. Die Mitte der Perle zeigte Gewebereste und lockere Lamellen von Perlmutter (siehe Abb. 33). Die Bildung von Prismensubstanz konnte nirgends beobachtet werden; daß nur Perlmutter zur Ablagerung kam, ist wohl darauf zurückzuführen, daß das zur Bildung des Perlsackes verwendete Epithel einer Stelle des Mantels der anderen Muschel entstammte, die auf die Produktion von Perlmutter eingestellt war.

Maße des Perlsackes und der Perlmutter:

große Achse: 0'3549 mm	} Mittel: 0'2571 mm als Durchmesser, daher 0'1285 mm als Halbmesser.
kleine Achse: 0'1593 mm	

Die dickste Stelle der Perlmutter, also sozusagen die Spitzenleistung in bezug auf die Abscheidung, betrug 0'03185 mm (in einem Jahr). Diese Zahl gibt die einseitige radiäre Auflagerung an. Die weiteren Schnitte der Serie lassen erkennen, wie das schön verwachsene und bereits sezernierende Perlsackepithel allmählich die Perle umgreift, die bei der Operation in die Muschel eingeführt wurde.

Diese Umwachsung ist in der Abb. 34 Taf. 15 (2 a) bei 150 × Vergrößerung dargestellt. In der Mitte des Hohlraumes sind die Konchyolinreste der entkalkten Kernperle zu sehen. Der Perlsack hat in einer Falte, die noch dem vorhin erwähnten „Stiel“ angehört, reichlich Perlmutter abgeschieden, deren maximale Dicke an dieser Stelle mit 0'03640 mm gemessen wurde. Die Bildung von Perlmutter um die eingeführte Kernperle ist noch schwach, wahrscheinlich deshalb, weil das Epithel hier später verwachsen ist und daher auch später zur Abscheidung von Perlmutter schritt; diese zeigt sich auf dem Bilde in Form eines gewellten Streifens, der gleichlaufend mit dem Perlsack ist.

Die Abb. 35 Taf. 16 (2 b) gibt einen Teil der Gesamtansicht eines Schnittes durch den Mantelrand in stärkerer Vergrößerung wieder.

Muschel Nr. II. Operiert: Juli 1923. Dem Bache entnommen und  
Schnitte hergestellt: Sommer 1924. Wachstumsdauer: 1 Jahr.

Als Kern wurde eine Sandperle verwendet; das Epithel für den Perlsack wurde diesmal vom Mantelrand einer älteren Muschel abgetrennt.

Bei diesem Präparat ist die Perle dem Hautlappen, mit welchem sie unter Zuhilfenahme der Injektionsnadel in den Mantelrand des Versuchstieres eingeführt wurde, entschlüpft. Auf den Dün-

schnitten sieht man noch die Reste der entkalkten Kernperle, aber in der Wand des Hohlraumes, in welchem sie lagert, ist nirgends die Spur eines Perlsackes zu erblicken. Noch neben, besonders aber hinter dieser Perle, beginnt ein Gewebepfropfen des Transplantates, in welchem sich aus den eingebrachten Epithelzellen ein Perlsack gebildet hat, der nach dem Innern der ziemlich runden Zyste Perlmutter abschied (Abb. 36 Taf. 17). Ganz ausnahmsweise ist bei dieser Perlbildung das Auftreten kleiner Prismenpartien beobachtet worden. Sie haben sich durch Anilinwassersafranin deutlich rot gefärbt. Die Absonderung der Prismenschichten wurde aber von dem sezernierenden Epithel sehr bald unterbrochen und es ist gleich wieder zur Bildung von Perlmutter übergegangen, die sich durch ihre schöne Blaufärbung von den Prismen gut abhebt. Während die eine Seite der Perle reichlich die Bildung von Perlmutter zeigt, kam sie auf der gegenüberliegenden Seite der Zyste nur spärlich zur Entwicklung; das heißt, die Bildung des Perlsackes begann an jener Seite, wo jetzt die reichlichste Ablagerung von Perlmutter zu beobachten ist. Die Epithelzellen wuchsen weiter und umschlossen allmählich die Zyste. An dieser Stelle kam es erst später zur Sekretion von Perlmutter, und daher ihre relativ schwache Entwicklung. Das Innere der Perle ist wieder erfüllt von Geweberesten.

Halbmesser des ziemlich runden Perlsackes im Mittel: 0'0875 mm. Die dickste Stelle der Perlmutterauflagerung (radiäre Zuwachszone) 0'05915 mm.

Muschel Nr. III. Operiert: Juli 1923. Dem Bache entnommen und Schnitte hergestellt: Sommer 1924. Wachstumsdauer: 1 Jahr.

Die Methode der Transplantation ist bei diesem Versuch etwas modifiziert worden (Vorschlag von Alverdes). Aus dem Mantel einer Muschel wurde ein Stück herausgeschnitten und dieses in Ringerscher Flüssigkeit zerzupft. Die kleinen Gewebefetzen samt einer zwischen diese gelegten Perle, die als künftiger Kern dienen sollte, kamen in die Injektionsröhre und wurden einem zweiten Tier in den Mantelrand übertragen. Die Schnitte, die nach einem Jahre (Versuchsdauer) angefertigt wurden, zeigten deutlich den Verlauf des Einstichkanales, der mit Zellen ausgefüllt erscheint. An einer Stelle desselben verwuchsen die eingeführten Epithelzellen und bildeten zwei Perlsäcke nebeneinander aus, deren Wände Perlmutter erzeugten (Abb. 37 Taf. 18).

Der größere Perlsack hat einen mittleren Radius von 0'1752 mm. Die Perlmutter zeigt an ihrer dicksten Stelle eine radiär gemessene Breite von 0'062 mm.

In der Schnittserie folgt auf diese zwei Perlen eine Ausfüllung des Einstichkanales mit transplantiertem Gewebe und dann beginnt der Anschnitt der eingeführten Perle, welche von einem gut entwickelten Perlsack umgeben ist; dieser hat mit der Abscheidung von Perlmutter um die Kernperle begonnen, deren entkalkte Reste man an einigen Stellen sehr klar zu sehen bekommt. Der Perlsack, der vollständig geschlossen ist, hat an der Stelle, von welcher seine Entwicklung ausging, reichlicher Perlmutter zur Abscheidung gebracht als an der gegenüberliegenden Seite, so daß der Kern, wie die Messungen ergaben, von einer exzentrischen Hülle von Perlmutter umgeben ist (Abb. 38 Taf. 19).

Die Dicke der in einem Jahre entstandenen Perlmutter wechselt demgemäß, wurde aber im Mittel mit 0'064 mm gemessen.

Muschel Nr. IV. Operiert: 1925. Dem Bache entnommen und Schnitte angefertigt: Sommer 1926. Wachstumsdauer: 1 Jahr.

Als Kern eine Marmorkugel; sie wurde mit einem Epithelstück des Mantels einer Muschel umhüllt und einer zweiten Muschel mit der Kanüle in den Mantelrand eingeführt. Die Kugel wurde aus dem Epithelsack beim Einführen ausgestoßen, denn die Höhlung, welche nach der Entkalkung im Bindegewebe zurückblieb, zeigt auf den Schnitten keine Bildung eines Perlsackes. Dafür aber waren in dem überpflanzten Gewebepropfen, der hinter der Kugel lag, Perlenbildungen zu beobachten. Bei der einen war ein besonders schöner Perlsack zur Entwicklung gekommen, der aber noch keine Perlmutter zur Abscheidung brachte; in seinem Innern waren nur Gewebereste zu sehen (Abb. 39 Taf. 20).

Maße des elliptisch geformten Perlsackes:

große Achse der Ellipse: 0'1183 mm	} Mittel: 0'0933 mm als Durchmesser, daher 0'0466 mm als Halbmesser.
kleine Achse der Elipse: 0'0683 mm	

An einer zweiten Stelle des eingeführten Epithels war der interessante Fall der Verschmelzung zweier ursprünglich getrennter Perlsäcke zu beobachten, deren Epithelien allmählich ineinander übergangen.

Durchmesser des kleinen, runden Perlsackes 0'091 mm,

Durchmesser des großen, länglichen Perlsackes:

große Achse: 0'3458 mm	} Mittel: 0'2912 mm als Durchmesser, daher 0'1456 mm als Halbmesser.
kleine Achse: 0'2366 mm	

Im Innern des großen Perlsackes sieht man neben reichlichen Zerfallsprodukten bereits Perlmutter zur Abscheidung kommen, die aber nicht sehr dicht ist; die dickste Stelle wurde mit 0'06825 mm gemessen (Abb. 40, 41 Taf. 21; Abb. 42 Taf. 22).

Muschel Nr. V. Operiert: Juli 1923. Dem Bache entnommen und  
Schnitte angefertigt: Sommer 1926. Wachstumsdauer: 3 Jahre.

An dieser Muschel konnte das Ergebnis der Übertragung von Epithelzellen und das daraus resultierende Wachstum der Perlen geprüft werden, wie es sich nach dreijährigem Wachstum ergab. Die als Kern eingeführte Perle ist noch in ihren Resten, das sind die von der Entkalkungsflüssigkeit nicht gelösten Konchyolinschichten, zu sehen, aber diese liegen abseits von dem übertragenen Epithel, in welches sie ehemals eingebettet wurden. Dagegen sind aus dem mit dem umgebenden Bindegewebe verwachsenen Epithel, das transplantiert wurde, zwei Perlen (*a* und *b*) entstanden. Die zuerst in den Schnitten auftretende Perle erscheint ganz in der Nähe des Hohlraumes, in welchem ursprünglich die eingeführte Kernperle lag und ist nur durch einen ganz schmalen Streifen von ihm getrennt (Abb. 43 Taf. 22). Die Perle ist von einem gut entwickelten Perlsack umgeben, der Perlmutter bereits abgeschieden hat. Sie ist in bezug auf die drei Jahre, die ihrer Bildung zur Verfügung standen, relativ klein geblieben, was vielleicht den Schluß zuläßt, daß der Perlsack unter ungünstigen Umständen entstand und nur sehr allmählich wuchs.

Der Durchmesser des Perlsackes an der Stelle seiner größten Entwicklung betrug im Mittel  $0.311\text{ mm}$  (bei dreijährigem Wachstum). Würde man gleiche Größenzunahme in den einzelnen Jahren annehmen, so betrüge diese in einem Jahr  $0.104\text{ mm}$ ; auf den Halbmesser entfielen dann  $0.052\text{ mm}$ .

Die etwas geschrumpfte Perlmuttermasse, die an ihrer dicksten Stelle, insoweit sie aus dicht gelagerten Schichten besteht, gemessen wurde, zeigt von der Peripherie bis zum Beginn des etwas lockeren Innern in den drei Jahren eine Mächtigkeit von  $0.082\text{ mm}$ . Somit Abscheidung von Perlmutter in einem Jahre  $0.0275\text{ mm}$ .

Während beim weiteren Schneiden die eben besprochene Perle immer kleiner wird, sieht man in dem überpflanzten Gewebepfropfen die zweite Perle auftauchen. Eine Strecke weit liegen beide Perlen nebeneinander. Der Perlsack der zweiten Perle ist elliptisch und hat reichlich Perlmutter abgeschieden; nur gegen die Mitte der Perle zu, wo sie die größte Ausdehnung erreicht, sind im Innern Hohlräume zu sehen und dort ist die Entwicklung der Perlmutter weniger mächtig als an ihren Enden (Abb. 44 Taf. 23).

Dimensionen des Perlsackes, die sich auf die beigegebene Abbildung beziehen:

große Achse der Ellipse: $0.478\text{ mm}$	} Mittel: $0.402\text{ mm}$ als Durchmesser des Perlsackes.
kleine Achse der Ellipse: $0.327\text{ mm}$	

Die maximale Auflagerung der Perlmutter an einem Schnitt der Serie betrug 0'114 mm in drei Jahren des Wachstums; das würde auf ein Jahr bezogen 0'038 mm ergeben.

Als Ergebnis der Messungen dieser Schnittserie wäre zu erwähnen, daß der größte Durchmesser des Perlsackes im Mittel mit 0'532 mm gefunden wurde; somit für ein Jahr 0'177 mm; Halbmesser des Perlsackes 0'088 mm. In bezug auf Größe im Verhältnis zur Wachstumsdauer von ein, beziehungsweise drei Jahren geben die Fälle Muschel Nr. II (Abb. 36 und Muschel Nr. V (Abb. 44) einen guten Vergleich (Vergrößerung bei beiden Perlen 150×).

An einer Perle, die der Muschel Nr. VI angehört, wurde die Dicke der in einem Jahre um eine Kernperle aufgelagerten Perlmutter mit 0'0546 mm bestimmt.

Nachstehende Tabelle mag dazu dienen, eine Übersicht über die mit den Muscheln Nr. I—VI angestellten Versuche zu geben.

