

P 192

N° 4—5 B.

AVRIL—MAI

1916

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

DE CRACOVIE

CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES

SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES

ANZEIGER
DER
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

IN KRAKAU

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

REIHE B: BIOLOGISCHE WISSENSCHAFTEN



CRACOVIE

IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITÉ

1916.



L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE A ÉTÉ FONDÉE EN 1873¹ PAR
S. M. L'EMPEREUR FRANÇOIS JOSEPH I.

PROTECTEUR DE L'ACADÉMIE:

Vacat.

VICE-PROTECTEUR:

Vacat.

PRÉSIDENT: S. E. M. LE COMTE STANISLAS TARNOWSKI.

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL: M. BOLESLAS ULANOWSKI.

EXTRAIT DES STATUTS DE L'ACADÉMIE:

(§ 2). L'Académie est placée sous l'auguste patronage de Sa Majesté Impériale Royale Apostolique. Le Protecteur et le Vice-Protecteur sont nommés par S. M. l'Empereur.

(§ 4). L'Académie est divisée en trois classes:

- a) Classe de Philologie,
- b) Classe d'Histoire et de Philosophie,
- c) Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles.

(§ 12). La langue officielle de l'Académie est la langue polonaise.

Depuis 1885, l'Académie publie le «Bulletin International» qui paraît tous les mois, sauf en août et septembre. Le Bulletin publié par les Classes de Philologie, d'Histoire et de Philosophie réunies, est consacré aux travaux de ces Classes. Le Bulletin publié par la Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles paraît en deux séries. La première est consacrée aux travaux sur les Mathématiques, l'Astronomie, la Physique, la Chimie, la Minéralogie, la Géologie etc. La seconde série contient les travaux qui se rapportent aux Sciences Biologiques.

Publié par l'Académie
sous la direction de M. **Ladislas Kulczyński**,
Secrétaire de la Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles.

20 października 1916.

Nakładem Akademii Umiejętności.

Kraków, 1916. — Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego pod zarządem Józefa Filipowskiego.

bis 2·5 cm, während derjenige des kleineren 1·2 cm beträgt. Beide Tentakelkränze sind nicht ganz voneinander getrennt und gehen ineinander kontinuierlich über. An dem eingeschnürten Teile der Mundscheibe, an der Grenze beider Individuen, befindet sich jedoch ein einziger (Mittel-) Tentakel, welcher das Bindeglied zu dem vollständigen Abschluß des Tentakelkranzes andeutet. Dieser Tentakel kommuniziert (Taf. 5, Fig. 5, *T*) mit dem gemeinsamen Binnenfach, welches seine Entstehung einer teilweisen Verlötung der beiden gegenüberliegenden Mesenterien verdankt, die den letzten, sich an der Grenze des größeren Individuums befindenden, vollständigen Mesenterienpaaren angehören (siehe unten).

In der Mitte jeder der beiden Mundscheiben befindet sich eine Mundöffnung, welche in ein besonderes Schlundrohr führt. Die beiden Schlundrohre sind voneinander gänzlich unabhängig und von ungleicher Länge, dasjenige des kleineren Individuums ist bedeutend länger als das andere. Das Schlundrohr des größeren Individuums besitzt am unteren Rande, in der Ebene der großen Achse, zwei gegenüberliegende spaltförmige Einschnitte. Die Siphonoglyphe fehlen dem größeren Individuum gänzlich, während sie am Schlundrohre des kleineren in Zweizahl entwickelt sind und einander gegenüber liegen. An die Siphonoglyphe setzen sich die beiden Richtungsseptenpaare an.

Die Mesenterienanordnung (Taf. 5, Fig. 4) ist unregelmäßig und weist keine hexamere Symmetrie, weder im ganzen, noch in den einzelnen Individuen auf. Im ganzen sind 82 Mesenterienpaare vorhanden, davon setzen sich 22 Paare an die beiden Schlundrohre an, während die übrigen unvollständig sind. Das größere der beiden Individuen besitzt 55 Paar Mesenterien. Im Zusammenhang mit dem Fehlen der Siphonoglyphe gibt es keine Richtungsmesenterien. An den Körperstellen, wo die Symmetrie verhältnismäßig besser erhalten geblieben ist, erscheint die Mesenterienanordnung als pentazyklisch, in anderen Körpergegenden ist sie mehr oder weniger verwischt. Angesichts dieser ungleichmäßigen Ausbildung und des Fehlens der Richtungsmesenterien läßt sich die Mesenterienanordnung nicht genau bestimmen. Unter den Mesenterien sind 15 Paare vollständig; sie gehören möglicherweise der ersten, zweiten und dritten Ordnung an.

Zwischen diesen vollständigen Mesenterien befinden sich die Mesenterien höherer Ordnungen, je zu drei (d. h. eine der vierten und

zwei der fünften Ordnung) ziemlich regelmäßig angeordnet. Diese Regelmäßigkeit wird dadurch gestört, daß in zwei von diesen Gruppen sich je vier, in der einen nur zwei Paare befinden; und noch in einem anderen Fall, nämlich an der Grenze des Individuums, befindet sich ein einziges unvollständiges Paar, welches zwei sich an das Schlundrohr ansetzende Paare voneinander trennt.

Etwas abnorm verhalten sich die Mesenterien, welche in der Ebene der großen Achse, dem Teilungsgebiet gegenüber liegen. In dem Binnenfache, welches von divergierenden Mesenterien begrenzt ist, befinden sich am Schlundrohre rudimentäre Septen, welche an das Mauerblatt nicht übergehen. Zwei von diesen Septen sind untereinander teilweise membranartig verwachsen.

Die Zugehörigkeit der betreffenden Mesenterien zu dem System des größeren Individuums unterliegt keinem Zweifel, da an der Grenze der beiden Individuen sich hier beiderseits vollständige Mesenterien befinden, welche sich an das Schlundrohr des größeren Teilstückes ansetzen. Diese Mesenterien sind paarig; es folgt daraus, daß die Teilungsebene in den Zwischen- und nicht in den Binnenfächern liegt. Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß das letzte Mesenterium an der Grenze unterhalb der Mundscheibe mit dem gegenüberliegenden zu einer vollständigen Scheidewand verwachsen ist (Taf. 5, Fig. 5, $S_1^* S_2^*$). Diese Scheidewand biegt sich gegen das Schlundrohr um, und die beiden Mesenterien trennen sich, indem sie mit dem Schlundrohr verwachsen, voneinander.

Die Anordnung der Mesenterien bei dem kleineren Individuum ist folgende. Im ganzen sind 27 Mesenterienpaare, darunter zwei Paar Richtungsmesenterien, vorhanden. Diese letzteren liegen einander gegenüber und sie bestimmen die Richtungsebene, welche jedoch infolge ungleichmäßiger Ausbildung der Mesenterien den Körper nicht in gleiche, symmetrische Hälften teilt. Die Richtungsebene des kleineren Individuums ist unter einem schiefen Winkel gegen die Teilungs-(Mittel-)Ebene geneigt. Das eine von den Richtungsmesenterienpaaren befindet sich an der Grenze der beiden Teilstücke, in der nächsten Nachbarschaft der sich an das andere Schlundrohr ansetzenden Mesenterien. Die gegenüberliegenden Richtungssepten sind dagegen von den nächsten Mesenterien des größeren Individuums durch sieben Paar Mesenterien getrennt. Von den fünf Paar Mesenterien, die sich außer den Richtungssepten an das Schlundrohr ansetzen, befindet sich das eine Paar in dem

genannten Grenzgebiet, während die vier anderen der anderen Körperhälfte angehören. Sie sind nicht alle gleich groß, da zwei Paare einen tieferen Ausschnitt besitzen. Zwischen den vollständigen Mesenterien befinden sich die unvollständigen, welche in zwei Zyklen (in Gruppen zu drei) angeordnet sind. Nur in der Nähe der Richtungsmesenterien fehlt ein kleines Septenpaar.

In beiden Individuen sind gut entwickelte weibliche Gonaden sowohl an vollständigen wie an unvollständigen Mesenterien vorhanden.

Aus der obigen Darstellung ersieht man, daß die Mesenterienanordnung recht unregelmäßig ist und sich nicht direkt vom hexameren System einer normalen Actinie ableiten läßt. Man kann wohl annehmen, daß dieses Exemplar sich überhaupt nicht normal entwickelt hat, so daß der innere Bau wesentlich von der Norm abweicht und seine Mesenterienanordnung keine symmetrische ist. Auffallend ist das Vorhandensein der Richtungsmesenterien nur in dem kleineren Individuum. Wollten wir annehmen, daß sie beim Teilungsprozeß von dem ursprünglichen Individuum, in welchem sie ebenfalls die Richtungsebene bestimmten, auf das kleinere Teilstück übergegangen sind, so würde daraus folgen, daß die Entwicklung beider Körperhälften des ursprünglichen Tieres sehr ungleichmäßig war. Während die eine Hälfte mit ihren 18 Paar Mesenterien in der Entwicklung zurückblieb, wuchs die andere übermäßig, entwickelte 62 Septenpaare, und aus ihr differenzierte sich das zweite Individuum.

Diese Annahme ist jedoch nicht zwingend, weil man sich die Besonderheiten in dieser Mesenterienanordnung auch als anders entstanden denken kann, nämlich durch regenerative Prozesse infolge einer Verletzung, wobei eine Neubildungszone der Mesenterien entstanden ist. Für diese Annahme scheint so manches zu sprechen. So z. B. läßt sich die Verwachsung zweier gegenüberliegender Septen, wie sie oben beschrieben wurde, wohl dadurch erklären, daß diese Mesenterien aus einem einzigen, bei der Resorption des mittleren Teiles entstanden sind, eine Erscheinung, die infolge einer Verletzung der betreffenden Körperstelle leicht stattfinden konnte.

Das beschriebene Doppelindividuum der *Actinia Cari* weist eine gewisse Ähnlichkeit mit den von Carlgren (1904) bei *Sagartia viduata* beobachteten Doppeltieren auf. Carlgren fand nämlich, daß bei der Laceration von größeren Fragmenten des proximalsten

Körperteiles, in deren Mitte ein Richtungsmesenterienpaar liegt und deren Richtungstentakel stark den übrigen Tentakeln in Größe und Breite vorseilt, Doppeltiere entstehen. Solche Doppeltiere besitzen einen für beide Hälften gemeinsamen Mitteltentakel. Einen solchen besitzt nun auch das beschriebene Exemplar der *Actinia Cari*, und man könnte deshalb an eine ähnliche Entstehungsweise dieser Doppelbildung denken. Bei einer näheren Betrachtung zeigt sich jedoch, daß zwischen diesen Bildungen nicht unwesentliche Unterschiede bestehen. Vor allem erhebt sich der Mitteltentakel in den von Carlgren beschriebenen Doppeltieren über dem Richtungsfach, während er bei der von mir untersuchten Actinie einem anderen Binnenfach angehört. Dieser Unterschied ist aber gewiß nicht unwesentlich, da, wie es Carlgren's Untersuchungen gezeigt haben, bei der Regeneration sich zunächst der Richtungstentakel entwickelt und als der stärkste den weiteren Entwicklungsgang des Tieres derart beeinflußt, daß er bei schnellem Wachstum des Fragmentes eine Verdoppelung der Organisation hervorruft, während er selbst seine Stellung an der Grenze beider Individuen beibehält.

In unserem Falle müßte man also annehmen, daß auch ein Tentakel eines untergeordneten Binnenfaches, welcher sich normalerweise später entwickelt, eine dem Richtungstentakel ähnliche Rolle spielen konnte, was übrigens unter gewissen Umständen nicht als ganz unmöglich erscheint.

Außerdem gehört dieser Tentakel nicht, wie in den von Carlgren beobachteten Fällen, dem Scheidungsfache der Mesenteriensysteme beider Individuen an, sondern er kommuniziert mit dem angrenzenden, übrigens anormal ausgebildeten Fache, welches bereits vielmehr dem größeren Individuum angehört.

Ein weiterer Unterschied besteht darin, daß bei Carlgren's Doppelbildungen die Teilungsebene in dem Richtungsfach liegt, während sie sich bei unserem Doppeltier in den Zwischenfächern befindet. Die neue Symmetrieebene der Doppelindividuen bei *S. viduata* liegt senkrecht zur Richtungsebene des Fragmentes (d. h. zur Teilungsebene); hier dagegen finden wir solche Symmetrieverhältnisse nicht vor.

Bei der Interpretation der beschriebenen Doppelbildung der *A. Cari* wird man diese Unterschiede in Betracht ziehen müssen sowie den Umstand, daß bei der Entwicklung aus Fragmenten die beiden Mundöffnungen frühzeitig entstehen, daß aber unsere

Actinie, obwohl gut entwickelt, noch anfangs eine einfache Mundöffnung besaß.

Aus obigen Gründen erscheint es fraglich, ob diese Doppelbildung einem ähnlichen Prozeß, wie es bei den Lazerationsstücken der *S. viduata* der Fall war, ihre Entstehung verdankt. Es ist aber nicht auszuschließen, daß in diesem Tier infolge einer Verwundung regenerative Prozesse stattgefunden haben.

Exemplar B. Dieses Exemplar ist etwas kleiner als das vorhergehende. Seine Dimensionen sind: Durchmesser zirka 4 cm, Höhe zirka 2 cm. Der Körper ist fast zylindrisch. Auf dem Mauerblatte und auf der Fußscheibe sind keine Spuren einer Längsteilung zu sehen. Die Mundscheibe ist ein wenig oval, ungeteilt, mit einer einfachen Tentakelkrone versehen. Äußerlich macht sich der Teilungsprozeß lediglich nur in der Mundgestaltung bemerklich. In der Mitte der Mundscheibe findet man statt einer einzigen zwei kleinere Mundöffnungen, 7—8 mm voneinander entfernt. Jede Mundöffnung ist von wulstigen Lippen umgeben, jedoch die zwischen den Mundöffnungen liegenden Lippen gehen ineinander über, so daß die Mundscheibe nicht zwischen die Mundöffnungen eindringt, sondern beide zusammen umgibt (Taf. 5, Fig. 7).

Die Mundöffnungen sind spaltförmig, und ihre großen Achsen sind ungefähr parallel zu der Teilungsebene. Jede Mundöffnung führt in ein besonderes Schlundrohr, und die beiden Schlundrohre, obwohl sehr nahe aneinander gelegen, sind voneinander völlig unabhängig. Das eine Schlundrohr ist größer als das andere und mit einer einzigen Schlundrinne versehen, während eine solche dem anderen Schlundrohr gänzlich fehlt.

Die Mesenterienanordnung ist folgende. In dem ganzen Tier sind 76 Mesenterienpaare vorhanden, davon 23 vollständige, die sich an die beiden Schlundrohre ansetzen. Nur ein einziges Paar hat den Bau der Richtungsmesenterien. Die unvollständigen Mesenterien sind in zwei Zyklen, jedoch nicht ganz gleichmäßig entwickelt. Die Mesenterienanordnung ist also nicht streng symmetrisch, stellenweise aber doch regelmäßig ausgebildet, und da erscheint sie als pentazyklisch, in anderen Körpergegenden ist sie dagegen verwischt.

Die Verteilung der Mesenterien auf beide Individuen ist eine derartige, daß 13 Paare der vollständigen Mesenterien mit dem einen, 10 Paare dagegen mit dem anderen Schlundrohr in Verbindung

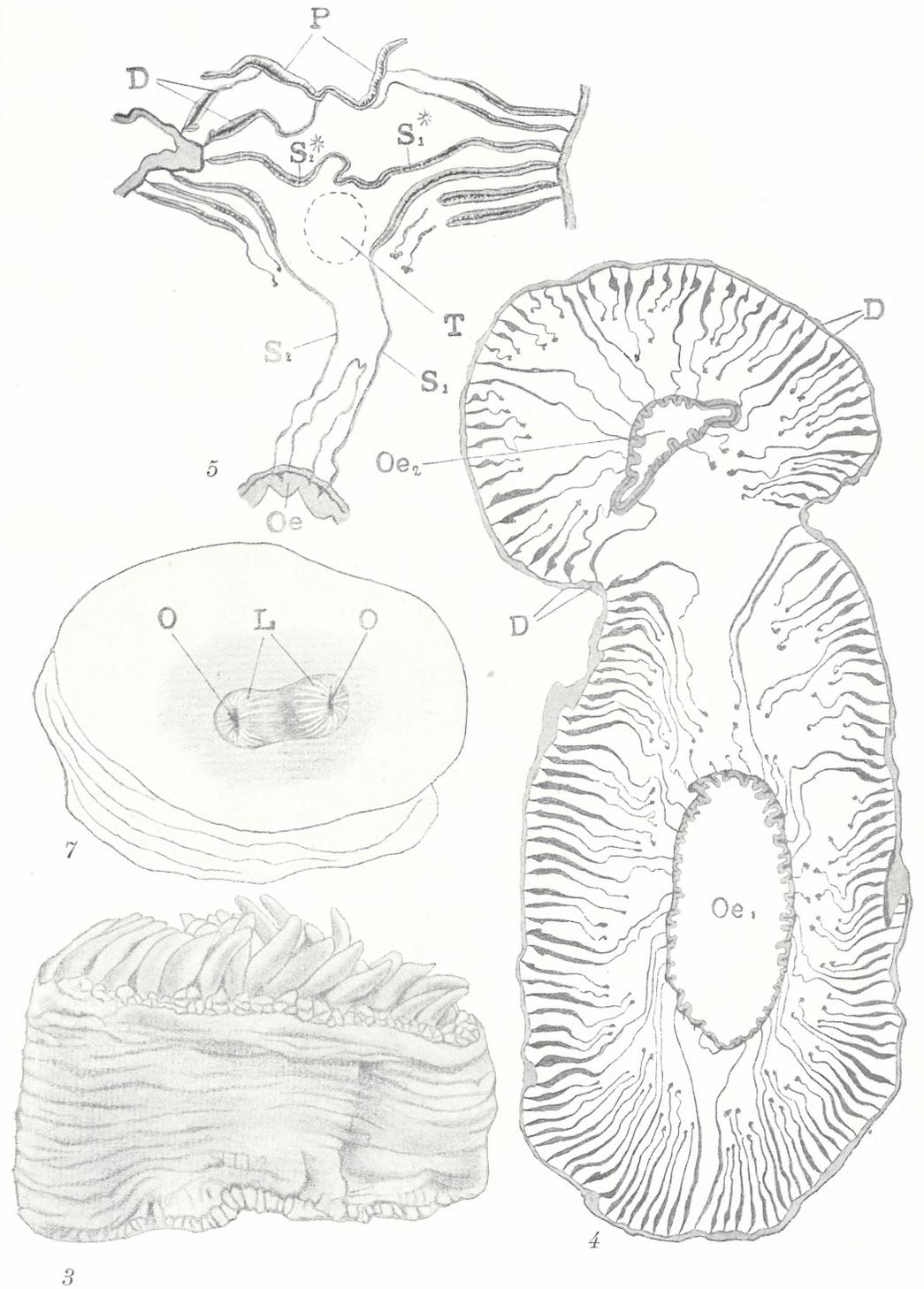
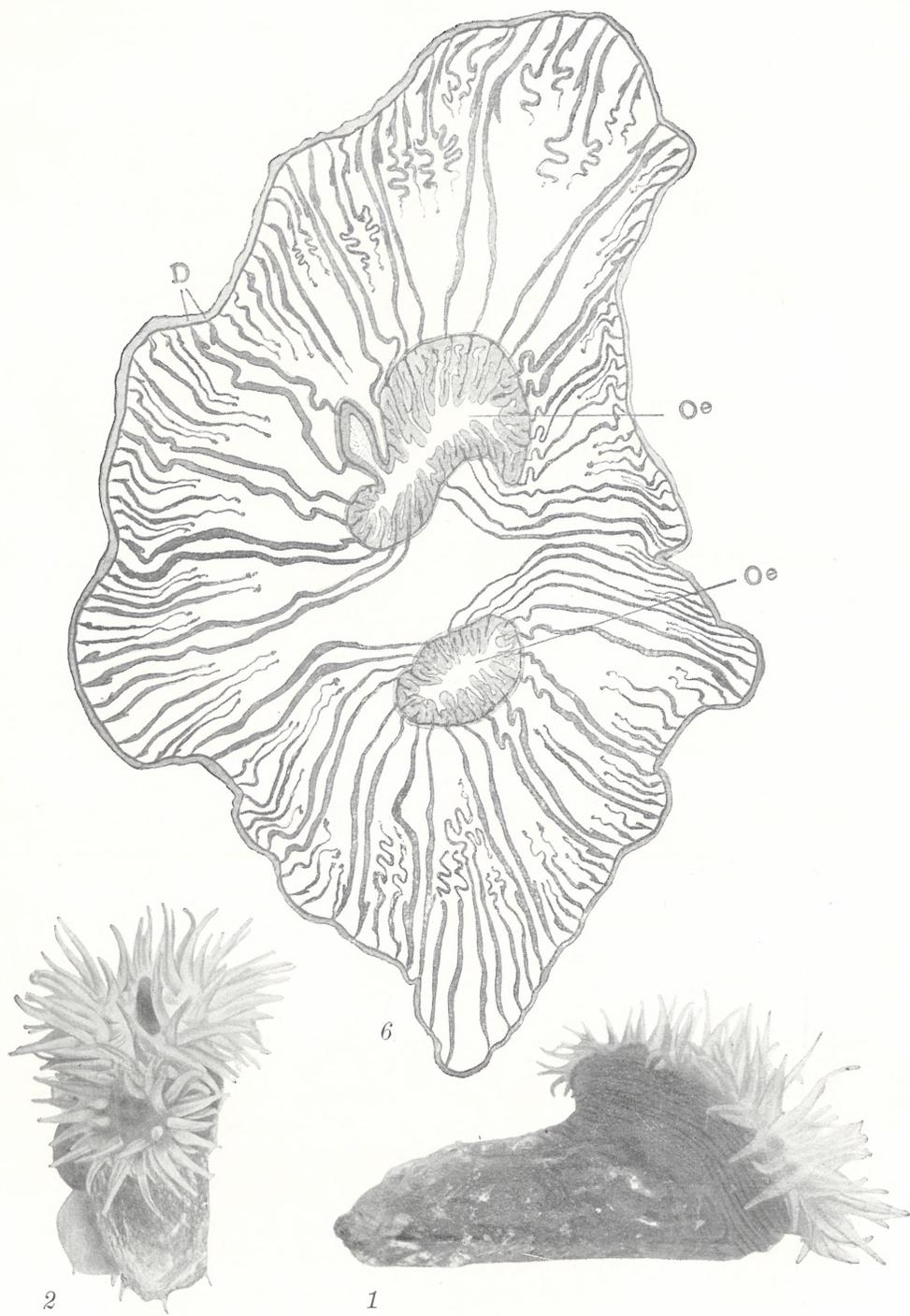
treten. Das einzige Richtungsmesenterienpaar gehört der ersteren dieser Gruppen an. Die Ebene, welche durch das Richtungsfach geht, ist zur Teilungsebene unter einem Winkel von zirka 45° geneigt. Die Teilungsebene liegt auf der einen Körperseite in einem Zwischenfach, begrenzt von Mesenterienpaaren, die man ihrer Größe und der relativen Lage nach für Mesenterien erster und dritter Ordnung halten könnte. Während die Mesenterien dritter Ordnung sich an dasselbe Schlundrohr wie das Richtungspaar ansetzen, tritt das nächste Paar erster Ordnung mit dem anderen Schlundrohr in Verbindung. In diesem Zwischenfache befindet sich eine Gruppe von drei unvollständigen Mesenterienpaaren (vierter und fünfter Ordnung), welche sich indifferent verhalten, da sie ihre Zugehörigkeit zu dem einen oder dem anderen Individuum nicht verraten. Auf der anderen Körperseite geht die Teilungsebene durch ein Zwischenfach, welches von zwei Paaren vollständiger Mesenterien begrenzt ist, deren Ordnung infolge der Symmetriestörungen in dieser Körperpartie sich nicht näher bestimmen läßt. In diesem Zwischenfach befindet sich ein einziges Paar unvollständiger Mesenterien.

In dieser Actinie sind gut entwickelte männliche Gonaden vorhanden.

Wie wir sehen, hat auch dieses zweite Doppeltier keinen solchen Bau, der sich einfach auf eine Zweiteilung einer normal gebauten Actinie zurückführen ließe. Es haben Symmetriestörungen stattgefunden, welche man vielleicht mit einer vorangehenden Lazeration in Zusammenhang bringen könnte, wofür man in diesem Fall allerdings keine direkten Beweise beibringen kann. Es sei hervorgehoben, daß dieses Exemplar keine nähere Übereinstimmung mit den von Carlgren beschriebenen, aus Lazerationsstückchen entstandenen Doppelbildungen aufzuweisen hat.

Fassen wir also die Ergebnisse dieser Untersuchungen zusammen, so sehen wir, daß es sich in beiden Fällen der Längsteilung bei *Actinia Cari* um nicht normal gebaute Tiere handelt, und allem Anscheine nach steht die Entstehung dieser Doppelbildungen damit im Zusammenhang.

Vergleicht man die bis jetzt genauer in bezug auf die innere Organisation studierten Prozesse der Längsteilung bei verschiedenen Actinien untereinander, so sieht man, daß diese Prozesse bei den Actinien nicht in übereinstimmender Weise verlaufen, was zum Teil darauf beruht, daß, wie Carlgren (1904) mit Recht her-



K. Kwietniewski.

vorgehoben hat, die Doppeltiere der Actiniarien in verschiedener Weise und infolge verschiedener Ursachen entstehen können. Nicht nur bei verschiedenen Formen, sondern bei einer und derselben kann der Prozeß der Längsteilung verschieden vor sich gehen, und die Teilungsebene braucht nicht durch die Symmetrieverhältnisse des Körpers bestimmt zu werden. Zwar gibt es Fälle, wo die Teilung symmetrisch ist und wo die Teilungs- und die Richtungsebene in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen, in vielen Fällen jedoch ist die Teilung unsymmetrisch und die Teilungsebene weist weder zur Richtungsebene noch zu bestimmten Mesenterienpaaren, nicht einmal zu den Binnen- oder Zwischenfächern eine konstante Beziehung auf.

Aus dem Institut für vergleichende Anatomie. K. k. Universität Lemberg.

Tafelerklärung.

Fig. 1. *Actinia Cari*. Das Doppalexemplar *A*, von der Seite gesehen.

Fig. 2. Dasselbe Exemplar, von oben gesehen. Beide Figuren nach photographischen Aufnahmen des lebenden Tieres.

Fig. 3. Das Exemplar *A* nach der Konservierung, von der Seite gesehen, schwach vergrößert. Die Furche am Mauerblatt deutet die Grenze zwischen den beiden Individuen an.

Fig. 4. Querschnitt durch das Doppalexemplar (*A*) auf der Höhe der Schlundrohre, schematisiert. Etwa vierfache Vergrößerung. Entworfen mit Hilfe der Reichert'schen Zeichenlupe. *Oe, Oe* die beiden Schlundrohre. *D, D* Richtungsmesenterien.

Fig. 5. Doppalexemplar *A*. Querschnitt durch das Grenzgebiet beider Individuen in der distalen Körperpartie, unterhalb der Mundscheibe. Vergr. zirka fünf-fach. *Oe* das Schlundrohr des größeren Individuums. *S, S* Mesenterien der zwei ersten Paare, welche sich an das Schlundrohr des größeren Individuums ansetzen, untereinander verwachsen. *S, S* zwei Mesenterien dieser Paare, welche direkt mit dem Schlundrohr verwachsen. *D* Richtungsmesenterien des kleineren Individuums. *P* Mundscheibe. *T* deutet die Lage des Mittelentakels an.

Fig. 6. *Actinia Cari*. Das Doppalexemplar *B*. Querschnitt auf der Höhe der Schlundrohre, schematisiert. Vergr. zirka fünf-fach. Entworfen mit Hilfe der Reichert'schen Zeichenlupe. *Oe, Oe* Schlundrohre. *D* Richtungsmesenterien.

Fig. 7. Doppalexemplar *B*. Der Mund geteilt in zwei Öffnungen *O, O*, welche von den Lippen *L* umgeben sind. Die Umrisse der Mundscheibe und des Körpers nur angedeutet, Tentakel und andere Einzelheiten weggelassen. Vergr. zirka doppelt.

Nowe i mało znane gatunki skorupiaków z jezior tatrzańskich. — Neue und wenig bekannte Crustaceen aus den Tatraseen.

Mémoire

de M. S. MINKIEWICZ,

présenté, dans la séance du 6 Juillet 1914, par M. M. Siedlecki m. c.

(Planches 6 et 7).

Während meiner in den Tatraseen geführten Untersuchungen habe ich einige neue oder in den Seen Europas seltener auftretende Arten und Varietäten von Cladoceren und Copepoden gefunden, welche in dieser Arbeit näher beschrieben werden sollen.

Zwei Cladoceren-Arten: *Bosmina longirostris* forma *tatrensis* mihi und *Macrothrix hirsuticornis* Norm. & Brady var. *groenlandica* Lilljb. sind schon von Prof. A. Wierzejski in den Jahren 1880 und 1881 unter den Namen *Bosmina longirostris* O. F. Müll. var. und *Macrothrix hirsuticornis* Norman? vorläufig kurz beschrieben worden.

Aus der Copepoden-Familie *Harpacticidae* beschreibe ich hier zwei neue Arten und eine neue Varietät und erwähne zwei bereits bekannte, aber sehr wenig verbreitete Arten.

Cladocera.

Fam. Bosminidae.

1. *Bosmina longirostris* O. F. Müll. forma *tatrensis* form. nov.

Bosmina longirostris O. F. Müll. aus den Tatraseen ist in den Arbeiten von Prof. A. Wierzejski in Rücksicht auf den Mangel der Schalenskulptur und die größere Länge der Vorderfühler als *Bosmina longirostris* O. F. Müll. var. beschrieben worden¹⁾. Es ge-

¹⁾ Wierzejski A. Materyały do fauny jezior tatrzańskich, in: Spraw. Komisji fizyograficznej Akad. Um., tom XVI, 1882, Kraków. — Zarys fauny stawów tatrzańskich, in: Pamiętnik Towarzystwa Tatrzańskiego, t. VIII, 1883, Kraków.

lang mir, die Retikulierung der Schale bei ziemlich vielen lebenden Exemplaren zu beobachten; sie tritt am deutlichsten bei jungen Individuen hervor, ist dagegen bei alten Exemplaren nach der Konservierung schwer zu sehen. Die Vorderfühler erreichen eine bedeutende Länge.

Unter den bekannten Formen der *Bosmina longirostris* nähert sich die *Bosmina* der Tatraseen am meisten der *forma pellucida* Stingelin¹⁾. Bedeutende Unterschiede findet man in der Bewehrung des Postabdomens, der Länge der Vorderfühler und der Zahl der Einschnitte an den letzteren; auf das an zweiter Stelle genannte Merkmal hat bereits Prof. A. Wierzejski aufmerksam gemacht. Die Länge der Vorderfühler beträgt durchschnittlich 510—520 (bei der Körperlänge = 1000); bei großen Weibchen erreichen sie 530. Die Vorderfühler besitzen 12—18 Einschnitte; bei 126 Weibchen (— es wurden fast jeden Monat 6 oder 12 Exemplare gemessen —) fand ich folgende Einschnittzahl: bei 3 ♀♀—12, bei 13 ♀♀—13, bei 22 ♀♀—14, bei 40 ♀♀—15, bei 35 ♀♀—16, bei 10 ♀♀—17 und bei 3 ♀♀—18.

Bei den Jungfernweibchen ist die Rumpfschale am Rückenrande stärker gewölbt als bei den Ehippialweibchen; die ersteren tragen im Brutraum höchstens 4 Subitaneier, die letzteren stets 1 Dauerei (Fig. 3).

Die Länge des ♀ beträgt 0·39 bis 0·59 mm.

Die Männchen sind nicht zahlreich, obgleich Ehippialweibchen im Herbst massenhaft auftreten. Das Männchen besitzt lange, am Grunde leicht angeschwollene Vorderfühler mit zwei getrennten sensitiven Borsten nahe an der Basis; die Vorderfühler sind am Rostrum beweglich eingelenkt; ihre Länge ist etwas größer als die halbe Körperlänge (Fig. 1).

Das erste Fußpaar ist mit einem starken Haken an dem Innenaste und einer langen ungefederten Borste an dem Außenaste versehen. In den Einzelheiten weicht der Bau dieses Fußpaares von demjenigen der von Lilljeborg²⁾ beschriebenen und abgebildeten Formen (Varietäten) der *Bosmina longirostris* ab (Fig. 2). Das Postabdomen ist an der Dorsalseite stark konkav.

¹⁾ Stingelin Th. Die Cladoceren der Umgebung von Basel, in: Rev. Suisse de Zool., Bd. III, 1895, S. 229, Taf. VI, Fig. 22 u. 23.

²⁾ Lilljeborg W. Cladocera Sueciae, in: Nova Acta Reg. Soc. Sc. Upsaliensis, III, vol. XIX, 1901, Upsaliae.

Die Mucronen besitzen meist drei Einschnitte und sind länger als bei dem Weibchen. Die Körperlänge beträgt 0·38—0·45 mm.

Der Jahreszyklus der tatrischen *Bosmina* aus dem Fischsee (Morskie Oko) (1404 m ü. d. M.) verläuft durchschnittlich in folgender Weise: Im Juni (9. VI. 1910), ungefähr drei Wochen, nachdem der See vom Eis frei geworden war, wurden viele junge Weibchen ohne Eier (sporadisch auch ♀♀ mit 2 Subitaneiern) gefangen; gegen Ende des Monats fand man schon viele ♀♀ in parthenogenetischer Fortpflanzung; Mitte Juli waren die Weibchen schon bedeutend gewachsen (bis 0·52 mm) und trugen oft 4 Subitaneier. Schon Mitte August konnte ich die ersten, noch in sehr geringer Anzahl auftretenden ♀♀ mit Dauereiern fangen; die Ehippialweibchen nehmen fortan allmählich gegen den Herbst an Zahl zu, obgleich die parthenogenetische Fortpflanzung noch stark anhält. Am Ausgange des Herbstes (November) steigt die Zahl der Ehippialweibchen rasch und übertrifft bedeutend die Zahl derjenigen mit Subitaneiern. In den Wintermonaten (XII. 1910, I. 1912) werden noch zahlreiche ♀♀ mit Ehippien neben verhältnismäßig sehr wenigen mit Subitaneiern gefunden. — Ende Februar hört die geschlechtliche Fortpflanzung auf. Im April (6. IV. 1910) habe ich nur einige ausgewachsene Tiere gefunden neben noch nicht zahlreichen jungen Individuen, die höchstwahrscheinlich aus Dauereiern ausgeschlüpft waren.

Die Art ist also monozyklisch und ihre Verbreitung in den Tatra-seen sehr beschränkt. Bis jetzt (nach Untersuchung von etwa 72 Seen) habe ich sie bloß in einem einzigen See gefunden, nämlich im Fischsee.

Fam. Macrothricidae.

2. *Macrothrix hirsuticornis* Norm. & Brady var. *groenlandica* Lillj.