Tab. A. Größe des Perlsackes und Dicke der gebildeten Perlmutter bei gezüchteten Flußperlen.

Bezeichnung der operierten Muschel	Halbmesser des Perlsackes	Dicke der in 1 Jahr gebildeten Perlmutter (radial gemessen)	Bemerkungen
I	0'1285 mm	0'03185 mm	In allen angeführten Fällen handelt es sich um Perlen ohne Kern. Die Ablagerungen bestehen nur aus Perlmutter.
II	0'0875 mm	0'05915 mm	
III	0'1752 mm	0'06200 mm	
IV	0'1456 mm	0'06830 mm	
Va	0'125 mm (in 3 Jahren)	0'02800 mm	
Vb	0'225 mm (in 3 Jahren)	0'03800 mm	
		0'0478 mm als Mittel der in 1 Jahr abgelagerten Perlmutter.	

Tab. B. Umwachsung eines in die Muschel eingeführten, mit Epithel umhüllten Kernes.

Bezeichnung der operierten Muschel	Dicke der in 1 Jahr um den Kern aufgelagerten Perlmutter (radial gemessen)	Bemerkungen
Ia	0'0364 mm	Perlen mit Kern. Die aufgelagerten Schichten bestehen aus Perlmuttersubstanz.
IIIa	0'0640 mm	
VI	0'0546 mm	
	0'0517 mm als Mittel der in 1 Jahr um den eingeführten Kern abgelagerten Perlmutter.	

Auf Grund dieser Ergebnisse möchte ich die Schätzung gelten lassen, daß die Perlmutter-schichten bei der Perle der Fluß-

## Die Flußperlmuscheln und ihre Perlen.

349

Tab. C. Altersbestimmung von Flußperlen durch Zählung der Jahresringe, Messung der jährlich aufgelagerten Prismen- bzw. Perlmutter-schichten an Schliffpräparaten von zufällig entstandenen Perlen.

Bezeichnung der Perle	Dicke der gesamten Prismenschichten, vom Mittelpunkt zur Peripherie gemessen	Anzahl der „Jahresringe“ (Prismen)	Durchschnittliche Breite der jährlich aufgelagerten Prismenschichten	Dicke der gesamten Perlmutter-schichten	Anzahl der Schichten der „Jahresringe“ der Perlmutterzone	Durchschnittliche Breite der jährlich aufgelagerten Perlmutter-schichten	Durchmesser der Perle	Annäherndes Alter der Perle
1	2.08 mm	22	0.095 mm	0.800 mm	17	0.047 mm	5.76 mm	39 Jahre
2	1.776 mm	14	0.127 mm	0.887 mm	18	0.046 mm	5.22 mm	32 Jahre
3	1.080 mm	8	0.135 mm	0.792 mm	19	0.042 mm	3.75 mm	27 Jahre
4 a) {	4.48 mm lang	22	0.203 mm	0.080 mm	1	0.080 mm	9.12 mm	} 23 Jahre
	2.72 mm breit		0.124 mm	0.048 mm	1	0.048 mm	5.53 mm	
5 b)	3.584 mm	19	0.188 mm	—	—	—	7.168 mm	19 Jahre
6 c)	1.60 mm	7	0.230 mm	1.152 mm	18	0.064 mm	5.80 mm	25 Jahre
			Durchschnitt: 0.157 mm					

Auf den Prismen dieser Perle lagern nur Periostrakumschichten. Die Zahlen beziehen sich auf Periostrakum.

Bemerkungen: a) Perle elliptisch, besteht nahezu nur aus Prismenschichten, nur oberflächlich eine Perlmutterlage. Die maximale Breite einer Prismenschicht in der Richtung der großen Achse wurde mit 0.48 mm gemessen.

b) Die Perle besteht nur aus Prismen. Maximale Breite einer Prismenschicht 0.40 mm.

c) Die Perle ist äußerlich schwarz und besteht nur aus Prismen — und darüberlagernden Periostrakumschichten. Die Zahlen in der 5., 6. und 7. Vertikaltabelle beziehen sich auf die Periostrakumschichten.

perlmuschel jährlich eine Auflagerung von etwa  $0'05$  mm erhalten (radial gemessen). Der Durchmesser des Perlsackes im ersten Jahr erreicht eine Größe von annähernd  $0'2$  mm.

## 2. Altersbestimmung der Flußperlen.

Das Alter der Flußperlmuschel wurde wiederholt nach den „Jahresringen“ der Schale beurteilt. Es ist kein Zweifel, daß ein Zusammenhang zwischen dem periodischen Wachstum der Schale und jenem der Perle vorhanden ist und daß es eine gewisse Wahrscheinlichkeit haben müßte, auch das Alter der Perle nach der Schichtenzahl zu bestimmen. So war ich bemüht, an einigen Dünnschliffen von Flußperlen die Wachstumsdauer derselben zu schätzen durch Zählung der „Jahresringe“, die bei unserer einheimischen Muschel zufolge der Unterbrechung des Wachstums während der Wintermonate verhältnismäßig gut ausgeprägt sind.

Es setzen somit die in der Tabelle C zum Ausdruck gebrachten Beobachtungen die Annahme voraus, daß ebenso wie bei der Größenzunahme der Schale auch bei den Perlen jährlich ein sichtbarer Zuwachsstreifen gebildet werde (Abb. 45, 46 Taf. 24).

Aus der Tabelle C geht hervor, daß die Größenzunahme der Flußperle recht langsam vorschreitet. Es ist aber bemerkenswert, daß das Wachstum der Prismenschichten relativ schneller vor sich geht als jenes der Perlmutterlagen. Vergleicht man die durchschnittliche Dickenzunahme der Perlmutter bei den zufällig entstandenen Flußperlen mit jener bei den von mir im Doblbach gezüchteten, deren Alter sicher bekannt ist, so ergibt sich eine gute Übereinstimmung und es wäre jährlich mit einer Umlagerung von ca.  $0'05$  mm zu rechnen. Es ist naheliegend, daß die Ernährung und auch die sonstigen Verhältnisse der Umgebung des Tieres wie Temperatur, günstige Wasserverhältnisse usw. auf die Art des Wachstums Einfluß nehmen werden.

Es konnte keine Gesetzmäßigkeit zwischen der Breite der Prismenschichten und dem zunehmenden Alter der Perle festgestellt werden. Bei der einen Perle waren die mittleren, in der Nähe des Zentrums gelegenen „Jahresringe“ breiter als die peripheren, bei anderen Perlen war gerade das Umgekehrte der Fall.

Um die Wachstumsverhältnisse der Flußperle mit jenen der Meeresperle zu vergleichen, wurde mit Hilfe des Kernmeßapparates die Dicke der Perlmutter-schichte geprüft, die *Margaritifera Martensi* um den eingeführten Perlmutterkern vom Durchmesser  $3'5$  mm, in dem Zeitraum von sieben Jahren absondert.

Tab. D. Messungen über den Dickenzuwachs von Kulturperlen (Mikimoto-Perlen), Perlen mit Kern.

Der Bohrkanal wurde von beiden Seiten untersucht; die eine Seite wurde mit *a*, die andere mit *b* bezeichnet. Die angeführten Zahlen beziehen sich auf die radiale Auflagerung. Wachstumsdauer mit 7 Jahren angenommen.

Nummer der Perle <i>a</i> )	Dicke der Perlmutter in 7 Jahren		Mittel von <i>a</i> und <i>b</i>	Durchmesser der ganzen Perle	Bemerkungen
	<i>a</i>	<i>b</i>			
1	0·44 mm	0·53 mm	0·485 mm	4·5 mm	<i>a</i> ) Durchmesser des eingeführten Perlmutterkernes etwa 3·5 mm. <i>b</i> ) Bei dieser Perle konnte eine Schichtung der aufgelagerten Perlmutter beobachtet werden. Die Dicke einer solchen markanten Schichte betrug 0·07 mm (Zuwachs in 1 Jahr).
2	0·58 mm	0·57 mm	0·58 mm	4·5 mm	
3	0·62 mm	0·58 mm	0·60 mm	5 mm	
4	0·60 mm	0·67 mm	0·63 mm	5 mm	
5	0·58 mm	0·70 mm	0·64 mm	5 mm	
6	0·75 mm	0·67 mm	0·71 mm	5 mm	
7 <i>b</i> )	0·70 mm	0·80 mm	0·75 mm	5 mm	
Mittel: 0·627 mm					

Die Gesamtdicke der Zuwachsschichten wechselt in den Grenzen von 0·48 bis 0·75 mm. Im Mittel beträgt die Dicke 0·627 mm. Bei Annahme einer Wachstumsdauer von sieben Jahren entfällt als Zuwachs an Perlmutter bei den Perlen von *Margaritifera Martensi* für ein Jahr etwa 0·089 mm; er schwankt zwischen 0·068—0·107 mm.

Die angegebenen Zahlen würden aber nicht harmonieren, wenn wir sie mit dem Wachstum einer ohne menschlichen Eingriff entstandenen Perle von *Margaritifera Martensi* vergleichen würden. Diese Muschel, mit einer Lebensdauer von ca. 13 Jahren, würde nach obiger Rechnung — bei Annahme einer jährlichen Auflagerung von 0·107 mm Perlmutter — selbst wenn die Perlenbildung bei ihr gleich im zweiten Lebensjahre einsetzte, höchstens Perlen mit einem Durchmesser von 2·57 mm ( $0·214 \times 12$ ) erzeugen. Da aber bei dieser Muschel größere Perlen vorkommen, so müßte man annehmen, daß die Perlmutterabscheidung bei dem natürlichen Bildungsprozeß rascher vor sich gehe, als es bei der Umlagerung eines künstlich eingeführten Kernes der Fall ist, oder man müßte glauben, daß eingeschaltete, rascher wachsende Prismenschichten ein beschleunigteres Tempo im Wachstum veranlassen.

Zufällig entstandene Perlen von *Margaritifera Martensi* würden eine Deutung dieser Unklarheit erlauben, doch stand mir bisher kein Untersuchungsmaterial, das zufolge seiner Kostbarkeit schwer zugänglich ist, zur Verfügung.

Die Durchschnittszahlen für die jährliche Perlmutterproduktion bei den Perlen unserer Flußperlmuschel (etwa 0·05 mm) im Vergleich zu jener bei *Margaritifera Martensi* (etwa 0·09 mm) lassen den Schluß zu, daß die Perlen dieser Meeresmuschel rascher wachsen, als die unserer Flußperlmuschel. Die gewonnenen Daten

gestatten auch einen Überblick über die Aussichten der Kultur von Perlen bei der Flußperlmuschel. Würden wir einen Kern von etwa 3,5 mm, der mit Epithel des Mantels umhüllt wäre, in das Bindegewebe des Mantelrandes einer Muschel einführen, so wäre ein Zeitraum von annähernd 12 Jahren erforderlich, um eine Perlmutterlage von 0,6 mm Dicke um diesen Kern zu erzielen; hiebei würde die Perle eine Größe von 4,7 mm Durchmesser erreichen, wenn günstige Wachstumsverhältnisse sie ungestört zur Entwicklung kommen lassen. Bei dieser Berechnung ist vorausgesetzt, daß das Epithel des überpflanzten Perlsackes nur Perlmutter und keine Prismen absondert, wie es bei den von mir gezüchteten Perlen bisher tatsächlich der Fall war. Abscheidung von Prismenlagen würde eine raschere Vergrößerung der Perle zur Folge haben.

Meine Versuche in Schärding, zu denen ich durch die Arbeiten von Alverdes angeregt wurde — sie beruhen, wenn auch in der Methode modifiziert, auf demselben Prinzip und führten zu den gleichen Ergebnissen — zeigen, daß die künstliche Perlenvermehrung bei der in unseren Gewässern, besonders in jenen Oberösterreichs heimischen Flußperlmuschel, und sie kommt als hauptsächlichster Perlenproduzent unserer Najaden in Betracht, wohl möglich wäre. Würden sich die Bewohner unserer Heimat, die über reichlich besetzte Perlwässer verfügen, entschließen, die rationelle Zucht und Pflege der Flußperlmuschel in die Hand zu nehmen, dann wären alle Voraussetzungen gegeben, auch die Produktion der Flußperlen zu heben.

### VIII. Perlenimitationen.

Perlen stehen hoch im Preise und nicht jedem ist es vergönnt, sich mit diesem kostbaren Kleinod zu schmücken. Um aber auch bescheidene Ansprüche zu befriedigen und dem minder Bemittelten einen Ersatz für echten Schmuck zu bieten, der ihn erfreut, hat man schon frühzeitig nach Methoden gesucht, Perlen nachzuahmen. Wenn man von den angeblichen Versuchen der Chinesen im 7. Jahrhundert absieht, so waren es bei uns die Venetianer im 16. Jahrhundert, die es als Meister der Glastechnik verstanden, kleinen Perlen aus Glas einen irisierenden Glanz zu verleihen.