Diese Varietät der *Macrothrix hirsuticornis* Norman et Brady ist zuerst von G. O. Sars¹⁾ und C. Wesenberg-Lund²⁾ unter dem Namen *Macrothrix arctica* beschrieben worden. In der Arbeit

¹⁾ Sars G. O. Oversigt af Norges Crustaceer (Branchiopoda, Ostracoda, Cirripedia). Christiania Vid. Selsk. Forh., 1890, Nr. 1, S. 44.

²⁾ Wesenberg-Lund C. Grönlands Ferskvandsentomostraca. Phyllopoda branchiopoda et cladocera. Vidensk. Meddelels. fra den naturhist. Foren. i Kjöb. 1894, S. 122, Taf. III, Fig. 12 a—c.

Lilljeborg's „Cladocera Sueciae“ (1901)¹⁾ ist sie jedoch als *var. groenlandica* der Art *M. hirsuticornis* zugeteilt worden. In seiner ersten der oben zitierten Arbeiten führt sie Prof. A. Wierzejski als *Macrothrix hirsuticornis* Norman? an und gibt dort eine kurze Beschreibung derselben samt Abbildung (Seite 17, Taf. II, Fig. 5).

Die Übereinstimmung der Exemplare aus den Taträseen mit den von Lilljeborg beschriebenen tritt besonders klar in einem Merkmal hervor, es befindet sich nämlich hinter dem Kopf ein deutlicher Absatz. Die Einsenkung hinter dem Kopfe sowie der stumpfe Winkel an der Schalentrennungsstelle fehlen gewöhnlich (Fig. 4).

Die Länge der ♀♀ beträgt 0·5—0·9 mm.

Die ♂♂ dieser Varietät sowie diejenigen von *Macrothrix hirsuticornis* s. str. sind bisher noch von niemand beschrieben worden²⁾, obgleich sie schon Zschokke, Richard, Blanchard und Stingelin bekannt waren³⁾. Ebensowenig beschrieben wurden die Ehippialweibchen und die Ehippian⁴⁾.

Das Männchen ist kleiner und schlanker als das Weibchen und besitzt ebenfalls den charakteristischen Absatz hinter dem Kopfe (Fig. 4); die Vorderfüher sind im oberen Teile innen mit einer großen gefiederten Borste versehen. Am unteren Schalenrande befinden sich 19 Gruppen kurz gefiederter, nach allen Seiten gerichteter Stacheln von ungleicher Länge. Jede der ersten 17 Gruppen besteht aus je drei Stacheln, die zwei letzten nur aus je zwei (Fig. 4); neben größeren Stacheln befinden sich kleine Dorne. Die Füße des ersten Paares sind mit je einem großen Haken bewaffnet und ihre Außenäste mit einer langen einseitig gefiederten Borste versehen (Fig. 5). Das Postabdomen ist im großen ganzen ähnlich wie beim Weibchen gestaltet; es hat jederseits am unteren ventralen Ende einen Penisfortsatz, an dessen Spitze das Vas deferens mündet (Fig. 4).

¹⁾ Seite 351.

²⁾ Stingelin Th. Phyllopoies. Catalogue des invertébrés de la Suisse. S. 80. *Macrothrix hirsuticornis* Norman et Brady, 2-te Anmerkung.

³⁾ Zitiert nach Weigold H. Biologische Studien an Lyncodaphniden und Chydoriden, Seite 83. Intern. Revue. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., Bd. III, Biol. Suppl.-Heft 2, 1910.

⁴⁾ Keilhack Ludwig. Die Ehippian der Macrothriciden. Zweiter Beitrag zur Kenntnis der Süßwasserfauna der Dauphiné-Alpen. Archiv f. Hydrob. u. Planktonk., Bd. IV, 1909, S. 328.

Länge des ♂: 0.48—0.65 mm.

Die Farbe ist gewöhnlich blaß rötlichgelb.

Die Weibchen mit Ephippien zeichnen sich durch die am Rücken abgerundete Rumpfschale aus; bei den Jungfernweibchen dagegen besitzt der Schalenrücken einen deutlichen Kiel.

Die Ephippien des einfachsten Typus enthalten (je nach dem Alter der ♀♀) 1—9 Eier von ziegelbrauner Farbe; die Ephippiumschale ist in der oberen Partie infolge stärkerer Retikulierung verändert, die längsverlaufenden Linien derselben erscheinen nämlich gehoben, was den Eindruck einer Fältelung hervorruft. Eine andere, jedoch sanfter ausgeprägte Skulptur besitzt das innere „Ephippiumkleid“. Die Dauereier selbst besitzen, wie gewöhnlich, doppelte Eimembran: eine äußere, feste und eine innere, dehnbare; die erstere springt auf und fällt schon in einem frühen Entwicklungsstadium des Eies ab, die andere quillt während der Entwicklung allmählich auf und fällt erst dann ab (Fig. 6).

Der Jahreszyklus der Art ist noch nicht genau untersucht worden. Die Dauereier entwickeln sich nach der Winterruheperiode in einigen genauer untersuchten Seen, wie Kurtkowy Gąsienicowy Staw (1687 m ü. d. M.) und Czerwony Gąsienicowy Staw (1704 m ü. d. M.) höchst wahrscheinlich in der ersten Junihälfte.

Männchen habe ich Mitte September gefunden. Die Entwicklung ist monozyklisch.

Macrothrix hirsuticornis var. *groenlandica* ist auf einige kleinere und seichte Seen mit schlammigem Boden beschränkt; nach den Angaben von A. Lityński¹⁾ beherbergen von den 101 untersuchten Tatraseen nur 9 diese Art. Die vertikale Verbreitung erstreckt sich von 1577 bis zu 1960 m ü. d. M.

Copepoda.

Fam. Harpacticidae.

1. *Canthocamptus* Mrázeki nov. sp.

Diese neue *Canthocamptus*-Art, die ich in vielen Tatraseen gefunden habe, erlaube ich mir, nach Prof. Al. Mrázek, dem bekannten Harpacticidenforscher, zu benennen.

¹⁾ Lityński A. Revision der Cladocerenfauna der Tatra-Seen. I. Teil. Daphnidae. Bull. de l'Acad. des Sc. de Cracovie, 1913.

Im Bau der Schwimmfüße (mit Ausnahme des ersten Paares) und der Furka erinnert diese Art an *Canthocamptus Zschokkei* Schm., doch ist die Ornamentik der Körpersegmente anders.

Der Cephalothorax, nicht viel breiter als das Abdomen, besitzt keine Ornamentik.

Die Bedornung des Abdomens ist verhältnismäßig arm; alle seine Segmente, das letzte ausgenommen, sind kurz ausgezackt.

Das erste Abdominalsegment des Weibchens hat an beiden Seiten etwas über dem Hinterrande eine kurze Reihe von 4—6 großen, weit auseinanderstehenden Dornen; beim Männchen liegen ebensolche Dorne in einer Anzahl von 4—5, jederseits nur dorsal, etwas unterhalb der Segmentmitte.

Die lateralen Dornenreihen des zweiten weiblichen Segmentes greifen mit je 2—3 großen Dornen auf die Ventralseite über; zwischen den Enden derselben liegt eine ununterbrochene Reihe kleiner Dorne. Beim Männchen, dessen zweites Segment dorsal unbedornt ist, verläuft zwischen den lateralen Dornenreihen über die ganze ventrale Seite eine ununterbrochene Reihe großer Dorne (Fig. 10).

Das dritte Segment des Männchens gleicht dem zweiten; beim Weibchen besitzt es ebenso wie das vierte Segment des Männchens lateral nur je zwei große Dorne, meist in Begleitung von zwei bis drei kleineren, dorsalwärts von ihnen gelegenen; zwischen den großen Dornen verläuft über die Ventralseite eine ununterbrochene Reihe kleiner Dorne, während beim Männchen diese Dornenreihe manchmal unterbrochen (Fig. 10) erscheint.

Das letzte Segment besitzt bei beiden Geschlechtern lateral über den Außenrändern der Furka 4—5 allmählich gegen die Ventralseite an Größe abnehmende Dorne. Das Analoperculum trägt beim Weibchen gewöhnlich fünf, beim Männchen vier große, weit ausinandergestellte Dorne.

Die Ornamentik des letzten Segments beim Männchen wie auch die Gestalt und Beborstung der Furka sind aus Fig. 10 ersichtlich.

Die großen Apikalborsten der Furka sind nebeneinander eingelenkt und ihr Längenverhältnis ist wie 2:1. Sie sind mit einer geringeren Zahl von Nebendörnchen besetzt.

Die Schwimmfüße des ersten Paares haben dreigliedrige Innenäste.

Die Füße des fünften Paares sind in Fig. 7 und 9 abgebildet.

Die Weibchen tragen im Eiballen 8—12 graue Eier.

Der Körper ist schwach gelblichgrau gefärbt.

Größe: ♀ 0·57 mm; ♂ 0·46 mm (ohne die Furkalborsten).

Verbreitung der Art: Csorber See, Morskie Oko (Fischsee), Czarny Staw, Czarny Gąsienicowy Staw, Przedni, Wielki und Czarny Staw im Tale der Fünf Polnischen Seen, Zmarzły Gąsienicowy Staw u. a.

Die vertikale Verbreitung reicht von 1350 bis zu 2019 m ü. d. M.

2. *Canthocamptus Zschokkei* Schm. var. *tatrensis* nov. var¹⁾.

Diese aus den Tatrarseen stammende *Canthocamptus*-Form weist so viele Abweichungen von den Rhtikon-Tieren auf, daß ich mich berechtigt glaube, sie als eine neue Varietät zu betrachten.

In Gestalt und Größe des Körpers gleicht diese Form der typischen.

Die vier ersten Cephalothoraxsegmente besitzen keine Bedornung, wie bei den Rhtk.-Tieren.

Das fünfte Segment des Cephalothorax trägt über dem Hinterrande jederseits eine Dornenreihe, von welcher ein wenig lateralwärts eine bogenförmige Reihe kleiner Dorne liegt. Diese Bedornung fehlt den von Schmeil beschriebenen Rhtk.-Tieren.

Das erste Segment des Abdomens wie auch alle nachfolgenden, das letzte ausgenommen, sind kurz ausgezackt; am ersten Segmente der Rhtk. Tiere bemerken wir keine Zackung.

Die lateralen Dornenreihen über dem Hinterrande des ersten und des zweiten weiblichen wie auch des dritten männlichen Segments greifen auf die Dorsalseite bis zu einem Drittel derselben jederseits über, dagegen bei der typischen Form nur bis zu einem kleinen Teil. Ganz ähnliche Dornenreihen verlaufen am ersten Segmente des Männchens und reichen bis zur Hälfte der Seitenbreite, beim Weibchen bis zu dem unteren Seitenrande; auf die Ventralseite greifen sie nicht über, wie dies bei den Rhtk.-Tieren der Fall ist.

Die Dornenreihe über dem Hinterrande des vorletzten Segments erscheint bei Schmeil's Exemplaren ununterbrochen, dagegen

¹⁾ Eine eingehende Beschreibung dieser Varietät und der zwei hier nicht ganz ausführlich beschriebenen neuen *Canthocamptus*-Arten wird nebst Abbildungen in meiner Arbeit über die Copepoden der Tatrarseen erscheinen.

bemerken wir bei der in Rede stehenden Varietät dorsal beim Männchen eine große, beim Weibchen aber eine kleinere Unterbrechung. Einige mittlere Dorne auf der Ventralseite des Weibchens sind bei der Varietät ebenso wie die benachbarten Dorne klein, dagegen bei den von Schmeil beschriebenen Exemplaren sehr groß.

Das Analoperculum trägt bei der typischer Form 5—7 Zähne beim Weibchen und 3—5 beim Männchen; bei unserer Varietät bloß 3—5 beim Weibchen und 3—4 beim Männchen.

Die Furka besitzt oberhalb der ersten Außenrandborste statt eines Dornes, wie bei Rhtk.-Tieren, zwei solche Dorne nebst einer kleinen Borste.

Die wichtigsten Abweichungen der Schwimmfüße sind folgende:

I. Fußpaar: Die innere lange Borste des mittleren Gliedes des Außenastes ist bei unserer Varietät länger als bei der typischen Form. Das erste Glied des Innenastes besitzt am Innenrande statt einer schwachen eine dornartige Borste; am zweiten Gliede stehen zwei kleine Borsten, und nicht eine wie bei Schmeil's Exemplaren.

II. Fußpaar: Die Außenäste sind denjenigen der Rhtk.-Tiere ähnlich. Das erste Glied des Innenastes ist beim Weibchen nur mit einer Borste bewehrt; bei der typischen Form befinden sich an dieser Stelle zwei sich kreuzende Borsten. Dasselbe Fußpaar ist bei den Männchen der Varietät wie auch bei den Tieren Schmeil's gleich gebaut.

III. Fußpaar. Der Außenast ist beim Weibchen ganz ähnlich wie bei *C. Zschokkei* und wie beim Männchen am vierten Fußpaare beschaffen, doch ist die untere Innenrandborste des letzten Gliedes nicht, wie bei den Rhtk.-Tieren schwach, sondern stark entwickelt.

Während die Innenäste des dritten und des zweiten Fußpaares des Weibchens bei den Rhtk.-Tieren die gleichen Verhältnisse zeigen, sind sie bei den Exemplaren aus der Tatra verschieden, da am Innenrande des zweiten Gliedes neben zwei äußeren Borsten sich zwischen ihnen noch eine dritte befindet, und das erste Glied nur mit einer Borste bewehrt ist. Die beiden Apikalborsten sind bei unserer Varietät länger als bei der typischen Form, und die längste von ihnen überragt die Spitze des letzten Außenastgliedes.

IV. Fußpaar. Am Außenaste ist die obere innere Borste des letzten Gliedes fast zweimal so lang wie bei den Rhtk.-Tieren;

die innere Apikalborste der von Schmeil beschriebenen Tiere ist schwach, bei unserer Varietät dagegen ebenso stark wie die äußere. Der Innenast besitzt am zweiten Gliede beim Weibchen statt einer schwachen, ungefierten eine starke, dornartige Borste. Beim Männchen ist die obere innere Borste des letzten Außenastgliedes viel kleiner als die entsprechende Borste beim Weibchen. Am Endgliede des Innenastes fehlt beim Männchen die innere Randborste; statt einer zarten, ungefierten befindet sich am Ende dieses Gliedes eine gefiederte, dornartige Borste.

V. Fußpaar. Beim Weibchen ist die mittlere der drei inneren Borsten des Basalgliedes am längsten; von den zwei anderen ist die innerste kürzer; dagegen sind bei den Rhtk.-Tieren alle drei Borsten fast gleich lang.

Beim Männchen besitzt das Endglied 2—3 Dorne über den zwei äußeren Borsten und mitunter noch einen kleineren über der langen Borste. Diese Dorne fehlen den Rhtk.-Tieren.

Ich fand *Canthocamptus Zschokkei* var. *tatrensis* bis jetzt nur in einigen Tatraseen, die im nördlichen Teile des Gebirges gelegen sind, wie z. B. Morskie Oko, Czarny Staw, Czarny Gąsienicowy Staw und in einigen der Polnischen Fünf Seen.

Die vertikale Verbreitung der Art reicht von 1404 bis zu 1724 m ü. d. M.

3. *Canthocamptus mirus* nov. sp.

Diese, wie es scheint, in den Tatraseen wenig verbreitete *Canthocamptus*-Art wurde bis jetzt nur im Czarny Staw (1584 m ü. d. M.) in geringer Zahl (2 Paare in copula, 2 ♀♀ und 3 ♂♂) gefunden.

Alle 4 ♀♀ zeigten eine charakteristische Beborstung der Furka; diese entbehrt der langen Apikalborsten, besitzt dagegen am Ende drei kurze kolbenförmige Borsten (Fig. 11) Es liegt hier also ein Fall von Dimorphismus vor, wie ihn bereits C. Vogt im J. 1845 bei seiner *Cyclopsine alpestris* beobachtet hat.

Da *Canthocamptus mirus* vor allem wegen des Fehlens langer Furkalborsten der noch immer problematischen *Cyclopsine alpestris* sehr nahe steht, halte ich es für angezeigt, hier die Ansichten verschiedener Copepoden-Forscher auf die letztere Art kurz zu besprechen.

Seit der Auffindung der *Cyclopsine alpestris* durch Vogt (am 21. VIII. 1842 in einer Lache an den Felsen des Abschwunges,

im Hintergrunde des Aargletschers in einer absoluten Höhe von etwa 8500 Fuß¹⁾ wurde unter den Harpacticiden keine Form mit ähnlicher Furka-Struktur beim Weibchen gefunden. Vogt gibt in seiner Beschreibung an, daß *Cyclopsine alpestris* dem *Canthocamptus (Cyclopsine) staphylinus* am nächsten steht, er hebt jedoch eine ganze Reihe von Unterschieden hervor, die gegen die etwaige Identifizierung der beiden Arten sprechen.