Das Verdienst, jenen Stoff gefunden zu haben, mit dessen Hilfe man Perlenimitationen von täuschendem Aussehen erzeugen kann, gebührt dem französischen Rosenkranzmacher Jacquin, der gegen 1680 auf die Idee kam, jene glänzende Masse für die Herstellung von Perlen zu verwenden,<sup>60)</sup> welche den Schuppen vieler Fische, sowohl Bewohnern des Süßwassers, als auch jenen des Meeres, den

<sup>60)</sup> Siehe Literaturverzeichnis Anm. 36. Boutan L., La Perle, Paris 1925.

# Tafel 1.

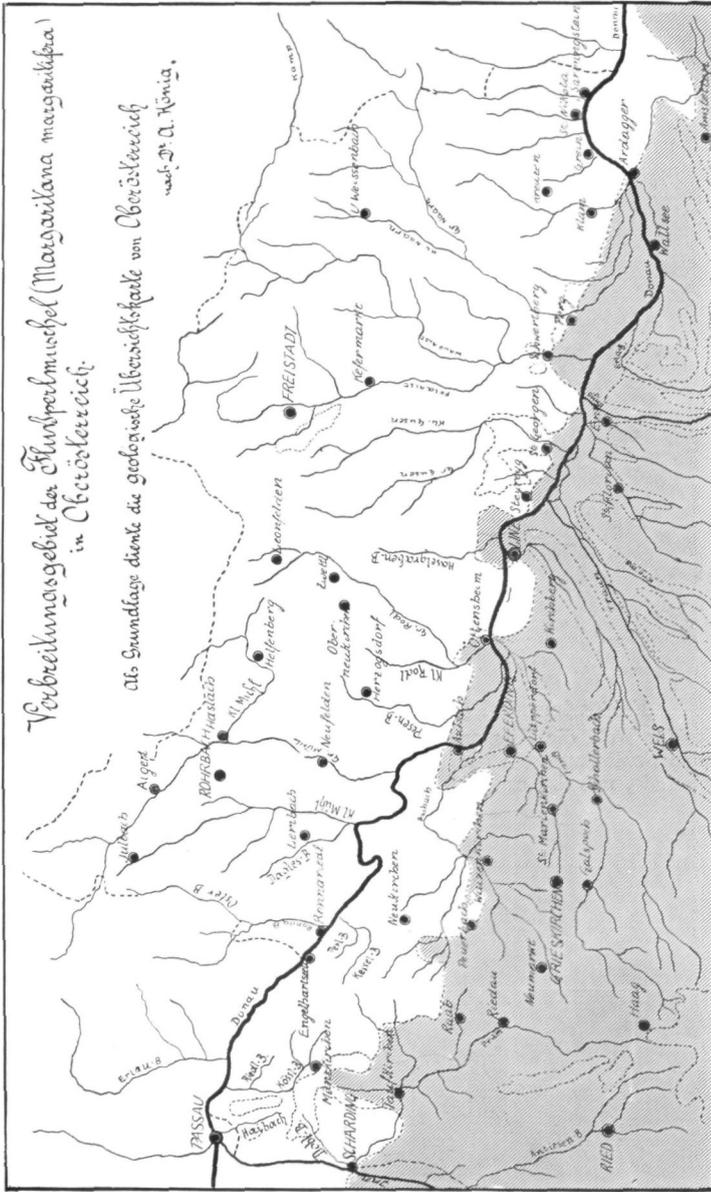


Abb. 1.

Die Flußläufe von Oberösterreich führen, sofern sie über Granit und kristalline Schiefer fließen, ein weiches Wasser und haben sich deshalb zur Zucht der Flußperlmuschel als besonders geeignet erwiesen (vergleiche das Verzeichnis der Perlwässer mit der Karte).

## Tafel 2.



Abb. 2.

Flußperlmuschel (*Margaritana margaritifera*) geöffnet.

Der fleischige Fuß, die Kiemen, der zurückgeschlagene Mantel und die durchschnittenen Schließmuskeln sind deutlich sichtbar. Der linke Mantellappen ist von der Schale, mit der er beim lebenden Tiere durch Haftmuskeln verwachsen ist, losgelöst.

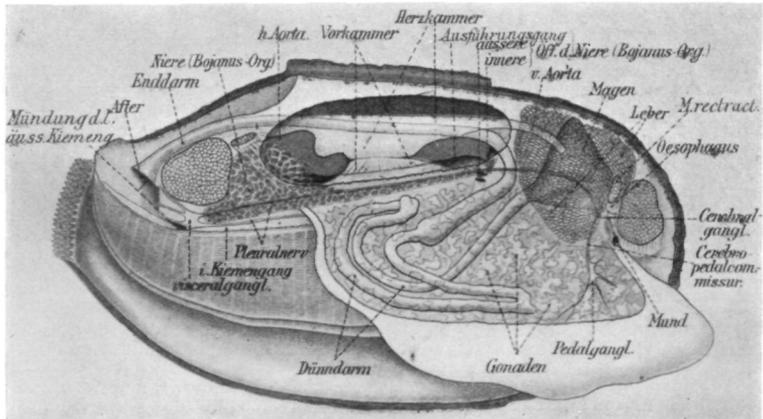


Abb. 5.

Innere Anatomie der Teichmuschel. (Nach Hatschek und Cori.)

### Tafel 3.



Die Muschel wird in die linke Hand genommen, mit ihrem Rücken gegen die Handfläche gekehrt und die Zange etwa im ersten Drittel des Tieres — vom vorderen Ende an gerechnet — zwischen die Schalen eingeschoben. Durch leichten Druck werden die Schalenhälften auf 1 cm zum Klaffen gebracht; dies genügt, um die Anwesenheit einer Perle, die gewöhnlich im Mantelrande liegt und deutlich sichtbar ist, festzustellen. Zur Entnahme einer vorhandenen Perle ist nur nötig, die zarte Wand des Mantelrandes an jener Stelle durch Spannen, zum Beispiel mit einer Haarnadel, zum Platzen zu bringen.

Original-Photographie.

Abb. 4.

Das Oeffnen der Muscheln beim Durchsuchen nach Perlen.

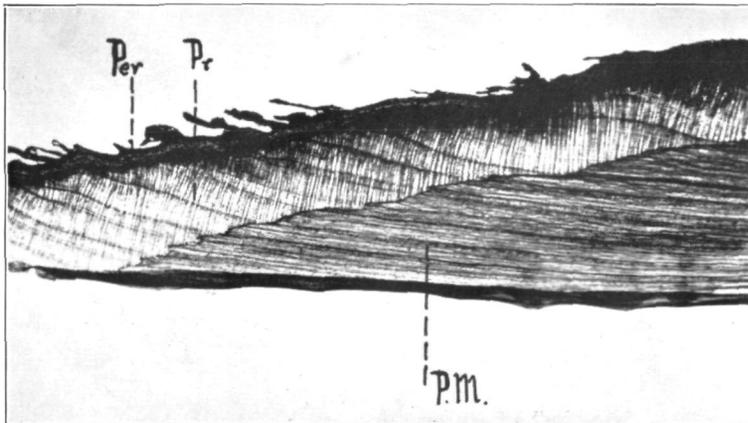


Abb. 6.

Querschliff durch die Schale einer Flußperlmuschel.

*Per* Periostrakum; *Pr* Prismenschichten; *P. M.* Perlmutter-schichten.  
Original-Mikrophotographie. 18 × Vergrößerung.

## Tafel 4.

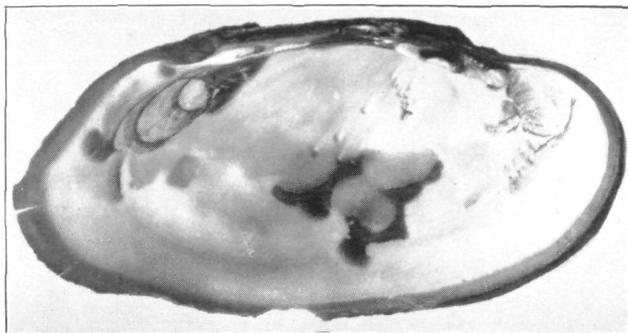


Abb. 7.

Innenseite der Schale einer Flußperlmuschel; die dunklen Stellen in der Mitte sind „Oelflecken“.

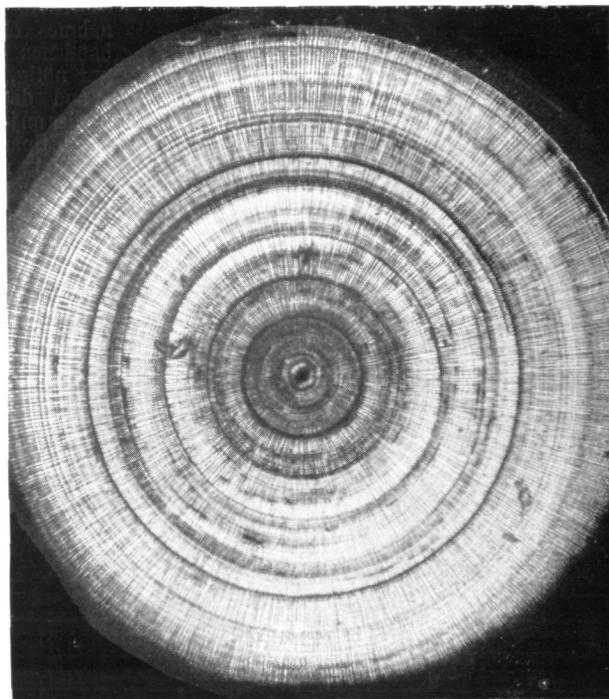


Abb. 9.

Schliff einer Perle der Flußperlmuschel. Totalansicht.  
Die Perle besteht nur aus Prismen und Periostrakumschichten, Perlmutterauflagerung fehlt; ihre Oberfläche war daher gelblich-braun und matt, ihr mangelte Glanz und Farbenspiel.  
Vergrößert.

Die Abbildungen 7, 10 und 11 sind dem Buche H. Michel: »Die Kulturperlen, ihre Untersuchung und Stellung im Handel« entnommen. Leipzig 1928.

### Tafel 5.

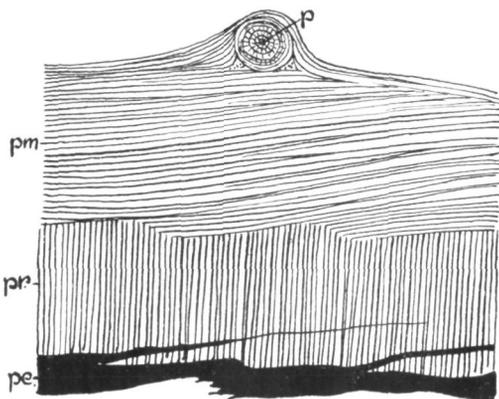


Abb. 10.  
Schalenperle.

*p* Perle; *pm* Perlmutter-schichte; *pr* Prismen-schichte; *pe* Periostrakum.



Abb. 11.  
Floßgruppe in der Gokasho-Bai (Japan).

### Tafel 6.

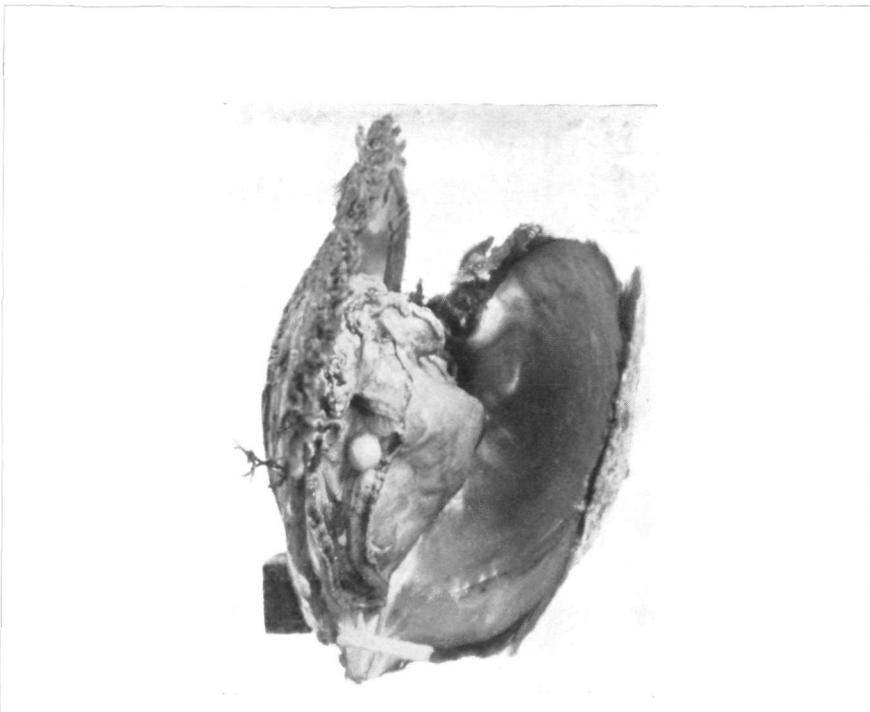


Abb. 13.