Bis jetzt wurde der *Cyclopsine alpestris* keine bestimmte Stelle im System zugewiesen, weil die Vogt'schen Beschreibungen und Zeichnungen zu diesem Zweck angeblich unzureichend sind. O. Schmeil stellte in seiner klassischen Arbeit über die Copepoden²⁾ in den Anmerkungen zu den Synonymen der Art *Canthocamptus staphylinus* Jurin die Ansichten verschiedener Copepoden-Forscher über die systematische Stellung der Vogt'schen Art zusammen. Einige von diesen Forschern, wie Rehberg, von Daday und Šoštarić identifizieren einfach ohne nähere Begründung *Cyclopsine alpestris* mit *Canthocamptus staphylinus*. Claus hat sich als erster eingehender mit der Vogt'schen Art in seiner Arbeit „Die freilebenden Copepoden“ beschäftigt (S. 121 Anm.). Seiner Ansicht nach sind die Merkmale, durch die Vogt seine Art charakterisiert, „so allgemeiner Natur und die Figuren so ungenau, daß sie für Beurteilung der Art fast ohne Wert sind“. Nach Claus ist die Ausbildung der Vorderantennen bei *Cyclopsine alpestris* ähnlich wie bei *Canthocamptus staphylinus*, und „der Mangel an Schwanzborsten, der das Weibchen auszeichnen soll, reduziert sich offenbar auf ein zufälliges Ausfallen dieser leicht verletzlichen Anhänge“

Schmeil verwirft die Ansicht von Claus und bemerkt, daß die Vorderantennen bei den in Rede stehenden Arten verschieden sind und das Fehlen der Furkalborsten bei der Vogt'schen Art keinem Zweifel unterliegt, da Vogt sehr viele Exemplare durchgesehen hat und die von ihm veröffentlichten Zeichnungen dieses Merkmal durchaus bestätigen. Nach Schmeil fehlt jeder Grund für die Identifizierung von *Cyclopsine alpestris* mit *Canthocamptus*

¹⁾ C. Vogt: Beiträge zur Naturgeschichte der schweizerischen Crustaceen. S. 17—19. Tafel II. Neue Denkschriften der allg. schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften. Bd. 7, 1845.

²⁾ O. Schmeil: Deutschlands freilebende Süßwasser-Copepoden. II. Teil. Harpacticidae. Bibliotheca Zoologica. Bd. V, Heft 15, Stuttgart 1893.

staphylinus, und wahrscheinlich gehört die erstere der genannten Arten nicht einmal zu der Gattung *Canthocamptus*. In der letzten Zeit identifizierte E. Wolf (vergl. V. Brehm: „Über die Harpacticiden Mitteleuropas II“, im Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde, Jg. 1913) *Cyclopsine alpestris* mit *Canthocamptus Vejdovskyi*, was ich als unbegründet ansehe. Meiner Ansicht nach wird die Zugehörigkeit der Art *Cyclopsine alpestris* zu der Gattung *Canthocamptus* durch die von Vogt gegebene Beschreibung und seine Zeichnungen hinreichend bewiesen. Die Art steht, wie bereits oben erwähnt wurde, dem *Canthocamptus mirus* nahe, da aber die von Vogt veröffentlichten, bei einer zu schwachen Vergrößerung ausgeführten Zeichnungen die wünschenswerte Genauigkeit vermissen lassen und eine Beschreibung der für die Systematik der *Canthocamptus*-Arten so wichtigen Schwimmpfüße der *C. alpestris* fehlt, so kann ich die beiden Arten nicht identifizieren.

Charakteristik des Weibchens.

Der Cephalothorax ist etwas breiter als das Abdomen. Er zeigt, mit Ausnahme des vierten Segments, das dorsal, etwas oberhalb der Mitte zwei mediane, dicht aneinander stehende kurze Reihen kleiner Dorne besitzt, keine Ornamentik.

Das erste Segment des Abdomens besitzt dorsal, unweit vom Hinterrande, eine in der Mitte unterbrochene Dornenreihe, welche lateral bis an die Ventralseite reicht und hier beiderseits im Drittel der Segmentbreite endet. Außerdem befindet sich beiderseits dorsal etwas oberhalb der Segmentmitte eine kurze Reihe kleiner Dorne. Die Unterbrechung der Dornenreihe über dem Hinterrande des zweiten Segments ist breiter als diejenige des ersten; die beiderseitigen Reihen der Dorne gehen ebenfalls über die Segmentseiten auf die Ventralseite über, doch etwas weiter als am ersten Segmente. Die mediane Unterbrechung der ebenso gelegenen Dornenreihe des dritten Segments ist noch größer als am zweiten; die Reihen greifen über die Segmentseiten auf die Ventralseite über und bilden hier eine ununterbrochene Dornenreihe; in der Mitte sind die Dorne bedeutend kleiner (Fig. 11). Das letzte Segment trägt dorsal jederseits eine kurze Dornenreihe (von 3 bis 4 Dornen) dicht über der Furka; diese Dornenreihen laufen über die Segmentseiten auf die Ventralseite über, wo sie eine nahe der Mitte unter-

brochene Dornenreihe bilden; eine kleinere Unterbrechung der Reihe findet noch jederseits, unweit von den Segmentseiten statt. Das große Analoperculum ist mit zahlreichen kleinen Dornen besetzt.

Die Furka hat am Außenrande zwei lange Borsten, neben welchen einige Dorne und kleine Borsten stehen (Fig. 11). An der ventralen Seite derselben, in einer geringen Entfernung vom Rande, verläuft eine bogenförmige Dornenreihe, welche sich auf den Innenrand erstreckt. Auf der dorsalen Fläche befindet sich nur die „geknöpfte Borste“. Die Insertion der drei kolbenförmigen Apikalborsten liegt dorsal und etwas nach innen vom Ende der Furka.

Der Innenast des ersten Schwimmfußes ist zweigliedrig.

Das fünfte Fußpaar ist in Fig. 12 dargestellt.

Das Weibchen trägt nur zwei Eier im Eiballen.

Größe des ♀ 0.50—0.52 mm.

Über die Färbung läßt sich nach den konservierten Exemplaren nichts aussagen.

Charakteristik des Männchens.

Der Cephalothorax ist im Verhältnis zum Abdomen viel breiter als beim Weibchen; seine drei ersten Segmente weisen keine Ornamentik auf.

Das vierte Segment besitzt unweit vom Hinterrande zwei kurze mediane Reihen kleiner Dorne; seitlich und etwas unterhalb von ihnen befindet sich je eine sehr kurze Reihe von ebenso kleinen Dornen, die lateral nicht übergreifen.

Auf dem fünften Cephalothoraxsegmente liegt jederseits dorsal eine doppelte kurze Reihe kleiner Dorne, von denen die obere sich durch einige Dornen lateral verlängert.

Das erste Abdominalsegment trägt dorsal über dem Hinterrande eine in der Mitte unterbrochene Dornenreihe, die etwa bis zur Hälfte der Segmentseiten reicht. Zwischen den Enden der Dorne liegen zwei kurze Reihen feinsten Dorne. Eine ebenso unterbrochene dorsale Dornenreihe des zweiten und des dritten Segments greift jederseits über die Segmentseiten auf die Ventralseite über und bildet hier eine ununterbrochene Dornenreihe. Die unterbrochene dorsale Dornenreihe beginnt am vierten Segmente jederseits mehr lateralwärts als an den vorigen und erstreckt sich ununterbrochen über die Ventralseite. Die Bedornung des letzten Segments

des Männchens ist die gleiche wie beim Weibchen. Das Analoperculum ist mit ungefähr 17 kleinen Dornen besetzt.

Die Furka des Männchens ist nach ihrer Gestalt der weiblichen ähnlich, unterscheidet sich aber von derselben dadurch, daß sie lange Apikal- wie auch lange Innenborsten besitzt; ein anderer Unterschied besteht darin, daß die bogenförmigen Dornenreihen der Ventralseite kürzer sind und mit einigen Dornen auf die dorsale Seite übergehen. Die Apikalborsten sind nebeneinander eingelenkt und verhalten sich hinsichtlich ihrer Länge wie 8:3.

Das fünfte Fußpaar des Männchens ist in Fig. 8 abgebildet.

Größe ♂ 0.42 mm.

4. *Canthocamptus Hoferi* Douwe.

Diese im Jahre 1907 zuerst von Carl van Douwe¹⁾ im Bodenseelitorale nur in einem weiblichen Exemplare entdeckte und beschriebene Art habe ich im Winter 1910 im Morskie Oko aufgefunden und als *Canthocamptus Hoferi* mit einem Fragezeichen bezeichnet²⁾, da ich einige Abweichungen in der Bedornung der Körpersegmente bemerkte.

Im Jahre 1913 hat Dr. V. Brehm³⁾ dieselbe Art im Attersee in Salzkammergut gefunden (nach einer freundlichen brieflichen Mitteilung ebenfalls nur in einem einzigen Exemplare).

In den Jahren 1912 u. 1913 habe ich *Canthocamptus Hoferi* in einigen anderen Tatraseen (im Ciemnosmreczyński Staw, Teryański Staw, Batyzowiecki Staw, Ważecki Staw), und zwar in mehreren Exemplaren, sowohl Weibchen als auch Männchen (die bis jetzt noch nicht bekannt waren) gefunden.

Die Verbreitung der Art reicht von 1404 bis zu 2026 m. ü. d. M.

Eine genauere Beschreibung der Männchen und der Abweichungen im Bau der Weibchen wird an anderer Stelle erfolgen.

¹⁾ Douwe C. v. Zur Kenntnis der Süßwasser-Copepoden Deutschlands. Zool. Anz., Bd. XXXII, 1908.

²⁾ Minkiewicz S. Die Winterfauna dreier Tatra-Seen. Bull. de l'Acad. des Sc. de Cracovie 1912.

³⁾ Brehm V. Über die Harpacticiden Mitteleuropas. II. Teil, Seite 585. Arch. f. Hydrob. u. Planktonk., Bd. VIII, 1913.

5. *Canthocamptus* van Douwei Keßler.

Diese von E. Keßler im Riesengebirge entdeckte und im März d. J.¹⁾ beschriebene Art fand ich in einigen Individuen in zwei Tatraseen (in Proben vom Herbst 1913): im Czarny Gąsienicowy Staw (1620 m ü. d. M.) und Zadni Gąsienicowy Staw (1837 m ü. d. M.).

Zurzeit habe ich nur einen Unterschied in der Zahl der Dorne an dem Analoperculum bemerkt.

Ob noch andere Unterschiede bestehen, kann ich vorläufig nicht angeben. In der nächsten Arbeit will ich über die Details im Bau bei dieser Art genauer berichten.

Vorliegende Arbeit wurde in dem Zootomischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule Dublany ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Leiter desselben, Herrn Prof. Dr. M. Kowalewski, für die Überlassung der Hilfsmittel wie auch für sein Interesse an dieser Arbeit meinen besten Dank auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen²⁾.

TAFEL 6.

Bosmina longirostris forma *tatrensis* form. nov.

Fig. 1. Männchen. $\times 209$.

Fig. 2. Der linke Fuß des ersten Paares des Männchens (von außen). $\times 405$.

Fig. 3. Dauereiweibchen. $\times 145$.

Macrothrix hirsuticornis var. *groenlandica* Lilljb.

Fig. 4. Männchen. $\times 145$.

Fig. 5. Der linke Fuß des ersten Paares des Männchens (von außen). $\times 405$.

Fig. 6. Ephippium mit drei Eiern, von welchen eines in Entwicklung begriffen ist. Die größeren Stacheln des unteren Schalenrandes sind nicht abgebildet. $\times 145$.

Canthocamptus Mrázeki nov. sp.

Fig. 7. Das V. Fußpaar des Männchens. $\times 582 \cdot 2$.

Canthocamptus mirus n. sp.

Fig. 8. Das V. Fußpaar des Männchens. $\times 582 \cdot 2$.

¹⁾ Keßler E. Zwei neue *Canthocamptus*-Arten aus dem Riesengebirge. Zool. Anz., Bd. XLIII, N. 13 vom 17. März 1914.

²⁾ Die Vergrößerungsangaben beziehen sich auf Objektive und Okulare von Zeiß. Alle Figuren sind mit Hilfe des Abbe'schen Zeichenapparates entworfen. Die Figuren 3, 4 und 10 sind nach lebenden Exemplaren gezeichnet.

TAFEL 7.

Canthocamptus Mrdzecki nov. sp.

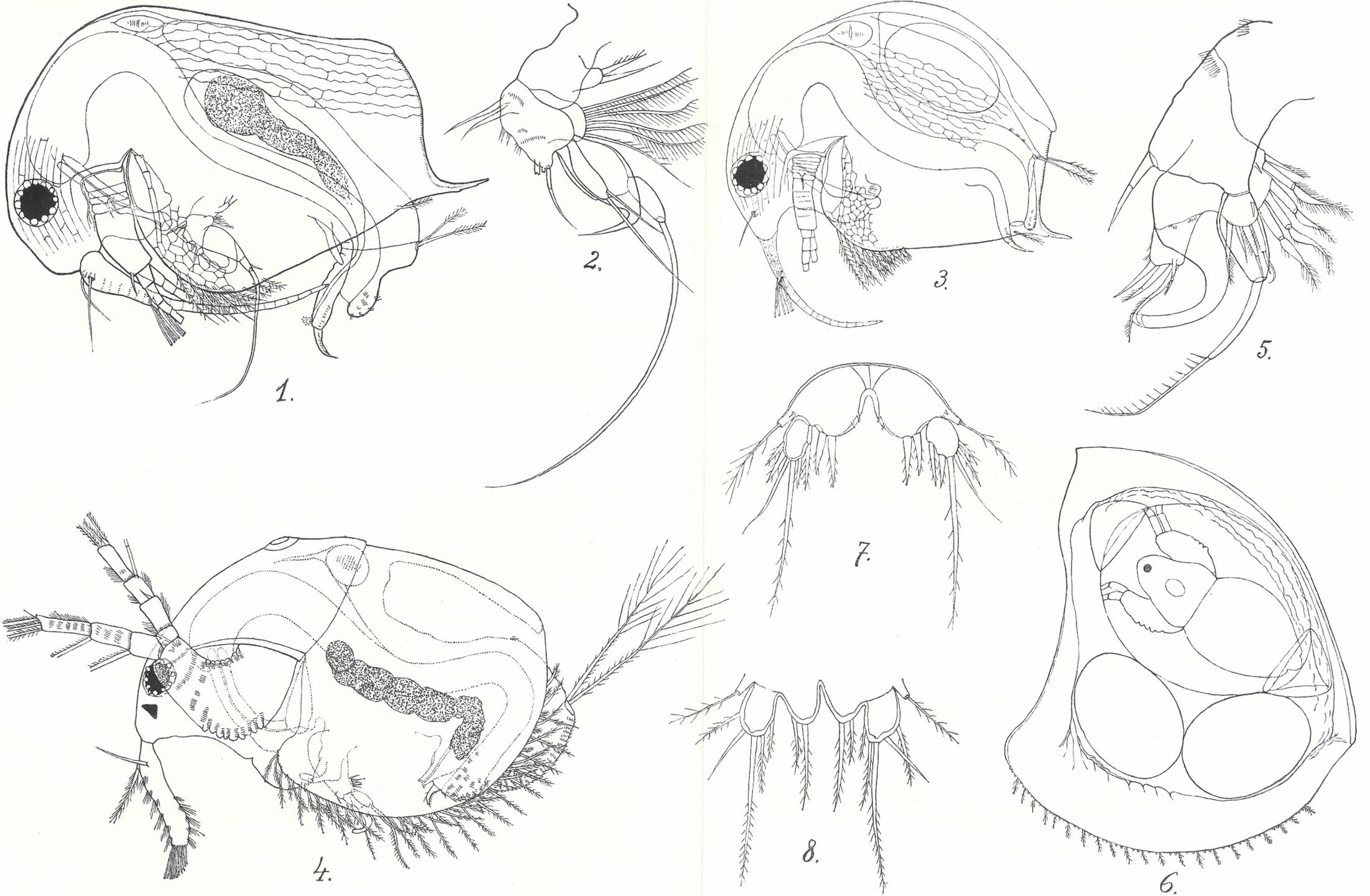
Fig. 9. Das V. Fußpaar des Weibchens. $\times 405$.

Fig. 10. Das III., IV. und V. Segment des Abdomens und die Furka des Männchens, ventrale Seite. $\times 582$.

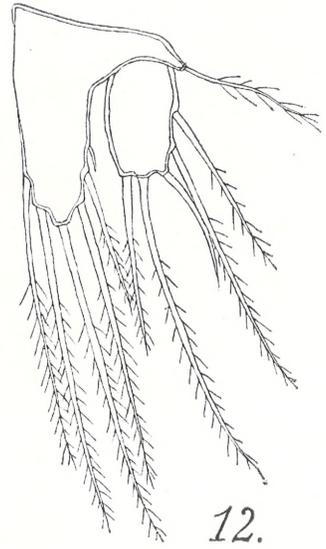
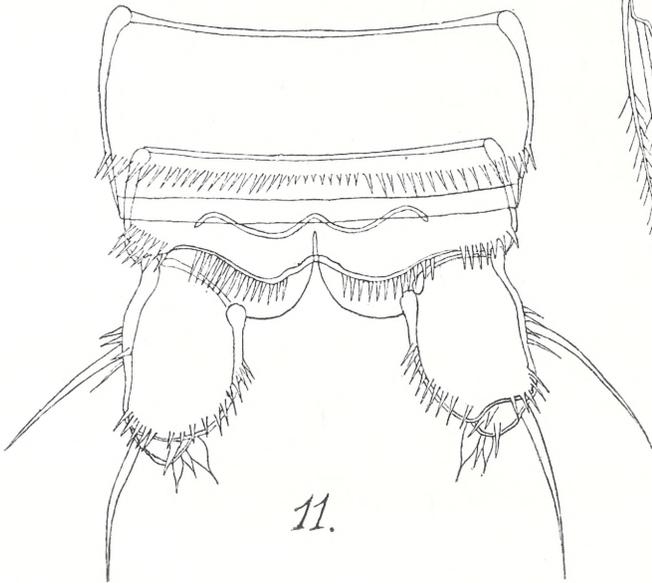
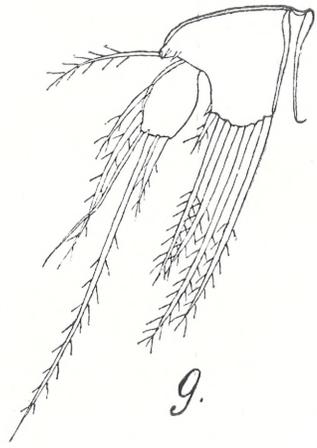
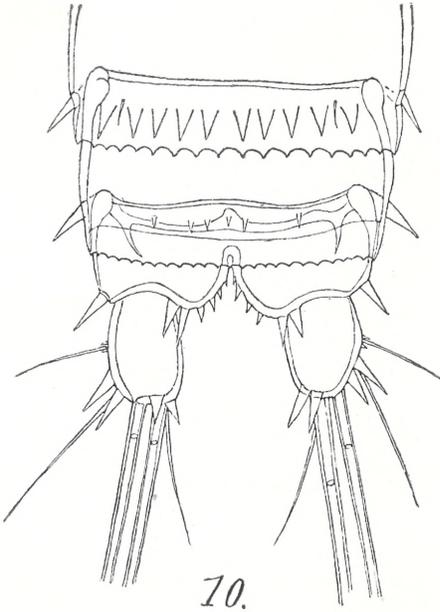
Canthocamptus mirus nov. sp.