Margaritifera Martinsi mit Zuchtperle (Mikimoto-Perle).

Durch Vermittlung des Herrn Hofrat Dr. Molisch wurden dem Naturhistorischen Museum in Wien von Herrn Mikimoto 5 Muscheln mit künstlich angeregter Perlenbildung zum Geschenk gemacht. (Mit gütiger Erlaubnis des Direktors des Naturhistorischen Museums, Hofrat Dr. Rebel.) Natürliche Größe.

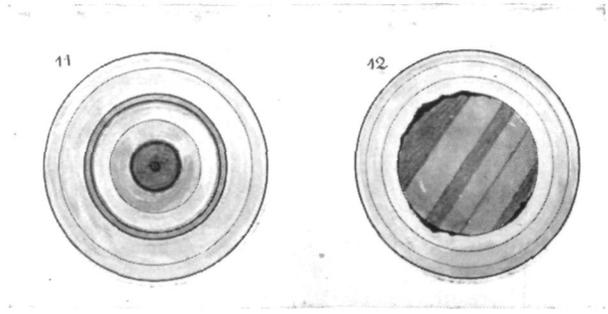
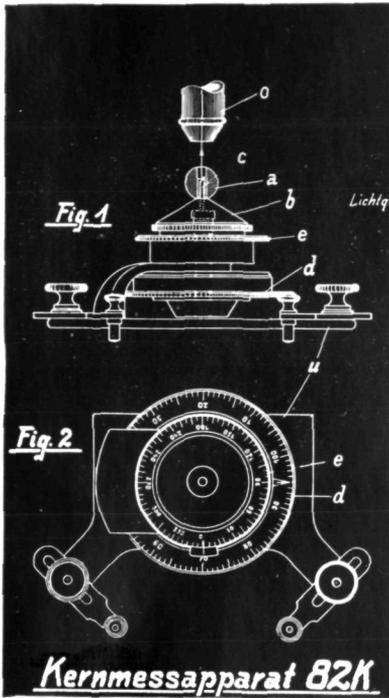


Abb. 14.

Schnitte durch Perlen. (Schematisch.)

Links durch eine zufällige Perle. Rechts durch eine gezüchtete Perle.

Tafel 7.



**Kernmessapparat 82K**

Abb. 15.  
Kernmeßapparat.  
Schema, Schnitt und Aufsicht.  
(Nach G. Riedl und H. Michel.  
Optische Werke C. Reichert.)

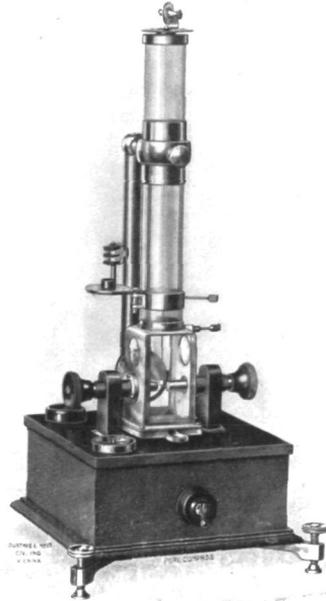


Abb. 19.  
Elektromagnet (Perlenkompaß) zur  
Prüfung von Perlen.  
(Nach G. Riedl, H. Michel u. G. Herz.)

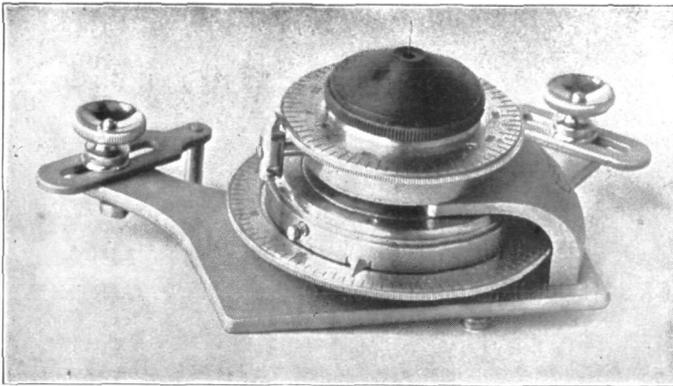


Abb. 16.  
Kernmeßapparat.  
(Nach G. Riedl und H. Michel. Optische Werke C. Reichert.)

Tafel 8.

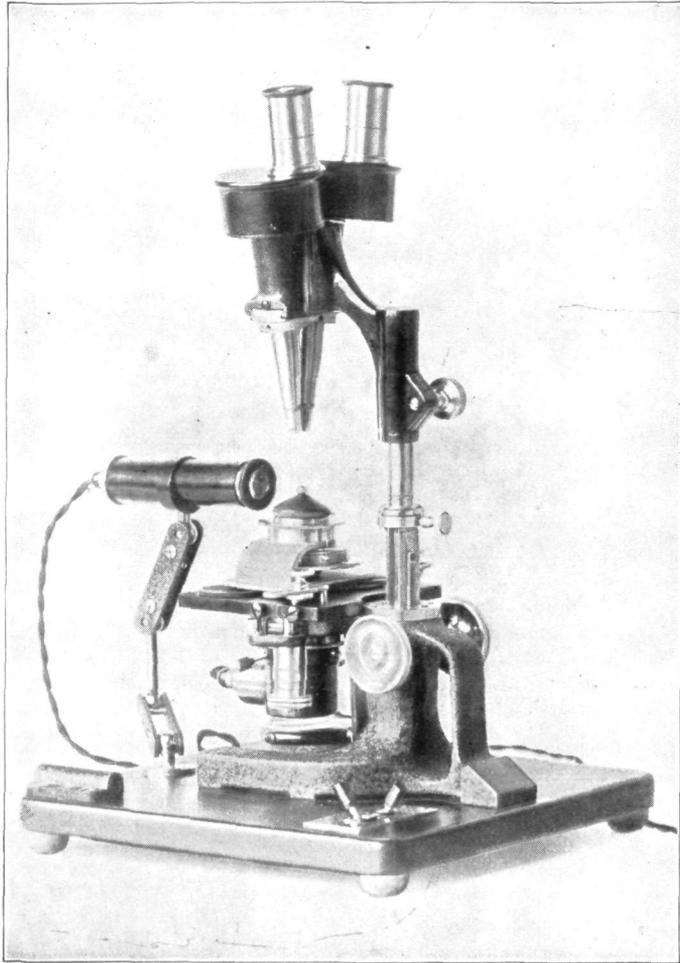


Abb. 17.

Perlenmikroskop mit aufgesetztem Kernmeßapparat.

(Nach G. Riedl und H. Michel. Optische Werke C. Reichert.)

### Tafel 9.

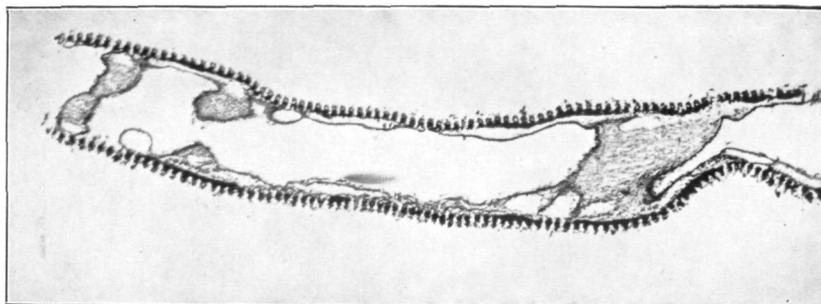


Abb. 20.

Querschnitt durch einen Teil der Kieme einer Flußperlmuschel.

Die Ränder stellen die gitterartig durchbrochenen Kiemenwände vor; der zwischen ihnen liegende Hohlraum dient als Brutraum für die Eier (Bruttasche), in welchem sie bis zum Ausschlüpfen der jungen Glochidien verbleiben. Die beiden Kiemenwände sind durch Gewebebrücken stellenweise miteinander verbunden. Original-Mikrophotographie. 18 × Vergrößerung.

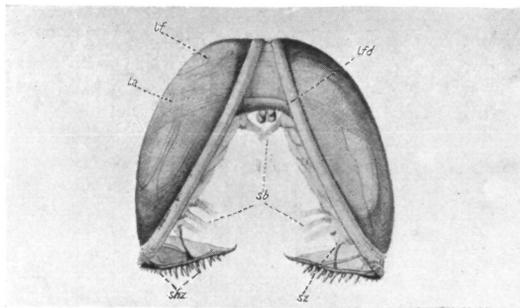
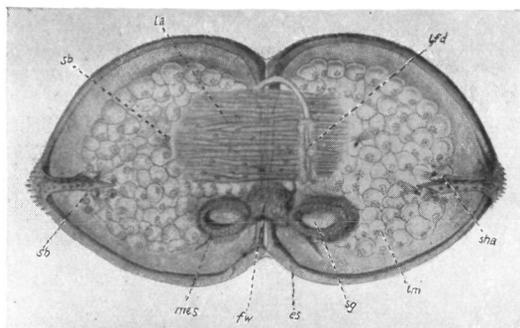


Abb. 23.

Glochidien von Anodonta.

Oben: Ventrale Aufsicht auf ein aufgeklapptes Anodonta-Glochidium (*spec. cellensis*). *sha* Schalenhaken; *la* larvaler Adduktor; *lfd* Larvenfadendrüse; *lm* larvale Mantelzellen; *sb* Sinnesborsten; *sg* seitliche Gruben; *fw* Fußwulst; *es* Entodermäsäckchen; *mes* Mesodermstreifen. (Nach Karl Herbers.)

Unten: Anodonta-Glochidium von vorn gesehen. *sz* Schließzelle der Schalenhaken; *shz* Schalenhakenzähnen. Uebrige Bez. wie oben. (Nach Karl Herbers.)  
Natürl. Größe etwa 0.306 mm lang und 0.292 mm hoch.

### Tafel 10.

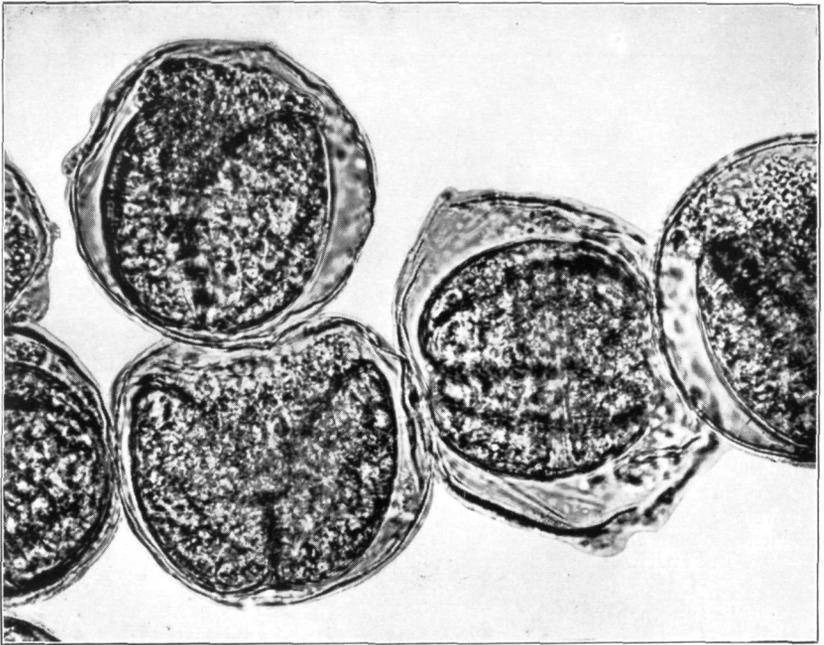


Abb. 24. Entwicklung der Flußperlmuschel.  
Eier, die am 16. August 1925 den Bruttaschen eines Weibchens entnommen wurden. Sie zeigen in ihrem Innern die mit den zwei Embryonalschalen ausgerüsteten Glochidien; auch der Schließmuskel ist sichtbar.  
Original-Mikrophotographie. 460 × Vergrößerung.

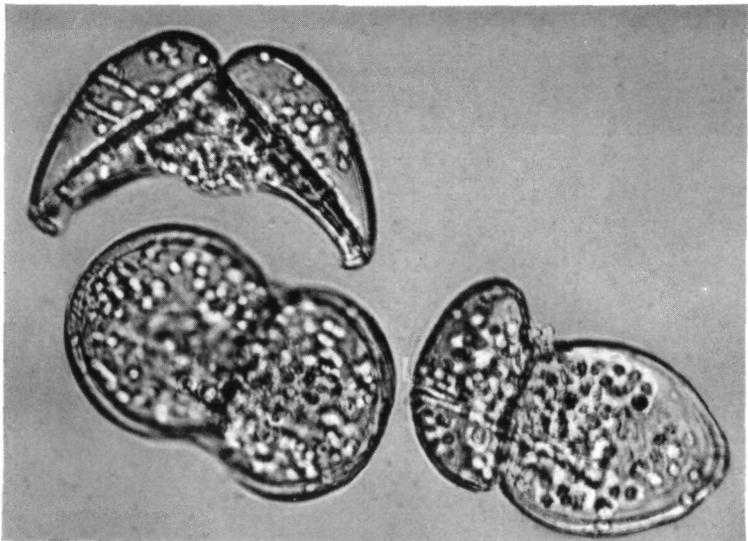


Abb. 25. Die Entwicklung der Flußperlmuschel.  
Die reifen Glochidien haben noch innerhalb der Bruttaschen des Weibchens die Eihülle verlassen und liegen in einer schleimigen Masse eingebettet.  
Entwicklungsstadium der Glochidien (21. August 1925) kurz vor dem Verlassen des mütterlichen Körpers. Original-Mikrophotographie. 460 × Vergrößerung.

### Tafel 11.

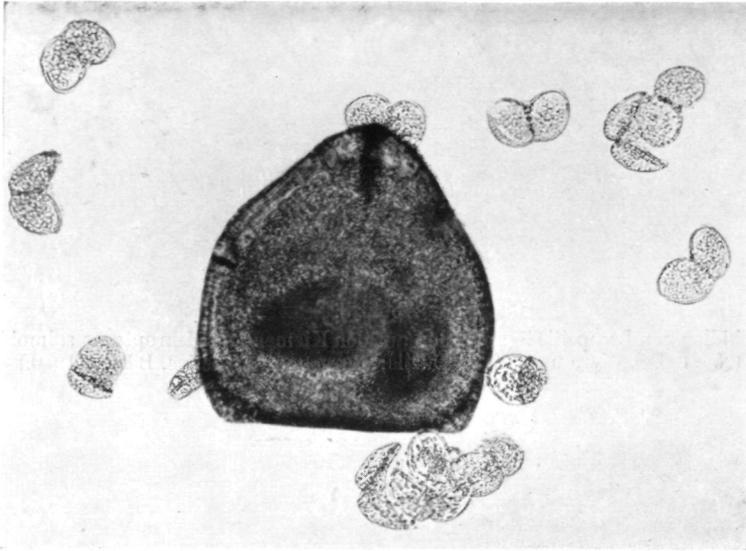


Abb. 26.

Größenunterschied zwischen den an den Kiemen der Fische schmarotzenden Glochidien der Flußperlmuschel (Natürl. Größe 0·0475 mm) und den als Flossenparasiten auftretenden Glochidien der Teichmuschel (Natürl. Größe 0·35 mm).  
Original-Mikrophotographie. 113 × Vergrößerung.

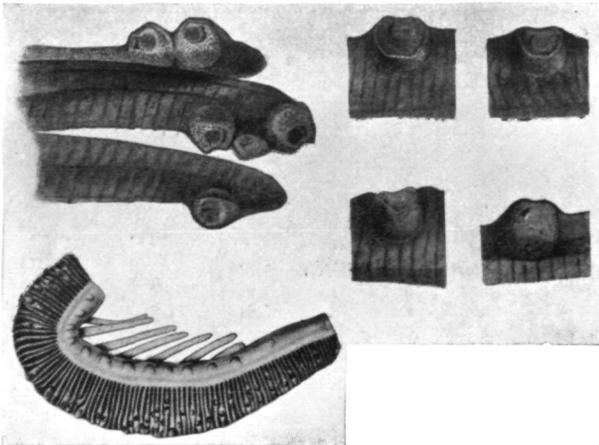


Abb. 27.

Glochidien von *Lampsilis ligamentina* auf den Kiemen von *Mikropterus salmoides*. Enzystierung (Nach C. Lefevre & W. Curtis; Bureau of Fisheries, Bd. 30, 1910). Stadien der Enzystierung in den Zeitabschnitten von 15 Minuten, 30 Minuten, 1 Stunde und 3 Stunden nach der Infektion.

## Tafel 12.

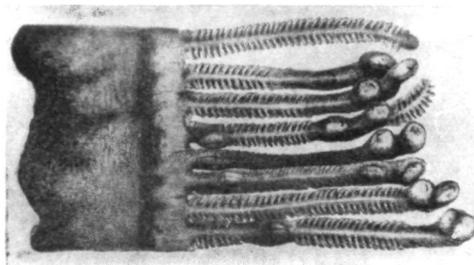


Abb. 28.

Glochidien von *Lampsilis ligamentina* auf den Kiemen von *Mikropterus salmoides*.  
(Nach C. Lefevre und W. C. Curtis; Bureau of Fisheries, Bd. 30, 1910.)



Abb. 30.

Eine Partie aus dem Doblbach.  
Der Wasserstand ist absichtlich niedrig gehalten, um die Muscheln am Bach-  
grunde und die Sperrgitter der „Versuchsgärten“ sichtbar zu machen.  
(Photograph K. Osterkorn, Schärding.)

### Tafel 13.



Abb. 29.  
Perlenfischerei am Doblbach. Besitzer Hans Fischer.  
Im Vordergrund, knapp beim Hause vorüberfließend, der Perlbach.

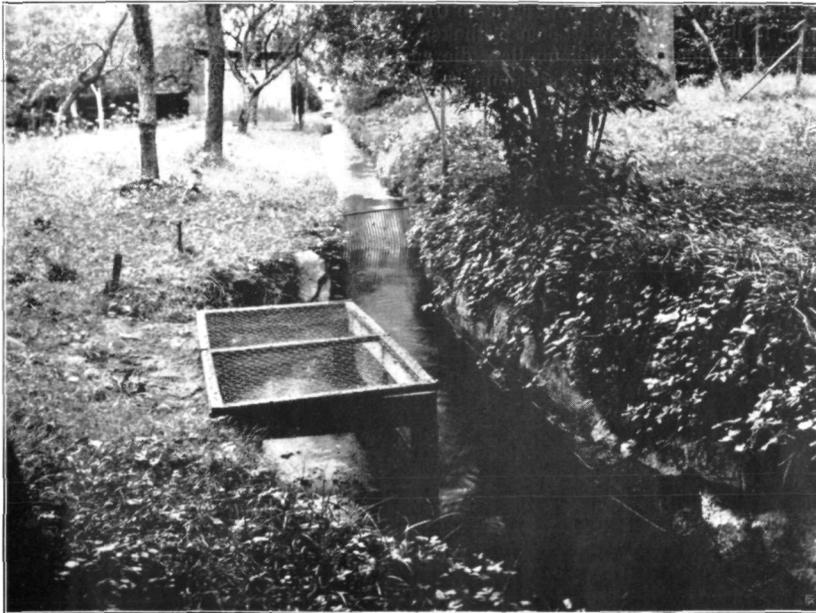


Abb. 31.  
Der Perlbach in Dobl mit dem Sperrgitter und dem Halter für die mit Glochidien infizierten Fische. Der Halter ist so eingebaut, daß er vom Wasser ständig durchflossen wird. Originalphotographien.

### Tafel 14.



Abb. 32.

Künstliche Infektion der Fische mit Glochidien der Flußperlmuschel. Doblbach. Fische aus dem Halter und trüchtige, Glochidien abstoßende Muschelweibchen kommen in einen Bottich; auf kleinem Raum zusammengedrängt, sind die Fische genötigt, mit dem Atemwasser eine Unmenge von Glochidien aufzunehmen, die sich in ihren Kiemenblättchen festhaken und einzystieren. In den Bottich kommen außerdem noch Glochidienballen, die zur Laichzeit reichlich im Wasser umherschwimmen und gesammelt werden. Originalphotographie.

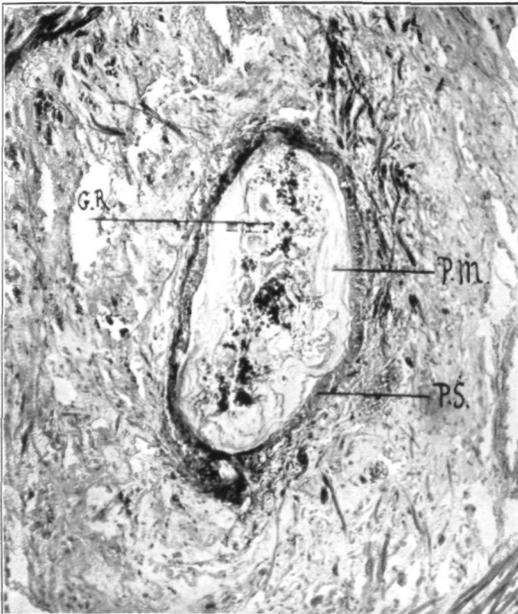


Abb. 33.

Kulturperle einer Flußperlmuschel.

Muschel I. Bild 1. Der angeschnittene „Stiel“ des überpflanzten Perlsackes.

*P. M.* Perlmutter, *P. S.* Perlsack, *G. R.* Gewebereste im Innern der gebildeten Perle.

Original-  
Mikrophotographie.  
150 × Vergrößerung.

Tafel 15.

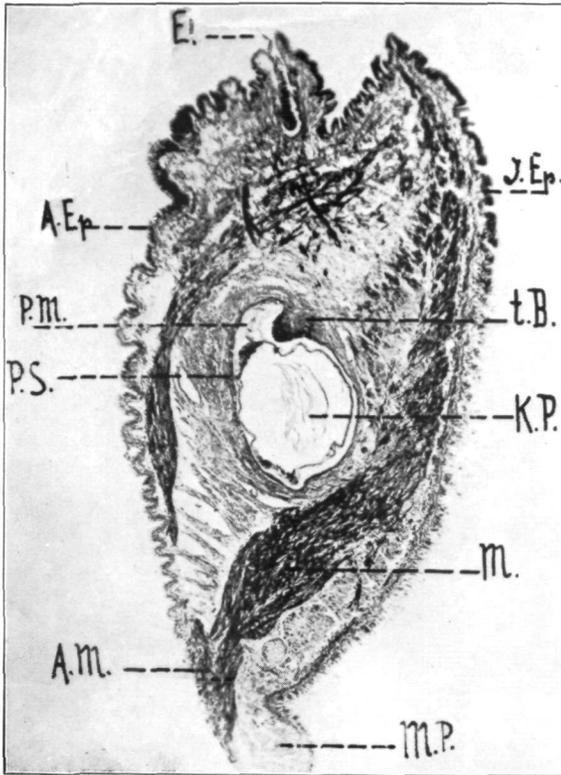


Abb. 34.

Kulturperle (Flußperlmuschel). Muschel I. Bild 2a.

Schnitt durch den Mantelrand einer Flußperlmuschel. Die überpflanzten Epithelzellen haben einen Perlsack gebildet, der die gleichzeitig eingeführte „Kern-Perle“ umwachsen hat und Perlmutter absondert. Reichliche Bildung von Perlmutter in der oberen Ausbuchtung, welche die Fortsetzung des „Stiels“ der Abbildung 33 darstellt.

P. S. Perlsack; P. M. Vom Perlsack abgeschiedene Perlmutter; t. B. transplantiertes Bindegewebe; K. P. Reste der entkalkten „Kern-Perle“; A. Ep. Aeußeres Epithel des Mantelrandes; J. Ep. Inneres Epithel des Mantelrandes; M. Muskeln; A. M. Ansatzstelle der Muskeln des Mantelrandes an der Schale (Mantellinie); M. P. Mantelplatte; E. Epikutikula.

Original-Mikrophotographie. Stark vergrößert.

Tafel 16.