Fig. 11. Das III. und IV. Segment des Abdomens des Weibchens und die Furka, ventrale Seite. $\times 582$.

Fig. 12. Das V. Fußpaar des Weibchens. $\times 405$.



S. Minkiewicz.



S. Minkiewicz.

Jony wodorowe i czynność wydzielnicza trzustki. — Wasserstoffionen und die Sekretion des Pankreassaftes.

Note

de M. L. POPIELSKI,

présentée, dans la séance du 3 Avril 1916, par M. L. Marchlewski m. t.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß unter dem Einflusse der direkt in das Duodenum eingeführten Salzsäure Sekretion des Pankreassaftes erfolgt. Diese Eigenschaft besitzen alle anorganischen und organischen, in Wasser löslichen und unlöslichen Säuren, z. B. die Oleinsäure. Die Sekretion erfolgt auch unter dem Einflusse der Natronlauge (0.5% NaOH) und der Seifen (1%—10%). Auf Grund dieser Tatsachen habe ich die Ansicht ausgesprochen, daß diejenigen Körper, welche die Eigenschaft besitzen, die sensiblen Nervenendigungen zu reizen, Sekretion des Pankreassaftes hervorrufen. Dagegen sind neutrale, die sensiblen Nervenendigungen nicht reizende Körper auf die Sekretion ohne Einfluß. Dieser Schluß findet darin seine Stütze, daß solche Körper wie z. B. destilliertes und zwecks Entfernung von CO₂ ausgekochtes Wasser keine Sekretion hervorrufen. Desgleichen bleiben vollkommen neutralisierte Fette auf die Sekretion wirkungslos.

Wenn man Salzsäure von gegebener Konzentration mittels Lauge neutralisiert, verringert sich die Sekretion des Saftes allmählich und hört endlich gänzlich auf, wenn die Säure vollständig neutralisiert worden ist. Da das Neutralisieren auf Abschwächung bzw. Aufhebung der Azidität beruht, könnte man meinen, daß die Sekretion des Saftes durch den Aziditätsgrad bedingt wird. Diese Annahme wäre aber irrtümlich.

Die Einführung von reinem Magensaft in das Duodenum ruft eine ausgiebige Sekretion des Pankreassaftes hervor. Wenn man aber zu dem Magensaft Kasein hinzufügt und, nachdem dieses verdaut worden ist, den Saft in das Duodenum einführt, erfolgt zwar eine Sekretion des Pankreassaftes, doch in einem viel geringeren Grade, obwohl die Azidität des Magensaftes die gleiche geblieben ist. Es ist demnach der Aziditätsgrad nicht die Ursache der Sekretion.

Wenn man nach Veränderungen sucht, welche in dem Magensaft nach Hinzufügung des Kaseins oder eines anderen Eiweißkörpers auftreten, dann finden wir:

1) daß dabei neue Körper, nämlich Peptone, Albumosen, Azidalbumine auftreten;

2) daß die Menge der freien Salzsäure abnimmt.

Wovon hängt es nun ab, daß nach Einführung dieser Mischung in das Duodenum nur eine geringe Sekretion des Pankreassaftes erfolgt: von diesen neu entstandenen Körpern, oder davon, daß keine freie Salzsäure (mit Kongo) vorhanden ist?

Azidalbumine, Peptone und Albumosen rufen, wenn man sie allein in das Duodenum einführt, keine Sekretion hervor. Ebenso wenig beobachten wir eine Sekretion nach Einführung von 500 cm³ einer 5%-igen, zwecks Entfernung von CO₂ ausgekochten Lösung von Pepton Witte (Verdaunungsprodukt des Fibrins durch den Magensaft). Man muß demnach annehmen, daß die Verminderung der Sekretion durch die geringere Menge von freier Säure, welche als Sekretionserreger des Pankreassaftes anzusehen ist, bedingt wird.

Die in das Duodenum eingeführte Salzsäure bewirkt ungefähr während einer halben Stunde die Absonderung des Pankreassaftes. Warum hört die Sekretion auf? Um dies zu entscheiden, führte ich in das Duodenum zwischen zwei Ligaturen, eine oben und eine unten angelegte, 40 cm³ $\frac{N}{10}$ HCl ein. Nachdem die Sekretion des Pankreassaftes beendet war, fand ich im Darne an der unteren Unterbindungsstelle ungefähr 4—5 cm³ Flüssigkeit, die mit Lackmus stark sauer, mit Kongo und Tropäolin aber neutral reagierte, d. h. ohne Salzsäure war. Daraus schien sich zu ergeben, daß bei der Sekretion des Pankreassaftes unter dem Einflusse von Säuren die Wasserstoffionen derselben wirken.

Um diese Frage klarzustellen, führte ich an Hunden eine Reihe

von Versuchen in akuter und chronischer Form aus, bei denen ich nach Einführung von reinen oder mit Produkten der Eiweißverdauung vermischten Säuren in das Duodenum die Menge des ausgeschiedenen Pankreassaftes bestimmte. Zum Binden der Säuren gebrauchte ich Pepton Witte (= P. W.) in genau bestimmter Menge. Die meisten Versuche führte ich an s. g. chronischen Hunden mit drei Fisteln: mit Magen-, Duodenal- und Pankreasfistel aus. Die Duodenalfistel diente 1) zur Einführung der zu untersuchenden Flüssigkeiten, 2) zur Einführung eines Katheters mit einem Ballon, welcher aufgeblasen, den Eingang in den Magen sperrte. Die Magenfistel diente zur Kontrolle, ob sich die eingeführte Flüssigkeit nicht in den Magen ergieße. Am bequemsten ist es, alle drei Fisteln gleichzeitig anzulegen. Die Hunde leben nach dieser Operation ungefähr 2—3 Wochen, was genügt, um eine gewisse Reihe von Versuchen auszuführen. In den Untersuchungen benutzte ich acht Säuren in dezinormalen Lösungen: Salzsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Oxalsäure, Essigsäure, Milchsäure, Weinsäure und Zitronensäure.

Es zeigte sich nun, daß alle Säuren, sowohl die anorganischen als auch die organischen, nach Hinzufügung von P. W. die Pankreassekretion deutlich vermindern im Vergleich zu ihren dezinormalen Lösungen, und zwar in einem festen Verhältnis je nach der Art der Säure.

Für die Salzsäure	ist dieses Verhältnis =	1:4,
„ „ Schwefelsäure	„ „ „	1:5,
„ „ Milchsäure	„ „ „	1:10,
„ „ Phosphorsäure	„ „ „	1:10,
„ „ Weinsäure	„ „ „	1:2,
„ „ Oxalsäure	„ „ „	1:1·6,
„ „ Essigsäure	„ „ „	1:1·2.

Die Ursache dieser Verminderung könnte gesucht werden: 1) in einer hemmenden Wirkung des P. W. auf die Pankreassekretion; diese Vermutung stützt sich auf die von mir gemachte Entdeckung sekretionshemmender Nerven des Pankreas, 2) in der Bedeckung der Schleimhaut mit klebrigen Albumosen, die eine Wirkung der eingeführten Säuren auf die Schleimhaut hindern, 3) in einer Verminderung der Wasserstoffionen, die durch Eiweißverdauungsprodukte (Albumose, Peptone) gebunden werden.

Die erste Vermutung erwies sich als hinfällig, weil P. W. sogar in 20%-iger Lösung die einmal eingeleitete Sekretion nicht hemmt. Die zweite kommt deshalb nicht in Betracht, weil bei Essigsäure sogar nach Hinzufügung von großen Mengen von P. W. die Sekretion nicht viel geringer erscheint als bei Anwendung von dezinormaler Essigsäure. Man darf hier zwar nicht übersehen, daß die Essigsäure ein flüchtiger Körper ist, der durch die Schichte der klebrigen Albumosen zur Schleimhaut gelangen könnte; allein es ruft auch die ganz unflüchtige Oxalsäure nach Hinzufügung von P. W. ebenfalls eine nur ganz wenig verminderte Sekretion im Vergleich mit dezinormalen reinen Lösungen. Es bleibt also die dritte Vermutung übrig. In der Tat zeigten die Messungen der elektromotorischen Kraft ($= E$), die im Laboratorium für physikalische Chemie von Prof. Dr. Tolłoczko (Lemberg) ausgeführt wurden, eine bedeutende Verminderung der Wasserstoffionenkonzentration in den dezinormalen Lösungen nach Hinzufügung von 12·5 P. W.

Diese Messungen wurden an reinen, dezinormalen Lösungen der Säuren ausgeführt. Die E bestimmte man mit Hilfe einer Gaskette im Vergleich mit einer normalen Wasserstoffelektrode. Der Gehalt an Wasserstoffionen bei dieser eben genannten Elektrode dient sozusagen als Maßstab zum Vergleich für die Bestimmung der Wasserstoffionen bei der zweiten Elektrode, welche in die zu untersuchende Flüssigkeit getaucht ist. Die E ist gleich der Differenz der Potentiale beider Elektroden, und diese wird um so größer sein, je größer die Differenz im Gehalt von Wasserstoffionen beider Elektroden ist. Da der Gehalt an Wasserstoffionen bei der Wasserstoffelektrode ein ständiger ist, so ist E als Potenzialdifferenz um so größer, je kleiner der Gehalt an Wasserstoffionen in der zu untersuchenden Flüssigkeit ist. Infolgedessen stehen beide Zahlen, d. h. E und die Zahl der Wasserstoffionen im umgekehrten Verhältnis zueinander.

Die an einem und demselben Hunde unternommenen Versuche bestätigten die dritte von den oben erwähnten Annahmen. Um die in diesen Untersuchungen erzielten Resultate miteinander vergleichbar zu machen, mußte man in das Duodenum nicht nur gleiche Mengen von Flüssigkeit einführen, sondern auch innerhalb ganz gleicher Zeitdauer; auch die Temperatur der Flüssigkeit soll wo möglich die gleiche sein.

Die Genauigkeit der Zahlen für die Menge des ausgeschiedenen Pankreassaftes schwankt nach den Ergebnissen speziell angestellter

Untersuchungen innerhalb folgender Grenzen: bis zu 10 cm³ innerhalb 0·5 cm³; zwischen 10 und 20 cm³ innerhalb 1·0; zwischen 20 und 25 cm³ innerhalb 1·5—2·0 cm³.

In Tabelle I sind die Säuren der Reihe nach so angeführt, wie sich ihre E vermindert. Wir sehen, daß die Menge des Pankreassaftes in derselben Reihenfolge steigt. Aus der Tabelle II geht hervor, daß die Menge des ausgeschiedenen Pankreassaftes im umgekehrten Verhältnis steht zu E, also im direkten Verhältnis zu der Wasserstoffionenkonzentration.

Tab. I.

			E	Pankreassaft in cm ³	
1)	100 cm ³ Phosphorsäure	$\frac{N}{10} + 12\cdot5$	P. W.	0·4588	1·6
2)	" Milchsäure	"	"	0·4151	1·5
3)	" Oxalsäure	"	"	0·3775	7·7
4)	" Salzsäure	"	"	0·3134	8·4
5)	" Essigsäure	"	"	0·2777	10·0

Einen weiteren Beweis für die Bedeutung der Wasserstoffionen bietet Tab. II, welche für die dezinormalen Säuren die Größen E und die Mengen des ausgeschiedenen Pankreassaftes angibt. Man ersieht aus dieser Tabelle, daß die Ausscheidung des Pankreassaftes unter der Einwirkung dezinormaler Säuren in derselben Reihenfolge sinkt, wie E wächst, folglich auch, wie die Zahl der in den Säuren vorhandenen Wasserstoffionen sinkt.

Tab. II.

Dezinormale Säure	E	Pankreassaft in cm ³
1) Salzsäure	0·0691	22·5
2) Oxalsäure	0·0975	16·10
3) Phosphorsäure	0·1258	16·70
4) Milchsäure	0·1481	16·00
5) Essigsäure	0·1683	12·00

Aus diesen Untersuchungen sehen wir also, daß die Veränderungen im Verlaufe von physiologischen Erscheinungen, in unserem Falle Veränderungen in der Absonderung des Pankreassaftes, eng verbunden sind mit den Veränderungen in den physiko-chemischen

Eigenschaften der Säuren. Als maßgebend für die Ausscheidung des Pankreassaftes unter der Einwirkung der Säuren erweist sich das Vorhandensein von Wasserstoffionen in den letzteren.

In ähnlicher Weise wie Säuren wirken auch Laugen und alkalische Seifen. Wahrscheinlich sind dabei die Hydroxylionen (HO) tätig.

Aus dem Institut für experimentelle Pharmakologie der Universität Lemberg.

*Przyczynek do dokładniejszej znajomości skąposzczeta:
Amphichaeta leydigi (Tauber 1879) M. Kowalewski
1910. — A contribution to the knowledge of the Oligo-
chaet: Amphichaeta leydigi (Tauber 1879) M. Kowa-
lewski 1910.*

Note

de M. M. KOWALEWSKI,

présentée, dans la séance du 3 Avril 1916, par M. M. Siedlecki m. c.

In a paper under the above title, published in Vol. LVI of the Transactions (*Rozprawy*) of the Math. and Nat. Sc. Class of the Academy of Science, Cracow, the author gives a detailed description of *Amphichaeta leydigi*, a little representative of the family *Chaetogastridae*, found by him and mentioned as long ago as 1910¹⁾. The paper is divided in three parts. In the first, the author explains the anatomy of the animal; in the second he adduces some biological data, in the third he gives diagnoses of the genus *Amphichaeta* and its both species, as known at present: *A. leydigi* and *A. sannio*²⁾. These diagnoses which are cited further in extenso, and the accompanying figures³⁾, give a satisfactory idea of the more important details relating to the species *A. leydigi* and of the differences existing between it and the other aforesaid allied species;

¹⁾ M. Kowalewski. Materiały do fauny polskich skąposzczetów wodnych (*Oligochaeta aquatica*). Część I. Sprawozd. Kom. fizyogr. Akad. Um. w Krakowie, T. XLV, 1911; p. 58.

— Materials for the Fauna of Polish Aquatic Oligochaeta. Part I. Bull. de l'Acad. d. Sc. de Cracovie, Cl. Sc. Math.-Nat., Sér. B, Sc. Nat., 1910, p. 804.

²⁾ E. Kallstenius. Eine neue Art der Oligochaetengattung *Amphichaeta* Tauber. *Biolog. Fören. Förhandl.*, IV, 1892, p. 42—45, fig. 1—5.

³⁾ made from conserved specimens.

hence no abstract of the two first parts of the paper need be given here. It may be of use however to remark that the atrium in *A. leydigi* is internally ciliated.

Amphichaeta Tauber 1879.

Prostomium evolutum, turbinatum. Segmentum II setis ventralibus solum, insequentia omnia ventralibus et dorsualibus instructa. Tubi digestorii pars ventricularis dilatata prima ut insequentes cellulis chloragogeneis tecta. Trunci nervosi ventrales per totam lon-

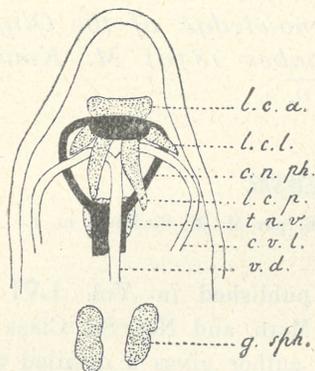


Fig. 1 (x 232)

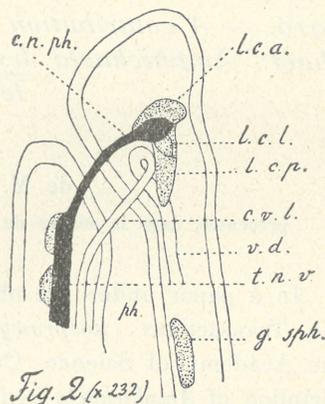


Fig. 2 (x 232)

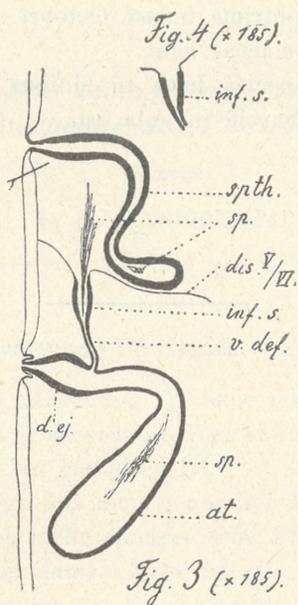
gitudinem inter se confusi. Dissepimentum III/IV supra oesophagum impressum sacculum retro directum format. Vas deferens brevissimum. Atrium magnum. Sacculi: spermaticus et ovaricus singuli modo, retro longe producti. Post clitelli evolutionem setae ventrales segmenti VI-i omnino evanescent.

Bestiolae staturâ parvâ, aquas dulces vel marinas parum salsas incolentes.

Amphichaeta leydigi (Tauber 1879) M. Kowalewski 1910.

Segmentum II setis quaternis in fasciculis (ventralibus), segmentum III setis quinis in fasciculis dorsualibus et quaternis in ventralibus, IV et V setis binis, VI ceteraque quaternis in fasciculis utriusque generis instructa. Ansa anticae laterales vasorum sanguiferorum anteriora versus ad cerebrum solum pertinentes. Nephridia plerumque per paria in segmentis disposita, rarius singula, tota in partibus lateralibus corporis sita; eorum ductus externi in

parte nephridii postremâ initium capiunt et ostio ad ipsos fasciculos setarum ventrales ante sito finiuntur. Ganglia supraoesophagealia a cerebro insigniter remota, fere supra medium pharyngis sita. Infundibulum seminale altum, formâ ordinariâ, ostio lato. Atrium pulchre ovoideum, collo angustiore, sensim in ductum ejaculatorium,



qui brevis est, abeunt. Spermatheca formam tubuli longissimi, vesiculâ oblongâ terminati habet.

Longitudo maxima exemplorum singulorum 1.7 mm, catenarum 4 mm.

Pleraque exempla matura inter diem 15-am Martii et 15-am Aprilis inveniuntur.

Species haec algis parvis, protozois, rotatoriis vescitur.

Ad hoc tempus inventa est haec species in rivulo Ladegaard-saaen, aquam dulcem vehenti, prope Hafniam (Kjøbenhavn) et in stagnis compluribus pagi Dublany prope Leopolim in Poloniâ.

Amphichaeta sannio Kallstenius 1892.

Segmenta II et III setis quaternis, reliqua omnia setis ternis in fasciculo quoque instructa. Ansaе anticae laterales vasorum san-

guiniferorum anteriora versus longe pone cerebrum productae. Nephridia in segmentis plerumque singula, rarius bina, inter se in massulam vas dorsuale undique amplectentem confusa; eorum ductus externi in mediâ parte nephridii initium capiunt et ostio a setis ventralibus insigniter remoto finiuntur. Ganglia supraoesophagealia prope cerebrum sita. Atrium globosum.

Exempla matura plurima mense Octobri inveniuntur.

Victui unice diatomaceae sunt.

Ad hoc tempus species haec in sinibus parvis Maris Baltici prope Westerwik in Sueciâ inventa est.

Przyczynki do chemii biologicznej fosforu, II. — Beiträge zur Biochemie des Phosphors, II.

Mémoire

de M. F. *ROGOZIŃSKI*,

présenté, dans la séance du 1 Mai 1916, par M. E. Godlewski père, m. t.

III. Natur der anorganischen Phosphate in einigen Pflanzensamen.

In einer früheren Mitteilung (1) habe ich gezeigt, daß die anorganische Phosphorsäure sowohl in Weizenkleie wie im Weizenkorn in wasserlöslicher Form enthalten ist.

Wässrige Auszüge aus dem genannten Material enthalten ebensoviel, ja sogar etwas mehr anorganische Phosphorsäure als essigsaure Auszüge. Schon damals habe ich die Vermutung ausgesprochen, daß dieses Verhalten der Phosphate im Weizenkorn keineswegs einen Ausnahmefall bildet, sondern „daß die gleichen Verhältnisse vielmehr auch für manche andere Samen gelten“. Die folgende Untersuchung soll die Richtigkeit dieser Vermutung beweisen.

Zur Untersuchung wurden folgende Pflanzensamen verwendet: Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Mais, Reis (ungeschält), Hirse, Linsen, Pferdebohnen, Lupinen, Erbsen (gelbe), Hanfsamen (entfettet), Rapssamen (entfettet), Rizinussamen (entfettet) und schließlich Weizenstroh.

Die Untersuchung wurde, wie folgt, geführt: Die Pflanzensamen wurden in lufttrockenem Zustande und feingemahlen untersucht. Die ölführenden Samen wurden zunächst durch erschöpfende Extraktion mit Äther im Soxhlet'schen Apparat entfettet und sodann durch längeres Liegenlassen an der Luft lufttrocken gemacht. Je 10 g Material wurden mit 250 cm³ 1% iger Essigsäure bezw. destilliertem Wasser ausgezogen. Die Extraktion dauerte jedesmal

45 Minuten, unter fortwährender mechanischer Rührung. Nach einigem Absitzen (15 Minuten) wurden die Auszüge durch Faltenfilter filtriert.

Von dem essigsauren Auszug wurden zwei Proben zu je 50 cm³ in Erlenmeyer-Kolben abgemessen. Jede Probe wurde mit 10 cm³ Salpetersäure vom sp. G. 1·2 versetzt, bis zum Blasenwerfen erwärmt und durch 50 cm³ gewöhnliches Molybdän-Reagens gefällt. Der entstandene voluminöse, flockige, gelbe Niederschlag wurde 24 Stunden lang stehen gelassen, die Flüssigkeit durch ein Filter dekantiert, der Niederschlag im Kolben einmal mit 1%-iger Salpetersäure gewaschen, sodann in 2%-igem Ammoniak gelöst und die Lösung filtriert. Die Lösung wurde sodann nach Zusatz von etwas Ammoniumchlorid mit Magnesiämischung gefällt. Der auf dem Filter gesammelte Niederschlag wurde mit 2%-igem Ammoniak ausgewaschen, in 40 cm³ siedender 1%-iger Salpetersäure auf dem Filter gelöst, die Lösung in einem Erlenmeyer-Kolben gesammelt, mit 10 cm³ Salpetersäure vom sp. G. 1·2 versetzt, bis zum Blasenwerfen erwärmt und mit Molybdän-Reagens nach Neubauer-Lorenz gefällt. Die Bestimmung der Phosphorsäure geschah durch Wägung des Phosphormolybdän-Niederschlags nach der Methode von Neubauer-Lorenz (2).

Die wässerigen Auszüge aus den Pflanzensamen enthielten fast in allen Fällen durch verdünnte Essigsäure fällbare Eiweißkörper in Lösung. Bei direkter Verwendung dieser Auszüge zur Bestimmung von anorganischer Phosphorsäure nach dem oben beschriebenen Verfahren könnte man befürchten, daß eventuell die angewandte Salpetersäure eine Abspaltung von Phosphorsäure aus Eiweiß bewirken könnte, wodurch der scheinbare Gehalt des Auszuges an anorganischen Phosphaten erhöht würde. Um dies zu verhüten, wurden die wässerigen Auszüge vor der Phosphatbestimmung stets auf den Gehalt von 1% Essigsäure gebracht und der dabei ausgefallene Eiweißniederschlag durch Filtration entfernt. Es wurden zu diesem Zwecke in der Regel 100 cm³ wässriger Auszug in einen 150 cm³-Kolben gebracht, etwa 40 cm³ Wasser zugegeben, mit 1·5 cm³ Eisessig versetzt und mit Wasser bis zur Marke gefüllt. Nach gründlichem Durchmischen und Absitzen des entstandenen Niederschlags wurde filtriert, in zwei Proben des Filtrats zu je 50 cm³ die Phosphatbestimmung, wie oben beschrieben, ausgeführt und auf den ursprünglichen Auszug umgerechnet. Die wässerigen Auszüge aus

einigen Leguminosensamen (Linsen, Erbsen, Pferdebohnen) filtrieren äußerst schwer und langsam. Um in diesen Fällen die Filtration nicht zu sehr in die Länge zu ziehen und damit nicht Gelegenheit zur enzymatischen Abspaltung anorganischer Phosphorsäure zu geben, wurden aus diesen Auszügen zur Untersuchung nur je 50 cm³ genommen, in einen 110 cm³-Kolben gebracht, mit 1·1 cm³ Eisessig gefällt, zur Marke mit Wasser gefüllt und filtriert. Von dem Filtrate wurden zwei Proben zu je 50 cm³ zur Phosphatbestimmung verwendet. Die Umrechnung auf den ursprünglichen Auszug geschah in entsprechender Weise.

Die Resultate der Untersuchung sind in der folgenden Tabelle I (S. 84) zusammengestellt, wobei die Zahlen stets die Menge der anorganischen Phosphorsäure in Grammen in 10 g des untersuchten lufttrockenen Materials bedeuten.

Diese Zusammenstellung wird übersichtlicher, wenn wir die Mengen der Phosphorsäure in wässrigen Auszügen im Verhältnis zu den Mengen derselben in essigsaurer Auszügen ausdrücken. Wird die Menge der anorganischen Phosphorsäure der essigsaurer Auszüge in allen Fällen gleich 100 gesetzt, so werden die Mengen der anorganischen Phosphorsäure in wässrigen Auszügen durch folgende Zahlenreihe ausgedrückt.

TABELLE II.

1. Weizen	111·5	9. Pferdebohnen	98·3
2. Roggen	212·1	10. Erbsen	93·3
3. Gerste	141·7	11. Lupinen	116·6
4. Hafer	83·7	12. Hanfsamen	75·9
5. Reis	110·6	13. Rapssamen	103·7
6. Mais	101·2	14. Rizinussamen	46·4
7. Hirse	91·9	15. Weizenstroh	98·1
8. Linsen	91·6		

Wie aus dieser Zusammenstellung ersichtlich, tritt in sieben der untersuchten Fälle mehr anorganische Phosphorsäure in essigsaurer Auszügen, in sieben anderen dagegen mehr in wässrigen Auszügen auf. Im Weizenstroh sind beide Mengen praktisch gleich. Die Unterschiede sind bei einigen Samen unbedeutend (Mais, Pferdebohnen, Raps), in einzelnen Fällen dagegen, wie bei Roggen, Gerste, Hanfsamen, Rizinus, erreichen sie ganz bedeutende Werte. Es tritt

TABELLE I.

Nummer	Ausgangsmaterial	Anorganische Phosphorsäure in g	
		Essigsaurer Auszug	Wässriger Auszug
1	Weizen	0·0078 } 0·0078 0·0077 }	0·0086 } 0·0087 0·0087 }
2	Roggen	0·0116 } 0·0116 0·0115 }	0·0245 } 0·0246 0·0246 }
3	Gerste	0·0084 } 0·0084 0·0084 }	0·0119 } 0·0119 0·0118 }
4	Hafer (nacktes Korn) . .	0·0092 } 0·0092 0·0091 }	0·0076 } 0·0077 0·0078 }
5	Reis (ungeschält)	0·0062 } 0·0062 0·0061 }	0·0067 } 0·0067 0·0066 }
6	Mais	0·0082 } 0·0082 0·0082 }	0·0083 } 0·0083 0·0083 }
7	Hirse	0·0037 } 0·0037 0·0037 }	0·0034 } 0·0034 0·0033 }
8	Linsen	0·0143 } 0·0143 0·0142 }	0·0129 } 0·0131 0·0132 }
9	Pferdebohnen	0·0117 } 0·0118 0·0118 }	0·0116 } 0·0116 0·0115 }
10	Gelbe Erbsen	0·0089 } 0·0089 0·0088 }	0·0083 } 0·0083 0·0083 }
11	Gelbe Lupinen	0·0161 } 0·0163 0·0165 }	0·0189 } 0·0190 0·0190 }
12	Hanfsamen, entfettet . .	0·0283 } 0·0282 0·0281 }	0·0214 } 0·0214 0·0214 }
13	Rapssamen "	0·0266 } 0·0270 0·0273 }	0·0277 } 0·0280 0·0282 }
14	Rizinussamen "	0·0367 } 0·0371 0·0374 }	0·0171 } 0·0172 0·0173 }
15	Weizenstroh	0·0153 } 0·0154 0·0154 }	0·0150 } 0·0151 0·0152 }

dabei keine Abhängigkeit von der Art der untersuchten Samen auf. Sowohl bei Gramineen wie Leguminosen wie schließlich bei den ölführenden Samen finden wir die beiden Möglichkeiten vertreten.

Was nun die Erklärung dieser Mengenunterschiede der anorganischen Phosphorsäure in wässrigen und essigsäuren Auszügen anbelangt, so wäre folgendes zu bemerken. Wo die beiden Mengen ungefähr gleich sind, wie bei Mais, Pferdebohnen, Raps und auffallenderweise auch beim Weizenstroh, wird wohl die einfachste Erklärung die sein, daß hier anorganische Phosphorsäure in Form von wasserlöslichen Phosphaten, also Alkali-Phosphaten enthalten ist. Tritt dagegen im essigsäuren Auszug mehr Phosphat als im wässrigen auf, wie dies am ausgesprochensten bei Rizinus und Hanf der Fall ist, so wird man annehmen müssen, daß hier ein bedeutender Teil der anorganischen Phosphorsäure in Form von wasserunlöslichen Phosphaten, also Erdalkali-Phosphaten auftritt (sowohl Rizinus- wie Hanfsamen sind an Erdalkalien auffallend reich). Was nun diejenigen Samen betrifft, deren wässrige Auszüge mehr Phosphat als die essigsäuren enthalten, so läßt sich hier eine einfache Erklärung für dieses Verhalten von vornherein kaum finden. Eine Abspaltung anorganischer Phosphorsäure aus im wässrigen Auszug gelösten Eiweißkörpern bei Einwirkung von Salpetersäure war bei der angewandten Methode ausgeschlossen, da ja die Eiweißkörper vor dem Zusatz von Salpetersäure entfernt wurden.

Man könnte vermuten, daß im essigsäuren Auszuge aus den betreffenden Samen etwaige Substanzen enthalten sind, welche die vollständige Ausfällung der anorganischen Phosphate durch das Molybdän-Reagens verhindern. Diese Erklärung erwies sich aber bei direkter experimenteller Prüfung als nicht zutreffend. Es mögen dies folgende Versuche beweisen: aus Weizenkleie wurde mit 1%-iger Essigsäure ein Auszug dargestellt; in zwei Proben desselben wurde anorganische Phosphorsäure bestimmt. In der einen Probe geschah die Bestimmung unter dreifacher Fällung, wie oben beschrieben (Molybdän-Reagens, Magnesia-Mischung, Molybdän-Reagens); die zweite Probe dagegen wurde direkt mit Magnesia-Mischung gefällt, die Bestimmung geschah also unter zweifacher Fällung. Der etwaige hindernde Einfluß auf die Molybdänfällung könnte somit nur bei ersterer Bestimmung zur Geltung gelangen.

In Wirklichkeit wurden gefunden:

bei dreifacher Fällung	0·37% P_2O_5
bei zweifacher Fällung	0·36% P_2O_5 ,

also übereinstimmende Zahlen.

Daß im essigsäuren Auszug keine Substanzen enthalten sind, welche die Molybdänfällung der Phosphorsäure teilweise verhindern könnten, beweist ebenso deutlich das Ergebnis eines anderen Versuchs, der ebenfalls mit Weizenkleie ausgeführt wurde. In diesem Versuche wurden zu einer bekannten Phosphatlösung (Dinatriumphosphat) bestimmte Mengen von essigsäurem Auszug aus Weizenkleie zugesetzt. Sowohl im Auszug selbst wie im Gemisch des Auszugs und der Phosphatlösung wurde die anorganische Phosphorsäure unter dreifacher Fällung bestimmt. Folgende Zahlen geben das Ergebnis des Versuches wieder:

In 25 cm³ der Phosphatlösung waren enthalten:

$$\left. \begin{array}{l} 0\cdot0120 \\ 0\cdot0120 \end{array} \right\} \text{ im Mittel } 0\cdot0120 \text{ g } P_2O_5.$$

In 25 cm³ des essigsäuren Auszugs wurden gefunden:

$$\left. \begin{array}{l} 0\cdot0077 \\ 0\cdot0078 \end{array} \right\} \text{ im Mittel } 0\cdot0078 \text{ g anorganische } P_2O_5.$$

In 25 cm³ Auszug + 25 cm³ Phosphatlösung wurden gefunden:

$$\left. \begin{array}{l} 0\cdot0199 \\ 0\cdot0199 \end{array} \right\} \text{ im Mittel } 0\cdot0199 \text{ g anorganische } P_2O_5.$$

Aus der Berechnung ergeben sich für das letztgenannte Gemisch 0·0198 g anorganische Phosphorsäure, während die direkte Bestimmung 0·0199 g gab; es ließ sich somit kein nachteiliger Einfluß des essigsäuren Auszugs auf die Fällbarkeit der Phosphorsäure feststellen.