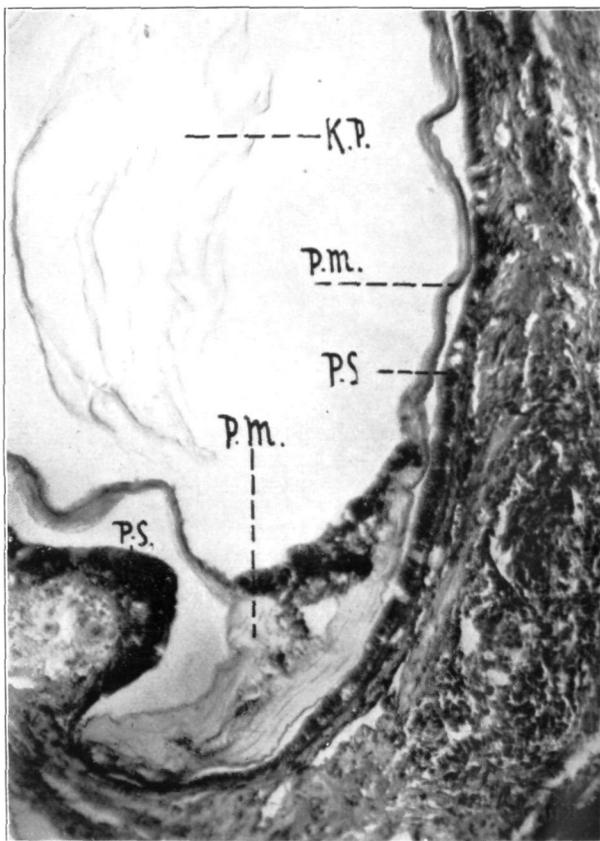


Abb. 35.

Kulturperle (Flußperlmuschel). Muschel I. Bild 2 b.  
Stärkere Vergrößerung der vorhergehenden Abbildung, um die Perlmutter-  
ausscheidung im „Stiel“ zu zeigen. Bezeichnungen wie dort.

Original-Mikrophotographie. 150 × Vergrößerung.

Tafel 17.



Abb. 36.

Muschel II. Kulturperle ohne Kern.

Wachstumsdauer 1 Jahr. Vergleiche die Dimensionen dieser Perle mit jenen der Abb. 44, die eine 3 Jahre alte Perle darstellt. Die Perle liegt dem überpflanzten Gewebepfropfen, aus dessen Epithel sie hervorgegangen ist, unmittelbar an. P. S. Perlsack; P. M. Perlmutter; t. B. transplantiertes Bindegewebe (Gewebepfropfen); M. Muskeln.

Original-Mikrophotographie. 150 × Vergrößerung.

Tafel 18.

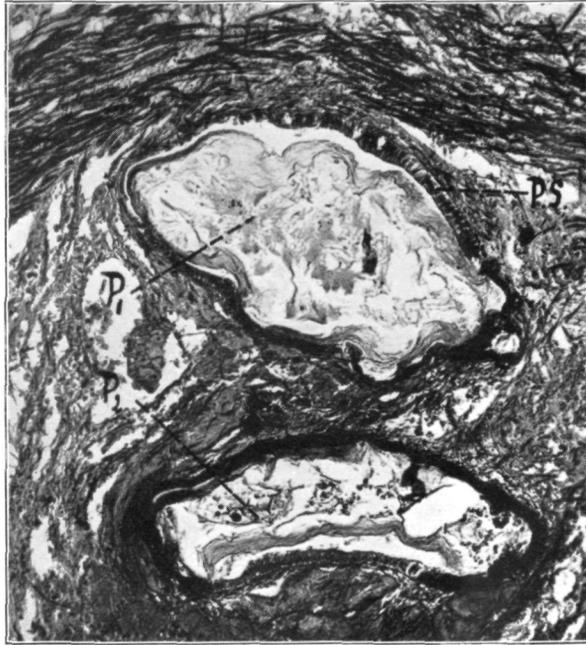


Abb. 37.

Muschel III. Bild *a*.

Schnitt durch den Mantelrand einer Flußperlmuschel mit zwei Kulturperlen. Perlen ohne Kern. Aus derselben Schnittserie wie Abb. 38. Von den eingeführten Epithelzellen sind vor der Kernperle noch zwei Perlsäcke entstanden, welche Perlen bildeten.

*P. S.* Perlsack; *P*<sub>1</sub> und *P*<sub>2</sub> Perle.

Original-Mikrophotographie. Stärkere Vergrößerung als in Abb. 38.

Tafel 19.

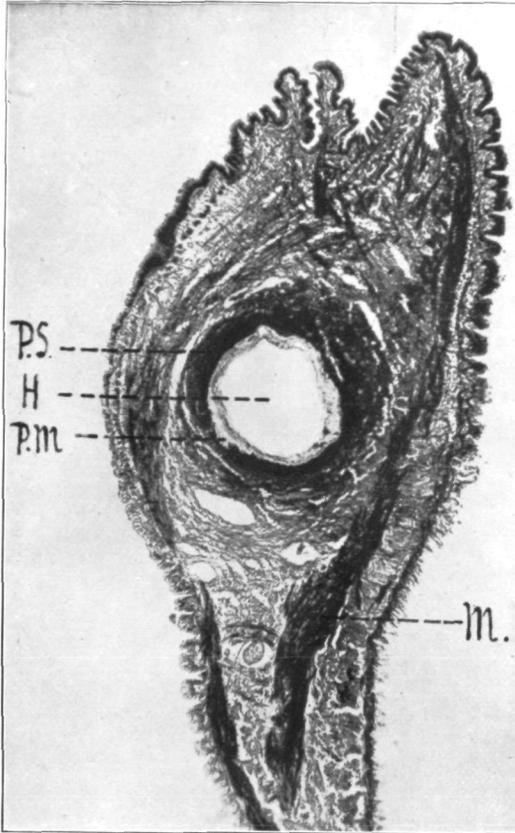


Abb. 38.  
Muschel III. Bild b.

Schnitt durch den Mantelrand einer Flußperlmuschel mit Kulturperle. Perle mit Kern. Die eingespritzten Epithelzellen haben um die gleichzeitig eingebrachte „Kern-Perle“ einen Perlsack gebildet und scheiden um jene Perlmutter ab. Die entkalkten Reste des Kernes sind auf dieser Abbildung infolge starker Schrumpfung des Konchyolins nicht zu sehen, erscheinen aber an anderen Präparaten der Schnittserie. Im großen Hohlraum lag ursprünglich die Kern-Perle. *P. S.* Perlsack; *H.* Hohlraum, in welchem die „Kern-Perle“ lag; *P. M.* Vom Perlsack innerhalb eines Jahres abgesonderte Perlmutter; *M.* Muskeln des Mantelrandes.

Original-Mikrophotographie; stark vergrößert.

Tafel 20.

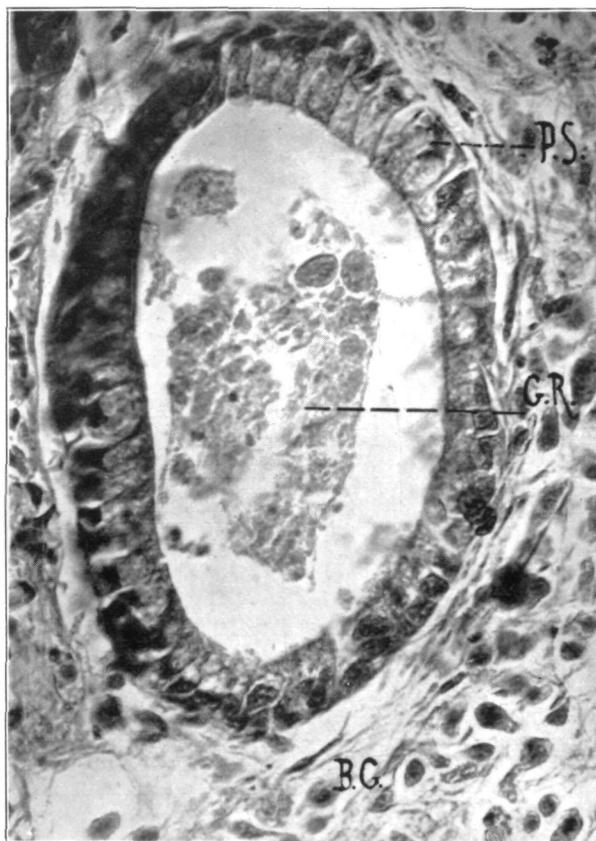


Abb. 39.

Muschel IV. Bild a.

Aus injizierten Epithelzellen gebildeter Perlsack. Im Innern Gewebereste;  
zur Abscheidung von Perlmutter ist es noch nicht gekommen.

*P. S.* Perlsack; *G. R.* Gewebereste; *B. G.* Bindegewebe des Mantelrandes.

Original-Mikrophotographie. 640  $\times$  vergrößert.

## Tafel 21.



Abb. 40. Muschel IV. Bild *b*. Kulturperlen ohne Kern. Flußperlmuschel. Die Bilder *b*, *c*, *d*, welche einer Schnittserie des gleichen Mantelrandstückes angehören wie Abb. 39, Bild *a*, zeigen die Verschmelzung zweier ursprünglich getrennt angelegter Perlsäcke. Die Abscheidung der Perlmutter im großen Perlsack ist deutlich erkennbar. Im Innern der Perle Gewebereste. Im kleinen Perlsack ist es noch nicht zur Bildung von Perlmutter gekommen. Original-Mikrophotographie. 150 × Vergrößerung.



Abb. 41. Muschel IV. Bild *c*. Beginnende Verschmelzung der beiden Perlsäcke. Original-Mikrophotographie. 150 × Vergrößerung.

Tafel 22.

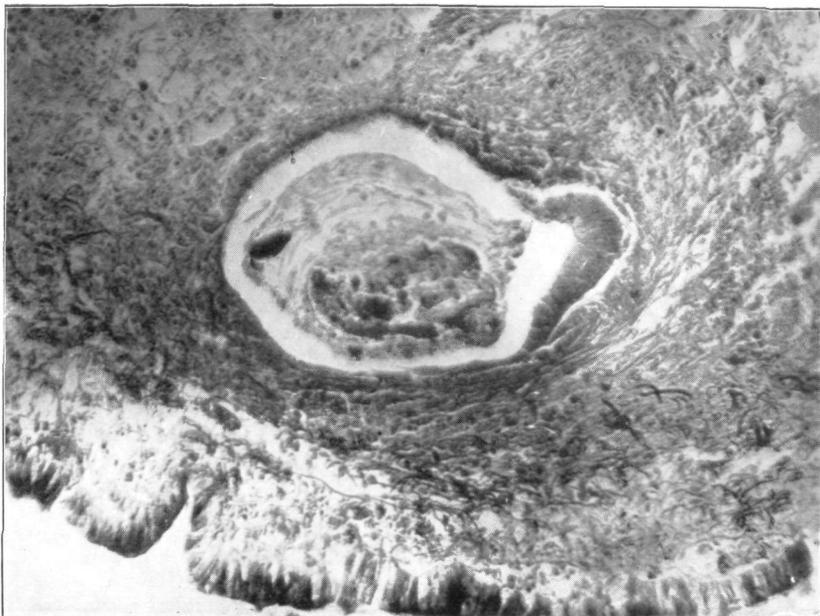


Abb. 42. Muschel IV. Bild *d*.  
Weiter vorgeschrittene Verschmelzung der beiden Perlsäcke.  
Original-Mikrophotographie. 150 × Vergrößerung.

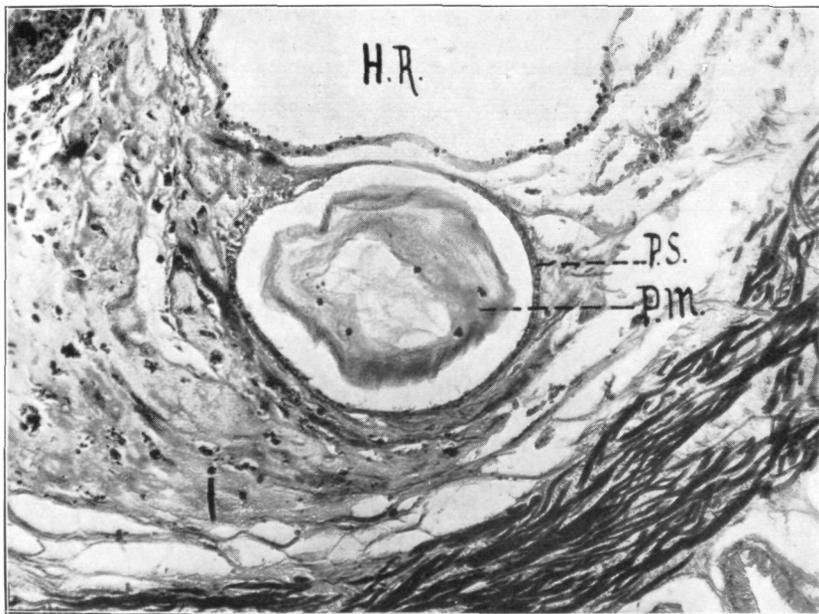


Abb. 43. Muschel V. Bild *a*. Flußperlmuschel. Perle ohne Kern.  
Neben dem Hohlraum, *H. R.*, in welchem die „Kern-Perle“ lag, hat sich ein  
Perlsack mit Perle gebildet. Sie ist im Verhältnis zu ihrem dreijährigen  
Wachstum klein geblieben. *P. S.* Perlsack; *P. M.* Perlmutter.  
Original-Mikrophotographie. 150 × Vergrößerung.