Es schien mir schließlich nicht ohne Interesse zu sein, das Verhalten der alkalischen Auszüge aus denjenigen Samen zu untersuchen, welche mehr anorganische Phosphorsäure an Wasser als an verdünnte Essigsäure abgeben. Als Versuchsobjekt wurde auch

in diesem Falle Weizenkleie gewählt. Da die alkalischen Auszüge sehr schwer filtrieren und das darin gelöste Eiweiß mit Essigsäure nur schlecht abzuscheiden ist, mußte das Verfahren im gegebenen Falle, wie folgt, abgeändert werden: 50 g Weizenkleie wurden mit 500 cm³ 0·1%-iger Kaliumhydratlösung 45 Minuten lang unter fortwährendem Rühren ausgezogen. Nach einigem Absitzen wurde die Lösung durch einen Faltenfilter filtriert. Sie filtrierte sehr langsam; erst nach 5 Stunden konnten 100 cm³ Filtrat gesammelt werden. Das Filtrat war gegen Lackmus schwach, aber deutlich alkalisch. 100 cm³ desselben wurden in einen 200 cm³-Meßkolben gebracht, 20 cm³ Salpetersäure vom sp. G. 1·2 zugegeben und mit Wasser bis zur Marke aufgefüllt. Es entstand ein sehr reichlicher, weißer, flockiger Niederschlag. In Proben der davon abfiltrierten Lösung wurde anorganische Phosphorsäure unter dreifacher Fällung bestimmt; die Bestimmung ergab (auf Weizenkleie berechnet):

$$\left. \begin{array}{l} 0\cdot27 \\ 0\cdot27 \end{array} \right\} \text{ im Mittel } 0\cdot27\% \text{ anorganische } P_2O_5.$$

In einem weiteren in genau gleicher Weise ausgeführten Versuche wurden gefunden:

$$\left. \begin{array}{l} 0\cdot26 \\ 0\cdot25 \end{array} \right\} \text{ im Mittel } 0\cdot26\% \text{ anorganische } P_2O_5.$$

Es wurde schließlich versucht, die Extraktion mit schwächer alkalischer Lösung durchzuführen, und zwar mit 0·02%-iger Kaliumhydratlösung. Die Bedingungen des Versuchs waren sonst den oben beschriebenen genau entsprechend. Der Auszug war in diesem Fall gegen Lackmus durchaus neutral; er filtrierte bedeutend schneller als die vorigen und gab mit Salpetersäure eine weniger reichliche Fällung. Die Bestimmung der anorganischen Phosphorsäure ergab:

$$\left. \begin{array}{l} 0\cdot56 \\ 0\cdot56 \end{array} \right\} \text{ im Mittel } 0\cdot56\% \text{ anorganische } P_2O_5.$$

Stellen wir die Ergebnisse dieser Versuche mit den Bestimmungen anorganischer Phosphorsäure in wässrigen und essigsauren

Auszügen aus der gleichen Kleie (— die entsprechenden Versuche sind weiter unten angeführt —) zusammen, so bekommen wir folgende Resultate:

TABELLE III.

Extraktionsflüssigkeit:	Anorganische P_2O_5 in % der Kleie:
Destilliertes Wasser	0·55
0·02%-ige KOH-Lösung	0·56
0·1%-ige KOH-Lösung	0·26
0·1%-ige KOH-Lösung	0·27
1%-ige Essigsäure	0·29

Durch diese Versuche ist, wie ausdrücklich hervorgehoben werden muß, die merkwürdige Tatsache, daß manche Pflanzensamen mehr anorganische Phosphorsäure an Wasser als an verdünnte Säuren abgeben, nicht aufgeklärt worden. Diese Versuche werfen nur einiges Licht auf folgende Punkte:

Erstens beweisen sie, daß eine Abspaltung von anorganischer Phosphorsäure aus Eiweißkörpern keine Rolle bei dem Mehrgehalt der wässerigen Auszüge spielen kann. Dies folgt deutlich aus der ganzen Versuchsanordnung, wobei ja jede Spaltung von phosphorhaltigen Eiweißkörpern von vornherein vermieden wurde.

Zweitens konnte festgestellt werden, daß die essigsäuren Auszüge keine Substanzen in Lösung enthalten, welche die Fällung der anorganischen Phosphorsäure verhindern könnten.

Drittens schließlich konnte gezeigt werden, daß alkalische Auszüge ebenso viel anorganische Phosphorsäure enthalten wie die essigsäuren, also bedeutend weniger als die wässerigen.

Wollte man auf Grund obiger Tatsachen, die zunächst nur für das Weizenkorn bzw. Weizenkleie direkte Geltung haben, irgend welche Vermutungen über die nähere Natur des Zusammenhanges aufstellen, so würde wohl folgende Erklärung am wahrscheinlichsten sein:

Es treten im Weizenkorn phosphorhaltige Substanzen von nicht eiweißartiger Natur auf, welche bei Gegenwart von Wasser eine Spaltung unter Befreiung anorganischer Phosphorsäure erleiden. Bei Gegenwart von freier Säure oder freiem Alkali sind die genannten Substanzen dagegen beständig, und es tritt keine Spaltung ein. Für die alkalische Lösung läßt sich sogar die Minimalkon-

zentration angeben, welche nötig ist, um die Spaltung hintanzuhalten: bei 0·02%-iger KOH tritt Spaltung ein, bei 0·1%-iger dagegen ist sie nicht zu konstatieren.

Über die nähere chemische Natur der vermutlichen Substanzen läßt sich auf Grund obiger Versuche gar nichts aussagen. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß im Pflanzenmaterial phosphorhaltige Substanzen von unbekanntem Eigenschaften enthalten sind. Die in verdünnten Säuren löslichen phosphorhaltigen Verbindungen, gewöhnlich als Phytinkörper bezeichnet, sind sicher nicht einheitlich; es mag hier als Beispiel die jüngst von Anderson (3) aus Weizenkleie isolierte Inosit-Monophosphorsäure angeführt werden.

Daß die Zunahme der anorganischen Phosphorsäure in wässrigen Auszügen in der Tat auf Kosten der löslichen organischen P-Verbindungen erfolgt, mögen die Ergebnisse einiger Versuche beweisen, die ebenfalls mit Weizenkleie ausgeführt worden sind. Es sollte hier untersucht werden, wie sich die phosphorhaltigen Substanzen der Weizenkleie bei Wiederholung der Extraktion mit verdünnter Essigsäure bzw. Wasser verhalten. Das hierbei eingeschlagene Verfahren war das folgende: 50 g lufttrockene Kleie wurden mit 500 cm³ 1%-iger Essigsäure bzw. Wasser 45 Minuten unter fortwährendem Rühren ausgezogen. Nach Schluß der Extraktion wurde das Gefäß auf einer Wage genau tariert und der Extrakt auf ein Coliertuch gegossen. Der colierte Auszug wurde sodann durch einen Faltenfilter filtriert und zu Bestimmungen der anorganischen sowie der gesamten löslichen Phosphorsäure in üblicher Weise verwendet. Der ausgezogene Rückstand wurde im Coliertuch stark ausgepreßt, möglichst quantitativ in das Extraktionsgefäß gebracht und mit 1%-iger Essigsäure bzw. Wasser bis zur Tara aufgefüllt. Es wurden hierzu 470—480 cm³, im Mittel 475 cm³ Flüssigkeit verbraucht; es blieben somit im Rückstand im Mittel etwa 25 cm³ des ersten Extraktes zurück. Hierauf wurde in üblicher Weise 45 Minuten lang extrahiert und der zweite Auszug auf anorganische und gesamte lösliche Phosphorsäure untersucht. In einigen Versuchen wurde die ganze Operation in der gleichen Weise nochmals wiederholt und somit drei bzw. vier aufeinanderfolgende Auszüge aus gleichem Ausgangsmaterial gewonnen.

Folgende Zusammenstellung gibt den direkt gefundenen Gehalt an anorganischer, gesamter löslicher und Phytin-Phosphorsäure in je 50 cm³ der verschiedenen Auszüge in Gramm:

TABELLE IV.

Versuch I.

		Gesamte P ₂ O ₅	Mittel	Anorg. P ₂ O ₅	Mittel	Phytin- P ₂ O ₅
Essigsaurer Auszug	I	0·0812	0·0817	0·0143	0·0144	0·0673
		0·0821		0·0145		
Wässriger Auszug	II	0·0119	0·0118	0·0070	0·0070	0·0048
		0·0116		0·0069		

Versuch II.

Essigsaurer Auszug	I		direkt nicht bestimmt.			
Essigsaurer Auszug	II	0·0055	0·0055	0·0038	0·0038	0·0017
		0·0055		0·0038		
Wässriger Auszug	III	0·0038	0·0038	0·0029	0·0029	0·0009
		0·0038		0·0029		

Versuch III.

Wässriger Auszug	I	0·0404	0·0407	0·0256	0·0256	0·0151
		0·0409		0·0256		
Essigsaurer Auszug	II	0·0464	0·0467	0·0092	0·0091	0·0376
		0·0470		0·0090		

Versuch IV.

Wässriger Auszug	I		direkt nicht bestimmt.			
Wässriger Auszug	II	0·0173	0·0173	0·0095	0·0096	0·0077
		0·0173		0·0096		
Wässriger Auszug	III	0·0148	0·0149	0·0075	0·0075	0·0074
		0·0150		0·0075		
Essigsaurer Auszug	IV	0·0182	0·0183	0·0057	0·0057	0·0126
		0·0183		0·0057		

Da, wie oben bemerkt, nach jeder Extraktion in dem ausgepressten Rückstand etwa 25 cm³ des ursprünglichen Auszuges zurückgeblieben sind, so müssen wir die entsprechenden Mengen der Phosphorsäure in Abzug bringen, um die Menge der bei der dar-

auffolgenden Extraktion wirklich gelösten Phosphorsäure zu erfahren. Folgende Zusammenstellung bringt die auf diese Weise korrigierten Mittelzahlen, wobei für die nicht direkt untersuchten Auszüge Zahlen aus Parallelversuchen eingestellt worden sind:

TABELLE V.

Versuch I.

	Gesamte P_2O_5	Anorgan. P_2O_5	Phytin- P_2O_5
Essigsaurer Auszug I	0·0817	0·0144	0·0673
Wässriger Auszug II	<u>0·0077</u>	<u>0·0063</u>	<u>0·0014</u>
Zusammen	0·0894	0·0207	0·0687

Versuch II.

Essigsaurer Auszug I	0·0817	0·0144	0·0673
„ „ II	0·0014	0·0031	—0·0017
Wässriger „ III	<u>0·0035</u>	<u>0·0027</u>	<u>0·0008</u>
Zusammen	0·0866	0·0202	0·0664

Versuch III.

Wässriger Auszug I	0·0407	0·0256	0·0151
Essigsaurer „ II	<u>0·0447</u>	<u>0·0078</u>	<u>0·0368</u>
Zusammen	0·0854	0·0334	0·0519

Versuch IV.

Wässriger Auszug I	0·0407	0·0256	0·0151
„ „ II	0·0153	0·0083	0·0069
„ „ III	0·0140	0·0070	0·0070
Essigsaurer „ IV	<u>0·0175</u>	<u>0·0053</u>	<u>0·0122</u>
Zusammen	0·0875	0·0462	0·0412

Von den in der obigen Tabelle zusammengestellten Resultaten seien nur folgende hervorgehoben:

Vor allem ersieht man deutlich, daß die Phytin-Phosphorsäure von der verdünnten Essigsäure nahezu quantitativ ausgezogen wird.

Bei nochmaliger Extraktion des Rückstandes mit Wasser gehen kaum Spuren organischer Phosphorsäure in Lösung; für den zweiten essigsäuren Extrakt ist die betreffende Zahl sogar negativ; dies läßt sich nur auf diese Weise erklären, daß diejenige Phytin-Phosphorsäure, welche in den 25 cm³ des ersten Auszuges in dem ausgepreßten Rückstand von der ersten Extraktion zurückgeblieben ist, eine Umwandlung in anorganische Phosphorsäure erlitten hat; auch hier handelt es sich übrigens bloß um Spuren. In Wasser scheint die Phytin-Phosphorsäure, wie der Versuch IV zeigt, langsam in Lösung zu gehen; bei Wiederholung der Extraktion werden stets neue Mengen in Lösung gebracht.

Für die Frage, warum die Weizenkleie mehr anorganische Phosphorsäure an Wasser als an verdünnte Essigsäure abgibt, ist der Vergleich zwischen den Versuchen I und III lehrreich. In beiden Fällen wurde die Kleie der gleichen Behandlung unterworfen, nur in umgekehrter Reihenfolge: im Versuch I wurde zunächst mit Essigsäure und dann mit Wasser, im Versuch III im Gegenteil zunächst mit Wasser und erst dann mit Essigsäure extrahiert. Vergleichen wir die Summe der bei beiden Extraktionen gelösten Gesamt-Phosphorsäure, auf 50 cm³ bezogen, so sehen wir, daß sie in beiden Versuchen fast gleich ist, nämlich im Versuch I 0·0894 g, im Versuch III 0·0854 g beträgt. Diese Summe verteilt sich aber in den beiden Versuchen ungleich auf anorganische und Phytin-Phosphorsäure: im Versuch I wurden 0·0207 g anorganische und 0·0687 g Phytin-Phosphorsäure gefunden, im Versuch III sind die betreffenden Zahlen 0·0334 g und 0·0519 g. Wird somit zunächst mit Wasser extrahiert, so tritt als Folge davon eine Zunahme der anorganischen und eine Abnahme der Phytin-Phosphorsäure ein. Dieses Resultat scheint für die oben ausgesprochene Annahme zu sprechen, daß die organischen phosphorhaltigen Substanzen der Weizenkleie unter Einwirkung des Wassers zum Teil eine Veränderung unter Abspaltung anorganischer Phosphorsäure erleiden.

Der Versuch IV zeigt schließlich, daß bei wiederholten Wasserextraktionen stets neue Mengen anorganischer Phosphorsäure in Lösung gehen. Diese Tatsache könnte entweder auf einer adsorptiven Bindung der Phosphate in der Weizenkleie oder aber auf allmählicher Umwandlung der Phytin-Phosphorsäure, die in Wasser nur schwer löslich ist, in anorganische Phosphorsäure beruhen. In der Tat finden wir bei dreimaliger Wasserextraktion in den

Auszügen auffallend viel anorganische und wenig Phytin-Phosphorsäure, und zwar nur 0·0409 g gegen 0·0290 g, während im Versuch I die entsprechenden Mengen 0·0207 g gegen 0·0687 g betragen.

Aus der Tabelle V ersieht man schließlich deutlich, daß die Summe der gesamten löslichen Phosphorsäure, die sich aus der gegebenen Menge Kleie durch verschiedene Kombinationen von Wasser- und Essigsäure-Extraktion ausziehen läßt, stets ungefähr die gleiche bleibt, selbst in den Fällen, wo, wie im Versuch IV, die Summe der anorganischen Phosphorsäure eine beträchtliche Zunahme aufweist. Diese Zunahme kann somit nur auf einer Abspaltung anorganischer Phosphorsäure aus löslichen phosphororganischen Verbindungen beruhen. Die oben ausgesprochene Annahme wird somit durch die Ergebnisse dieser Versuche durchaus bestätigt.

Diese Versuche liefern nur einen vorläufigen Beitrag zur Frage über die Natur der phosphorhaltigen Bestandteile des Weizenkorns; sie zeigen jedenfalls, daß die Wechselwirkungen zwischen diesen Bestandteilen und den Lösungsmitteln recht komplizierter Natur sind und nicht so einfach gedacht werden dürfen, wie es bisher meistens geschah.

Im weiteren Verlauf meiner Untersuchungen habe ich versucht, näheres über die Natur der Phosphate in einigen Pflanzenstoffen dadurch zu erfahren, daß ich die basischen Bestandteile sowohl im Ausgangsmaterial wie in wässrigen und essigsäuren Auszügen aus demselben bestimmte. Es wurden Weizen- und Roggenkleie der Untersuchung unterworfen. Die Darstellung der Asche geschah teils auf trockenem Wege (Veraschung in Platin- bzw. Quarzschalen), teils aber durch Säuregemischveraschung, sowohl in Jenaer Verbrennungskolben wie in Kolben aus durchsichtigem Quarzglas. Durch eine Reihe vergleichender Bestimmungen konnte bewiesen werden, daß die Art der Verbrennung unter gegebenen Umständen keinen Einfluß auf die Resultate hatte. Von einer vollständigen Aschenanalyse wurde in folgenden Versuchen abgesehen. Es wurde in einem Teil der Aschenlösung Kalzium und Magnesium nach dem üblichen Verfahren, in einem zweiten Kalium als überchlorsaures Salz bestimmt. Gleichzeitig wurde in besonderen Proben des Ausgangsmaterials bzw. der Auszüge die Phosphorsäure bestimmt,

und zwar in den Auszügen sowohl die gesamte, wie die anorganische Phosphorsäure. Sämtliche Phosphorbestimmungen sind doppelt ausgeführt werden; in den Tabellen stehen Mittelzahlen aus gut übereinstimmenden Einzelbestimmungen. Die Resultate sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt, wobei die Zahlen sich auf den Prozentgehalt des lufttrockenen Ausgangsmaterials beziehen.

TABELLE VI.

Weizenkleie.

%	1	2	3	4	5	Mittel
Gesamt-P ₂ O ₅	2.28	—	—	2.22	2.27	2.26
CaO	—	0.14	0.17	0.16	—	0.16
MgO	—	0.67	0.66	0.66	—	0.66
K ₂ O	—	1.24	1.25	1.24	—	1.24

TABELLE VII.

Weizenkleie. Essigsaurer Auszug.

%	1	2	3	Mittel
Gesamt-P ₂ O ₅	1.65	1.65	—	1.65
Anorganische P ₂ O ₅	—	0.30	0.27	0.29
Phytin-P ₂ O ₅	—	—	—	1.36
CaO	0.12	0.11	0.12	0.12
MgO	0.60	0.62	0.61	0.61
K ₂ O	1.19	1.14	1.09	1.14

TABELLE VIII.

Weizenkleie. Wässriger Auszug.

%	1	2	3	Mittel
Gesamt-P ₂ O ₅	0.77	0.81	0.79	0.79
Anorganische-P ₂ O ₅	0.55	—	0.54	0.55
Phytin-P ₂ O ₅	—	—	—	0.24
CaO	0.05	0.04	0.04	0.04
MgO	0.17	0.15	0.17	0.16
K ₂ O	0.74	0.76	0.73	0.74

In Tabelle IX sind die Mittelzahlen aus den obigen drei Tabellen der besseren Übersichtlichkeit wegen nebeneinander zusammengestellt.

TABELLE IX.