Tafel 23.

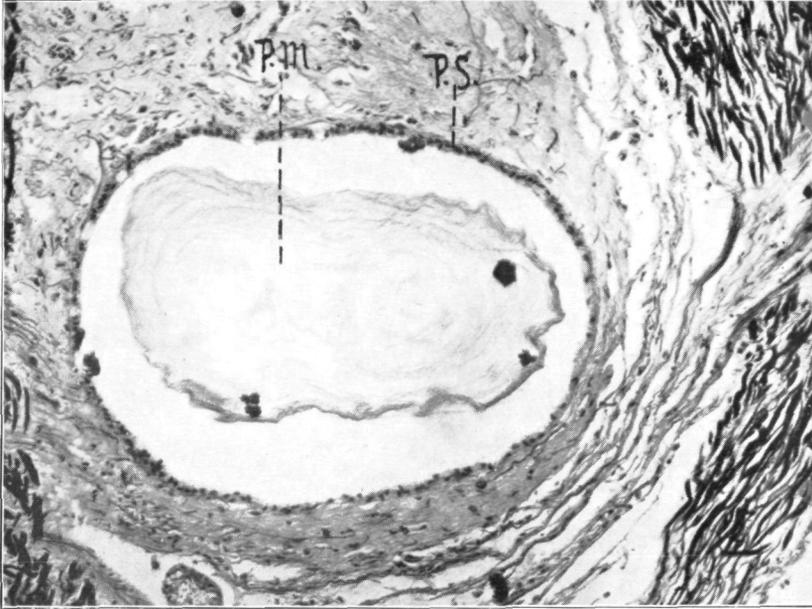


Abb. 44.

Muschel V. Bild *b*. Flußperlmuschel. Kulturperle ohne Kern.

Während die eingeführte „Kern-Perle“ dem sie ursprünglich umhüllenden Säckchen entschlüpfte, haben sich aus dessen Epithel an zwei Stellen des Mantelrandes Abb. 43, Bild *a*, und Abb. 44, Bild *b*, zwei Perlen gebildet. Die zweite, *b*, ist entsprechend ihrem dreijährigen Wachstum gut entwickelt.

*P. S.* Perlsack; *P. M.* Perlmutter.

Vergleiche die Größe der einjährigen Perle in Abb. 36.

Original-Mikrophotographie. 150 × Vergrößerung.

Tafel 24.

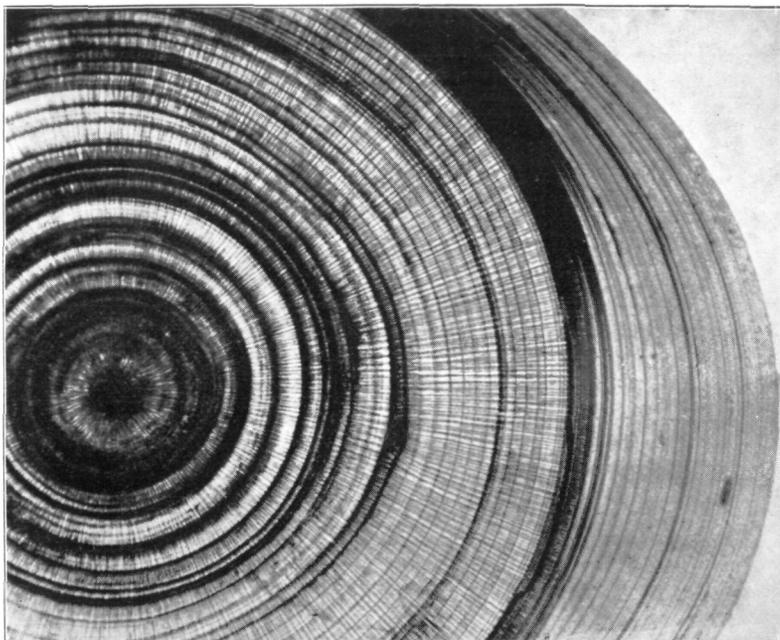


Abb. 45. Schliff durch eine Flußperle. Perle Nr. 1 (siehe Tabelle C). Durchmesser der Perle 5·76 mm. Im Innern Prismenschichten, welche von Perlmutter überlagert sind. Die Perle zeigte Glanz und Farbenspiel. Nach Zählung der „Jahresringe“ etwa 39 Jahre alt. Original-Mikrophotographie. Stark vergrößert.

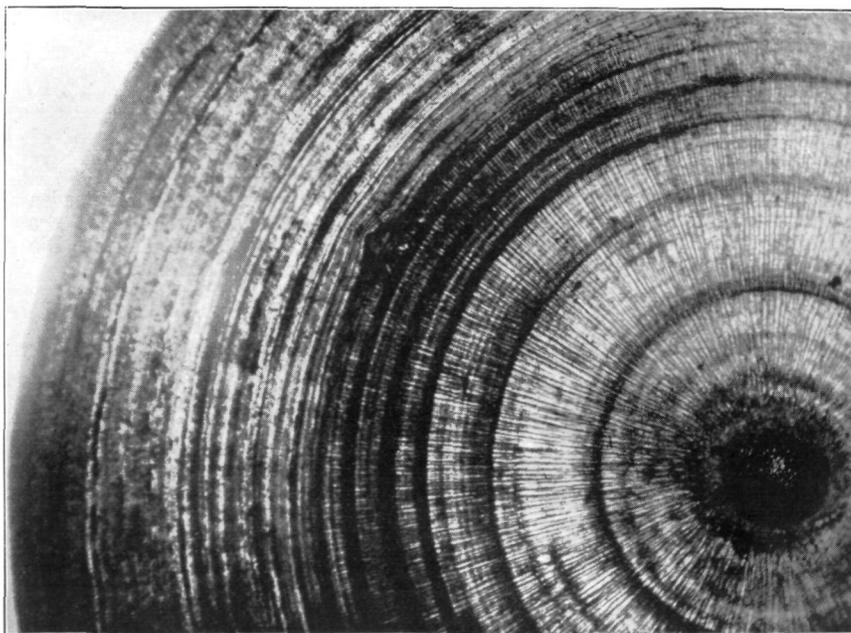


Abb. 46. Schliff durch eine Flußperle. Perle Nr. 6 (siehe Tabelle C). Durchmesser der Perle 5·30 mm. Im Innern breite Schichten von Prismen, zu äußerst nur Periostrakumschichten. Die Perle war daher braunschwarz und ihr fehlte Glanz und Farbenspiel. Etwa 25 Jahre alt. Original-Mikrophotographie. Stark vergrößert.

bekanntes zartes metallisches Schimmer verleiht. Jacquin gebrauchte für seine Versuche und für die spätere Erzeugung von künstlichen Perlen die Schuppen einer kleinen Weißfischart, die massenhaft in der Seine vorkommt, der Ucklei oder Laube (*Alburnus lucidus*), jenes Tieres, das auch heute noch in anderen Ländern zur Herstellung des „Fischsilbers“ oder „Perlsilbers“ Verwertung findet und besonders in Pommern, Ost- und Westpreußen und im Rhein gefangen wird.

Der Silberglanz der Fische, der vornehmlich am Bauch, an den Seiten des Körpers und an den Kiemendeckeln auftritt, hat seine Ursache in winzig kleinen Kristallen einer organischen Substanz, dem Guanin, welches die Innenseite der Schuppe gleich einem glitzernden Schleier überzieht und unter dem Mikroskop im polarisierten Licht beobachtet, ein unvergleichlich farbenprächtiges Bild gewährt. Zum Unterschied von der glänzenden Bauchseite erscheint der Rücken des Fisches meist dunkel gefärbt. Im Silberglanz, in Kombination mit veränderlichen Pigmentzellen, die gleich den Schuppen in der Lederhaut (*Cutis*) der Tiere liegen, besitzen die Fische ein vorzügliches Anpassungsvermögen an die Farbentöne ihrer Umgebung. Durch Aenderung der Größe und Form der Pigmentzellen und durch deren verschiedenartiges Zusammenwirken sind die Fische befähigt, einen weitgehenden Farbenwechsel ihrer Haut hervorzubringen, der durch die Stärke der Belichtung, durch die Art ihrer Umgebung und durch nervöse Reizungen der Tiere beeinflusst erscheint. Die Schutzfärbung der Fische wirkt sich in der Weise aus, daß das Tier, von oben beobachtet, dunkel wie der Boden seines Aufenthaltsortes aussieht, während es, von der Seite beschaut, zufolge des Reflexes an seinen spiegelnden Schuppen mit seinem Hintergrund, das ist die glänzende Wasseroberfläche, in der Farbe übereinstimmt; eine Anpassung, die dem Fische sowohl gegenüber seinen Beutetieren, als auch gegenüber seinen Feinden sicher Vorteile gewähren wird.

Aus begrifflichen Gründen entbehren Grundfische zumeist dieser spiegelnden Schuppen und es ist interessant festzustellen, daß die Haut des Flußneunauges, welches als Larve, Querder genannt, im Schlamm der Flüsse lebt, einen solchen Silberglanz nicht zeigt. Hat die Larve hier ihre Verwandlung durchgemacht und wandert sie dann ins Meer, wird sie also zu einem im Wasser frei schwimmenden Fisch, so färbt sich die Bauchseite des Tieres spiegelnd weiß durch Einlagerung von Guaninkristallen. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei unserem Flußaal, der bei eintretender Geschlechtsreife, wenn er sich anschickt, das Flußgebiet, das er bisher bewohnte, zu verlassen, um in der Tiefsee seine Laichplätze aufzusuchen, ebenfalls eine Änderung seiner Körperfarbe erkennen

läßt. Der aus den Flüssen abwandernde „Blankaal“, der bisher nur den schlammigen Grund bewohnte, wird jetzt auf der Bauchseite hell und silberfarben.<sup>61)</sup>

Die Guaninkristalle, die zur Perlenerzeugung dienen sollen, werden nicht nur aus den Schuppen gewonnen, sondern auch aus der Schwimmblase mancher Fische, so zum Beispiel aus der Blase von *Argentina Sphyaena* (Salmonide).<sup>62)</sup> Der Fisch lebt in großen Mengen im Mittelmeer und der Silberglanz, der in den Wandungen seiner Schwimmblase enthalten ist, dient zur Herstellung der sogenannten „römischen Perlen“.

Für die Fabrikation der Perlenessenz kommen nur jene Fische in Betracht, die in großen Mengen zur Verfügung stehen, da sich sonst die Arbeit nicht lohnen würde. Man verarbeitet bei uns in Europa zumeist das Fischsilber der Ucklei und von *Argentina Sphyaena*, vielfach aber auch jenes aus der Schwimmblase der Sardelle.

Das Guanin<sup>63)</sup> ist im Tierreich und auch im Pflanzenreich ziemlich verbreitet; man hat es in zahlreichen Organen, wie Leber, Bauchspeicheldrüse, Milz, im Retinaepithel von Fischen, ferner in den Exkrementen der Kreuzspinne und in großer Menge im Perugano gefunden, in welchem es im Jahre 1844 von Unger entdeckt wurde. Auch in der Hefe und im Runkelrübensafte ist es nachgewiesen worden.

Guanin ist ein Zersetzungsprodukt der Eiweißkörper und wird als häufiger Begleiter des Xanthins in den Geweben angetroffen, dem es chemisch nahesteht. Die Verbindungen Xanthin, Hypoxanthin, Adenin und Guanin sind Bestandteile des Zellkernes und sind jedenfalls mit den Lebensfunktionen des Organismus in enger Beziehung. Es ist vielleicht von Belang, wenn erwähnt wird, daß die genannten Verbindungen, besonders des Xanthin, mit dem im Pflanzenreich vorkommenden Theobromin (in den Kakaobohnen) und Kaffein und Thein (in den Kaffeebohnen und in den Blättern des Teestrauches) in ihrem chemischen Aufbau eine gewisse Verwandtschaft zeigen und ebenso wie die zur gleichen Gruppe von Verbindungen gehörige Harnsäure auf ein gemeinsames Kohlenstoffstickstoffskelett zurückzuführen sind. Guanin kann aus Perugano gewonnen werden und stellt dann ein weißes amorphes

<sup>61)</sup> Walter E., Einführung in die Fischkunde unserer Binnengewässer, Leipzig 1913.

<sup>62)</sup> Voit C., Über die in den Schuppen und der Schwimmblase von Fischen vorkommenden irisierenden Kristalle, Ztschr. f. wiss. Zool. Bd. 15, 1865.

<sup>63)</sup> Bethe A., Über die Silbersubstanz in der Haut von *Alburnus lucidus*. Hoppe-Seyler, Physiol. Chemie Bd. 20, 1895.

Olof Hammarsten, Lehrbuch der Physiologischen Chemie, 1904.

Pulver dar, welches in Wasser, Alkohol und Äther unlöslich ist, sich dagegen in Mineralsäuren und Alkalien leicht auflöst. Verdünntes Ammoniak greift es nicht an, wohl aber wird es von konzentriertem Ammoniak, wenn auch schwer, gelöst. Seine Resistenz gegen Wasser, Alkohol, Äther und verdünntem Ammoniak findet ihre praktische Verwertung bei der Aufbewahrung des Fischsilbers in Ammoniakwasser oder bei der Einbettung in einen Zelluloselack:

Der Ucklei, auch Laube oder Alze genannt, ist ein munteres Fischchen, das in großer Zahl unsere stehenden und ruhig fließenden Gewässer bewohnt. Die Tiere haben die Gewohnheit, besonders gegen den Winter, in ganzen Schwärmen aufzutreten, wodurch der Massenfang erleichtert wird. Während Italiener und Franzosen neben dem Silberglanz der Uckleischuppen auch jene der Schwimmblase von Meeresfischen verwenden, kommen für uns derzeit nur die Lauben für die Gewinnung der Fischschuppenessenz in Frage. Da der Bedarf an Silberglanz liefernden Süßwasserfischen in manchen Ländern nicht ausreichte, hat man den Fang auch auf geeignete Meeresfische, besonders Heringe ausgedehnt; so trachtet man in Amerika die Schuppen von *Pomolobus pseudoharengus*, des Herings und des Maifisches (*Alosa*) zu verwenden. Letzterer ist eine Heringsart, die gleich der Finte (Staffhering, *Alosa finta*) auch an den Küsten von Europa, in der Nord- und Ostsee reichlich zu finden ist und zum Laichen unsere Flüsse aufsucht. In großen Schwärmen ziehen die Tiere dann stromaufwärts und sind beispielsweise im Rhein bis Basel und in der Elbe bis nach Böhmen gelangt und hier beobachtet worden. Maifischformen sind auch aus dem Mittelmeer bekannt.

Während bei uns die Uckleischupperei Handbetrieb ist, hat man in Amerika Fabriken gegründet (in der Fundy-Bai und auf dem Gebiete von Maine),<sup>64)</sup> welche die Entschuppung der Fische mit Maschinen vornehmen, wobei aber die Tiere in ihrem Aussehen soweit geschont werden, daß sie noch als Speisefische verkauft werden können. Der Ertrag dieser Anlagen soll 1921 gegen 15.000 Dollar betragen haben. Bei der Entschuppung der Fische muß dafür Sorge getragen werden, daß mit den Schuppen nicht etwa Blut, Haut- oder Fleischteile mitgerissen werden, weil es dann schwer fällt, die daraus erzeugten Guaninkristalle von den genannten Stoffen zu isolieren und in reinem Zustande zu erhalten; blieben sie aber mit Blut oder Geweberesten des Fisches vermengt, so würde der Glanz der aus solchem Fischsilber erzeugten Perlen bedeutende Einbuße erleiden, jedenfalls aber kein erstklassiges Produkt darstellen.

<sup>64)</sup> Siehe Anm. 60.

Zunächst werden größere Mengen von Schuppen in einem Bottich gesammelt und das sie bedeckende Wasser mit etwa 0,3% Salizylsäure versetzt, um die Fäulnis hintanzuhalten. Die Loslösung des Silberglanzes erfolgt in der Weise, daß die Schuppen entweder in rotierende Fässer eingetragen werden — eine Arbeitsmethode, die an den Gebrauch von Scheuertrommeln erinnert —, oder sie kommen partienweise in eine Reibschale, wo sie unter gelindem Druck des Pistills von ihrem Silberglanz befreit werden. Nun erfolgt Filtration der wässerigen Aufschwemmung durch ein feinstmaschiges Gewebe, wobei die winzigen Guaninkriställchen mit dem Wasser durchs Filter gehen; der Rückstand wird nochmals mit Wasser verrieben und abermals filtriert. Man läßt den Silberglanz absitzen und erneuert öfters das Wasser, um die Guaninkriställchen von den noch vorhandenen Beimengungen zu reinigen. Ist das Fischsilber dazu bestimmt, später mit Gelatine oder Hausenblase als Bindemittel vermischt zu werden, so kann man es in der wässerigen Aufschwemmung aufbewahren, muß aber dem Wasser, um es vor dem Verderben zu schützen, etwas Salizylsäure oder Ammoniak hinzufügen.

Zur Herstellung feiner Perlenimitationen benützt man heute vornehmlich Zellulose-Lacke, wie Kollodium, Zapon- oder Zellonlack, und ist deswegen genötigt, den im Wasser suspendierten Silberglanz vor seiner Überführung in eines der genannten Bindemittel vorher zu entwässern. Dies kann in der Weise geschehen, daß man, ähnlich wie in der mikroskopischen Technik, das Wasser allmählich durch Alkohol verdrängt. Die erhaltene Pasta ist jetzt mischbar mit Kollodium (Kollodiumwolle in Äther-Alkohol), Zaponlack (Nitrozellulose in Amylazetat) oder Zellonlack (Azethylzellulose).

Die ersten Perlenimitationen wurden aus hohlen Glaskugeln hergestellt. Um ihnen den perlenähnlichen Glanz zu verleihen, nimmt man Gelatine, läßt sie in Wasser quellen, gießt dieses hierauf ab, schmilzt die zurückbleibende Masse auf dem Wasserbade und mischt sie mit der erforderlichen Menge des unter Wasser aufbewahrten Fischsilbers. Der glitzernden Gelatine entnimmt man mittelst einer Pipette einen Tropfen, führt ihn in die Hohlkugel ein, und trachtet durch Schwenken und Drehen eine gleichmäßige Verteilung der Perlenessenz an der Innenseite des Glases zu erzielen. Um ein Loslösen des sorgfältig getrockneten Belages zu verhindern und um die Perlen gleichzeitig etwas schwerer und massiver zu machen, hintergießt man die glänzende Schichte mit geschmolzenem Wachs oder einem Gemenge von Wachs und Paraffin. Diese Art der Imitation hat den Vorteil, daß die Perlenessenz durch das Glas geschützt wird und daher mechanischen Angriffen nicht ausgesetzt ist. Die Perlen zeigen aber den Mangel,

daß der Lüster weniger schön ist, eben „glasig“ erscheint. Um diesen Fehler auf ein Mindestmaß herabzusetzen, macht man die Glaswand möglichst dünn, wodurch die Perle aber leicht zerbrechlich wird.

Einer großen Beliebtheit erfreuen sich jetzt die sogenannten „unzerbrechlichen Perlen“, die man derart erzeugt, daß man als Kern der Perle eine massive Kugel aus Opalglas oder aus gedrehter Perlmutter nimmt, die an ihrer Außenseite mit Perlenessenz überkleidet wird. Die Perlenessenz, die bei dieser Art der Fabrikation in Gebrauch ist, besteht aus Fischsilber, das in Kollodium oder Zaponlack verteilt ist und gegenüber der Gelatine den wesentlichen Vorsprung hat, daß sie zufolge des leichten Abdunstens des Lösungsmittels rasch aufdrocknet. Über die Herstellung dieser Imitation sei erwähnt, daß die Glas- oder Perlmutterkugeln, welche auf Messingdrähte gereiht sind, wiederholt in die mit Fischsilber vermischten Lacke von bestimmter Konzentration getaucht und nachher sorgfältig getrocknet werden. Solche Perlen werden jetzt auch in großer Menge in Japan erzeugt und auf den europäischen Markt gebracht.

Da bei den genannten Perlen die den Lüster gebende Schichte zu äußerst ist, so wird sie beim Tragen abgenützt und ist im allgemeinen der Beschädigung leichter ausgesetzt als bei den Hohlperlen. Dafür ist ihr Glanz aber bedeutend besser und nicht glasig. Sind diese Perlen, die sehr viel getragen werden, zwei bis drei Jahre im Gebrauch, so wird ihre Oberfläche matt und glanzlos; ihr relativ nicht hoher Preis ermöglicht es, hiefür wieder Ersatz zu schaffen.

Man hat erfolgreiche Versuche gemacht und sie in der Praxis verwirklicht, diesen Imitationen nicht nur den Glanz und damit das Aussehen echter Perlen zu geben, Forderungen, die von dem Fischsilber genügend befriedigt werden, sondern ihnen auch jenes zarte, bescheidene Farbenspiel zu verleihen, das wir bei den kostbaren Erzeugnissen unserer Muscheln so zu schätzen wissen. Man erreicht es, wenn man auf die Oberfläche der Perle unlösliche Wismut- und Antimonverbindungen aufträgt und diese dann mit einer sehr dünnen Schichte von Kollodium überzieht. Das Farbenspiel, das Irisieren, kommt dann durch die Interferenzwirkung dünner Plättchen oder dünner Luftschichten zustande.

Die aus Fischsilber hergestellten Imitationen sind trotz vieler anderer Erzeugnisse bisher die besten und den natürlichen Perlen am ähnlichsten. Die Anfertigung der Perlenessenz und der Perlen beschäftigt — vom Fang der Ucklei bis zur verkaufsfähigen Perle — Tausende von Menschen und bietet ihnen Erwerbsmöglichkeiten, so daß hier ein bedeutsamer Industriezweig vorliegt, dem durch die Erfindungsgabe des Menschen immer neue Vervollkommnungen

zugeführt werden, um die künstliche Perle den Naturprodukten möglichst ähnlich zu gestalten. Ein rastloser Wettlauf zur Erreichung eines vorgesteckten Zieles.

---

## Literatur.

Außer der in den Fußnoten zitierten Literatur seien der Vollständigkeit wegen noch einige das Thema meiner Arbeit berührende Werke, beziehungsweise Aufsätze genannt:

- Brühl L., Neuere Untersuchungen über Perlmuscheln und Perlen, Fischereizeitung Bd. 12, 1909.
- Clessin S., Deutsche Exkursions-Mollusken-Fauna, Nürnberg 1884.
- Ebner N., Über Mittel, Ziele und Erfolge der künstlichen Austernzucht, Wien 1890.
- Fischer K. F., Die Flußperlmuschel in den Bächen des Hochwalds, Verh. Naturh. Ver. Rheinland und Westfalen Bd. 64, 1907.
- Freidenfelt T., Über das Nervensystem des Mantels v. *Mactra elliptica*, Zool. Jahrb. Bd. 9, 1896.
- Gruvel A., Les huîtres perlières sur la côte de Madagascar, C. r. Ac. Se. Paris T. 173, 1921.
- Hein W., Zur Frage der Perlenbildung in unseren Süßwassermuscheln. Allg. Fischereiztg. 1911, Nr. 8.
- Korschelt E., Über Perlen und Perlenbildung bei *Margaritana*, Verh. d. zool. Ges., 21. Jahresversammlung. 1911.
- Perlen. Altes und Neues über ihre Struktur, Herkunft und Verbr., Fortschr. d. Naturw. v. E. Abderhalden, Bd. 7, 1913.
- Perlen und Perlmuscheln, Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas, Bd. 5, Lief. 3, 1925.
- Kunz G. F. und Stevenson C. H., *The Book of the Pearl*, London 1908.
- List Th., Die Mytiliden des Golfes von Neapel. In: Fauna und Flora des Golfes von Neapel, 27. Monogr. 1902.
- Meisenheimer J., Die neueren Untersuchungen über die Entstehung der Perlen, Naturw. Wochenschrift Bd. 20, 1905.
- Meißner O., Die Perlenmuscheln in Oberfranken, 2. Bericht d. naturw. Ges. in Bayreuth, 1914.
- Pintner Th., Wie aus Würmern Perlen werden, Votr. d. Ver. z. Verbreitung naturw. Kenntnisse, 51. Jahrg. 1911.
- Pütter A., Die Ernährung der Wassertiere und der Stoffhaushalt der Gewässer, 1909.
- Römer O., Unters. über den feineren Bau einiger Muschelschalen, Ztschr. f. wiss. Zool. Bd. 75, 1903.
- Rubbel A., Über Bildung der Perlen bei Anodonta, Zool. Anz. Bd. 39, 1912.
- Stadler H., Malachias Geigers Schrift über die bayrischen Flußperlen, Forsch. zur bayr. Geschichte, Bd. 5, 1897.
- Stempell W., Über die Bildungsweise und das Wachstum bei Muschel- und Schnecken-schalen, Biol. Zentrbl. Bd. 20, 1900.
- Voit C., Anhaltspunkte für die Physiologie der Perlmuschel, Ztschr. f. wiss. Zool. Bd. 10, 1860.
- Weisensee H., Die Geschlechtsverhältnisse und der Geschlechtsapparat von Anodonta, Ztschr. f. wiss. Zool. Bd. 115, 1916.
- Wimmer J., Geschichte des deutschen Bodens, Halle 1905.
-