%	Weizenkleie	Essigsaurer Auszug	Wässriger Auszug
Gesamt-P ₂ O ₅	2.26	1.65	0.79
Anorganische P ₂ O ₅	—	0.29	0.55
Phytin-P ₂ O ₅	—	1.36	0.24
CaO	0.16	0.12	0.04
MgO	0.66	0.61	0.16
K ₂ O	1.24	1.14	0.74

Diese Ergebnisse gestatten einige Schlüsse, betreffend die Verbindungsart und Eigenschaften der Mineralbestandteile des Weizenkorns. Der Mehrgehalt der wässrigen Auszüge an anorganischer Phosphorsäure gegenüber den essigsauren sowie dessen vermutliche Ursachen wurden bereits oben ausführlich besprochen. Weiter fällt der niedrige Gehalt an anorganischer Phosphorsäure in der Weizenkleie im Vergleich zum hohen Kaligehalt auf. Wie ohne weiteres ersichtlich, kann nur ein kleiner Teil des gesamten Kaliums an Phosphorsäure gebunden sein. Da andere anorganische Säuren (Schwefel-, Salz-, Kieselsäure) in Weizenkleie in nur ganz geringer Menge vorhanden sind, wird man zu der Überzeugung geführt, daß ein bedeutender Teil des Kaliums in Form einer organischen Verbindung vorliegt. Ich hoffe für diese Auffassung in kurzer Zeit direkte Beweise erbringen zu können. Der Vergleich zwischen den basischen Bestandteilen der Kleie und denen des essigsauren Auszuges zeigt, daß die genannten Bestandteile fast vollständig in den sauren Auszug übergehen, somit an in verdünnten Säuren lösliche Körper gebunden sein müssen.

Im wässrigen Auszug finden wir neben viel Kali sowohl Kalk wie Magnesia. Da anorganische Phosphate der genannten Erdalkalimetalle in Wasser unlöslich sind, spricht diese Tatsache dafür, daß Kalk und Magnesia hier in organischer Bindung vorkommen, und zwar mit der im wässrigen Auszuge ebenfalls auftretenden Phytin-Phosphorsäure in Verbindung gebracht werden müssen. Es

wäre somit daraus zu folgern, daß entweder das „Phytin“, welches sich in verdünnter Säure total löst, auch in Wasser zum Teil löslich ist, oder aber daß einzelne Körper der „Phytin“-Gruppe wasserlöslich sind, während andere sich erst in verdünnter Säure lösen.

Ganz ähnliche Versuche habe ich auch mit Roggenkleie ausgeführt. Die Ergebnisse mögen kurz in folgenden Tabellen mitgeteilt werden.

TABELLE X.

Roggenkleie.

%	1	2	3	4	Mittel
Gesamt-P ₂ O ₅	1·98	—	—	1·96	1·97
CaO	—	0·17	0·17	—	0·17
MgO	—	0·45	0·47	—	0·46
K ₂ O	—	1·35	1·38	—	1·37

TABELLE XI.

Roggenkleie. Essigsaurer Auszug.

%	1	2	Mittel
Gesamt P ₂ O ₅	1·43	—	1·43
Anorganische P ₂ O ₅	0·74	—	0·74
Phytin-P ₂ O ₅	0·69	—	0·69
CaO	0·14	0·16	0·15
MgO	0·42	0·39	0·41
K ₂ O	1·31	1·34	1·33

TABELLE XII.

Roggenkleie. Wässriger Auszug.

%	1	2	Mittel
Gesamt-P ₂ O ₅	1·36	—	1·36
Anorganische P ₂ O ₅	1·09	—	1·09
Phytin-P ₂ O ₅	0·27	—	0·27
CaO	0·09	0·11	0·10
MgO	0·24	—	0·24
K ₂ O	1·15	1·17	1·16

TABELLE XIII.

%	Roggenkleie	Essigsaurer Auszug	Wässriger Auszug
Gesamt-P ₂ O ₅	1.97	1.43	1.36
Anorganische P ₂ O ₅	—	0.74	1.09
Phytin-P ₂ O ₅	—	0.69	0.27
CaO	0.17	0.15	0.10
MgO	0.46	0.41	0.24
K ₂ O	1.37	1.33	1.16

In diesen Versuchen wäre vor allem der noch viel stärker ausgesprochene Mehrgehalt des wässrigen Auszugs an anorganischer Phosphorsäure, dem essigsaurer Auszug gegenüber, hervorzuheben, was den früher mitgeteilten Ergebnissen am Weizen- und Roggenkorn durchaus entspricht. Im übrigen sind die Verhältnisse bei Roggenkleie denjenigen bei Weizenkleie ziemlich ähnlich.

Die obigen Untersuchungen, obgleich an tatsächlichen Ergebnissen ziemlich arm, haben doch zu einigen interessanten Fragestellungen geführt, welche weitere Bearbeitung wohl verdienen.

Durch weitere Forschung möchte ich versuchen, mehr Licht in die obwaltenden Verhältnisse zu bringen.

Literatur.

- 1) Rogoziński, Bull. de l'Ac. des Sc. de Cracovie, Sér. B, S. 87, 1915.
- 2) Neubauer und Lückner. Zeitschr. f. analyt. Chemie, Bd. 51, S. 161, 1912.
- 3) Anderson. Journ. of Biol. Chem., Bd. 18, S. 441, 1914 (nach Zentrbl. f. Biochemie, Bd. 17, S. 625, 1915).

Mieszaniec porzeczeki dwupiennej z dwupłciową. — Hybride du Groseillier dioïque et hermaphrodite.

Note

de M. **EDOUARD JANCZEWSKI** m. t.,
présentée dans la séance du 1 Mai 1916.

Depuis que les découvertes du prélat G. Mendel attirèrent l'attention du monde savant et excitèrent une juste admiration, l'étude de l'hybridité et de l'hérédité des caractères a pris un essor vraiment prodigieux. On ne peut nier, cependant, que l'état de nos connaissances relatives à ces questions est encore bien imparfait. Dans le cas d'une postérité d'hybrides, entre espèces différant entre elles au point de vue de la sexualité des fleurs, quel est celui des caractères qui est dominant? Est-ce la dioecie, la monoecie ou l'hermaphroditisme? Nous l'ignorons jusqu'à présent.

Certes, ces croisements ne réussissent que rarement, surtout lorsqu'il s'agit de combiner des espèces à caractères sexuels bien prononcés et parfaitement constants. Nous en connaissons en effet peu d'exemples. Kölreuter (1768) féconda le *Melandryum album* dioïque ♀ par le *M. viscosum* hermaphrodite ♂¹⁾; Gärtner suivit son exemple et croisa avec succès les mêmes espèces, ainsi que le *M. rubrum* dioïque ♀ avec le même *M. viscosum* ♂, ou avec le *Lychnis flos cuculi* également hermaphrodite²⁾. Tous ces produits étaient plus proches de la mère dioïque que du père, et complètement stériles. A noter que le *M. viscosum* produit quelquefois des fleurs femelles à côté des bisexuées et incline ainsi à la gynomoecie.

¹⁾ Voir à ce sujet: W. O. Focke. Die Pflanzenmischlinge, 1881, pag. 78.

²⁾ Ibid., pag. 68—70.

Germain de Saint-Pierre (1867) féconda le *Lagenaria sphaerica* dioïque ♀ par le *L. vulgaris* monoïque ♂, et éleva un hybride monoïque et en partie fertile avec le pollen des parents ou du *L. Angolensis*¹⁾.

C'est à M. Correns que nous sommes redevables d'expériences les plus nouvelles et qui correspondent à l'état actuel de la science²⁾. Il croisa le *Bryonia dioica* dioïque avec le *B. alba* monoïque dans les deux sens, et produisit des hybrides beaucoup plus proches du *B. dioica* que du *B. alba*, mais pourtant avec certains caractères intermédiaires. Ils étaient toujours stériles et, lorsque le *B. dioica* servait de mère, tous femelles; quelques sujets débutaient cependant par des inflorescences mâles avortant bientôt. La même chose arrivait dans certains pieds femelles dont le *B. alba* était la mère; les produits de ce croisement étaient moitié mâles, moitié femelles. Dans tous les cas les hybrides étaient stériles et dioïques, avec indice de monoecie.

Comme exemple d'hybrides entre plantes: dioïques et hermaphrodites, M. Correns choisit le genre *Melandryum* où, à l'exemple de Kölreuter et Gärtner, il réussit à féconder avec succès le *M. album* dioïque ♀ par le *M. viscosum* ♂, mais non pas vice-versa³⁾. Dans tous les pieds de l'hybride, le pistil semblait normal, les étamines avortées à un degré divers. Malgré leur stérilité complète, M. Correns les considère comme notoirement femelles, bien que l'hermaphroditisme du père s'y reflétait bien plus distinctement que la monoecie du *Bryonia alba* dans les hybrides des *Bryonia*. Les figures qui accompagnent le mémoire de M. Correns²⁾ nous montrent dans le *Melandryum* hybride des étamines plus ou moins longues, terminées par des anthères distinctes, quoique plus ou moins maigres et avortées, tandis que dans le *M. album* elles sont seulement indiquées par des mamelons insignifiants. A notre avis, ces hybrides sont plus proches de l'hermaphroditisme que de la dioecie, ou du moins elles sont intermédiaires, tant au point de vue morphologique que physiologique, avec les deux organes sexuels atteints de stérilité. Si les organes mâles sont en outre plus ou moins avor-

¹⁾ Voyez: Focke pag. 171.

²⁾ C. Correns. Die Bestimmung und Vererbung des Geschlechtes nach neuen Versuchen mit höheren Pflanzen, 1907.

³⁾ Correns l. c., fig. 5.

tés, il faut attribuer ce défaut tant au croisement des fleurs dont l'une est pourvue d'étamines et l'autre en est dépourvue, qu'à la plus grande faiblesse d'organes mâles que des femelles dans les hybrides,

Les *Bryonia* et *Melandryum* étant des plantes herbacées, et les espèces assez voisines, restait à savoir si des plantes arborescentes, à sexualité encore plus décidée, et différant à un plus haut degré, pouvaient être croisées, les dioïques avec les bisexuées, et quels en seraient les produits. Ayant élevé un hybride semblable, bien qu'en pied presque unique, il nous parut utile d'en donner une description détaillée suivie de sa comparaison avec les deux parents; notre désir était de répondre à la question: est-ce la dioecie ou l'hermaphroditisme qui domine dans cette plante?

(28). *Ribes berisioides* nob. ♀

(*alpinum* ♀ × *grossularia* ♂).

Arbuste inerme, faible, n'ayant pas dépassé 0.6^m en neuf ans, sujet aux attaques par le *Mytilaspis pomorum* Behé.

Scions annuels, grisâtres, minces. Bourgeons brunâtres, petits, oblongs, ne dépassant pas 5^{mm} en longueur, semblables à ceux du *R. grossularia*. Scions jeunes verts, glabres; couches touchant à l'épiderme non sclérifiées.

Feuilles petites, longues et larges jusqu'à 5^{cm}, trilobées, dentées, à base légèrement cordée, glabres, semées, dans la jeunesse, de petites glandes sessiles, incolores, surtout en dessous. Pétiole de 2^{cm} environ, bordé, vers la base, de quelques soies.

Grappes axillaires et terminales, diversement dirigées, très courtes et pauvres, n'atteignant qu'exceptionnellement 1^{cm}, composées de 2—4 fleurs, très rarement de 5. Rachis assez riche en glandes sessiles. Bractées verdâtres, oblongues ou obovales, obtuses ou subobtus, longues de 3—6^{mm}, larges de 1.5—2.5^{mm}, trinerviées, bordées de glandes sessiles et de quelques poils vers le sommet (Fig. 2 c). Pédicelles très courts, de 0.5—1.0^{mm}, semés de glandes, quelquefois lavés de rouge. Bractéoles nulles. Boutons pourprés. Floraison précoce.

Fleurs minuscules, très semblables aux fleurs femelles du *R. alpinum*, subpelviformes, presque rotacées, de 5—6^{mm} en diamètre. Sépales étalés, subobtus, presque aussi larges que longs, pâles, bordés de rouge, ciliés de quelques poils vers le sommet. Pétales pe-

tits, subflabelliformes, colorés de rouge aux ailes, aussi longs que larges, $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ de la longueur des sépales. Anthères subsessiles, maigres, vides, comme dans le *R. alpinum* ♀. Réceptacle pâle, subpelviforme, glabre, sécrétant du nectar. Style glabre, bifurqué vers



Fig. 1.

R. berisioides. Branche fleurie, réduite aux $\frac{3}{4}$ de grandeur naturelle.

le sommet. Ovaire oboval, semé parfois de quelques glandes subsessiles. Ovules en partie normales en apparence, en partie plus maigres et décidément stériles. Pollinisés par le *R. grossularia*, quelques ovaires ont un peu grossi et verdi, mais sont tous tombés dans une quinzaine de jours.

Origine. Un pied ♀ du *R. alpinum* était cultivé dans l'ancien jardin agricole, loin des pieds ♂ de cette espèce, ou d'autres du

sous-genre *Berisia*, mais à proximité des *R. grossularia*, *R. rubrum* et *R. vulgare*, sans compter d'autres, à floraison plus tardive. En 1906, nous y avons récolté quelques fruits et semé leurs graines en hiver, en serre tempérée; notre espoir d'en élever des hybrides entre espèces foncièrement différentes n'a pas été entièrement déçu. Il est vrai que, sur une douzaine de pieds élevés, il ne se trouva que deux qui différaient par le port et le feuillage, tandis que les autres ressemblaient tellement au *R. alpinum* qu'ils ne nous sem-

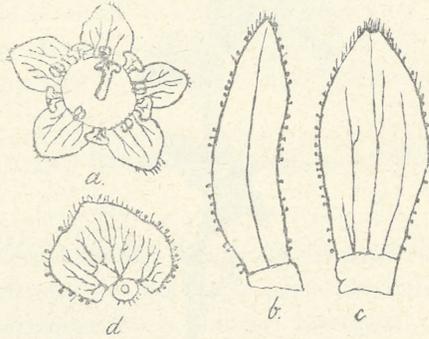


Fig. 2.

- a: *Ribes berisioides*. Fleur vue d'en haut. Gross. 6 diam.
 b: *R. alpinum*. Bractée d'une grappe femelle. Gross. 6 diam.
 c: *R. berisioides*. Bractée. Gross. 6 diam.
 d: *R. grossularia*. Bractée. Gross. 6 diam.

blaient pas dignes de culture et d'observation ultérieure. Ces deux étaient des hybrides manifestes, issus d'un père incertain au début. Leur vigueur restait bien au dessous de la normale, de branches entières périssaient, et l'un d'eux n'atteignit jusqu'aujourd'hui qu'une quinzaine de centimètres, tandis que l'autre arriva à 60^{cm} et fleurit ce printemps.

Comparaison aux parents. Nous avons d'abord soupçonné que le pollen du *R. rubrum* ou *R. vulgare* intervint dans le croisement, mais dûmes bientôt abandonner cette supposition, à cause de l'aspect des plantes plus âgées, surtout en hiver. Leurs bourgeons étaient trop semblables à ceux du *R. grossularia* pour que nous ne dussions pas lui attribuer le rôle de père dans notre hybride. D'ailleurs, on ne connaît aucun exemple de croisement entre espèces du sous-genre *Ribesia* et celles de quelque autre sous-genre, tandis que le

R. grossularia se laissa croiser avec des *Coreosma*: *R. nigrum* et *R. sanguineum*, et engendra les hybrides: *R. Culverwellii* et *R. fontenayense*¹⁾. La floraison récente de notre hybride confirma pleinement notre supposition. L'hybride diffère, par ses organes de végétation et ses grappes, tant de l'un que de l'autre des parents. Inerme comme la mère et les deux hybrides précités, il possède des bourgeons semblables à ceux du père. La grappe elle-même est presque aussi réduite que dans le père; sa direction est indéterminée, mais non verticale, caractérisant tous les *Berisia*.

La coloration, la forme, les dimensions et la durée des bractées sont intermédiaires, celles-ci ne sont plus aussi pâles et caduques que dans le *R. alpinum*, et ce qui plus est, elles reçoivent du rachis, chacune, trois nervures (Fig. 2 c) au lieu d'une seule et parfaitement indivise (Fig. 2 b). Dans le *R. grossularia*, les bractées sont vertes, larges et munies de trois nervures qui se ramifient dès leur base, en éventail (Fig. 2 d).

Quant à la fleur, c'est la mère qui y prédomine, tant dans la forme, les dimensions et la structure, que dans le sexe, distinctement femelle. On la prendrait bien pour une fleur femelle du *R. alpinum* pur (Fig. 2 a), à part quelques petits détails hérités du *R. grossularia*, d'ailleurs entièrement différent. Ainsi les quelques poils ornant le sommet des sépales et une nervation plus riche accusent une légère influence du père. En effet, dans l'hybride, les trois nervures de sépales se divisent généralement en 5—7 branches; dans le *R. alpinum*, au contraire, en 4 ou 5, par bifurcation d'une ou tout au plus de deux nervures. La même chose se répète dans les pétales dont l'unique nervure est habituellement simple dans le *R. alpinum*, trifurquée dans l'hybride.

L'origine hybride de notre *R. berisioides* est également attestée par l'état de ses organes sexuels. Les anthères stériles nous semblent encore plus maigres que dans la fleur femelle de la mère; l'ovaire apparemment normal, entièrement semblable à celui de la mère, contient des ovules dont les uns sont visiblement mauvais, les autres inféconds avec le pollen du *R. grossularia*, malgré leur apparence normale.

Si nous cherchons enfin à établir laquelle des deux espèces pré-

¹⁾ Ed. Janczewski. Monographie des Groseilliers. Mém. de la Soc. de Physique et des Sciences nat. de Genève, 1907, pag. 192, 193.

domine dans notre hybride, ou si elles y prennent une part égale, nous n'hésiterons pas à affirmer que ses organes de végétation tiennent plus ou moins le milieu entre ceux des parents, tandis que les organes de reproduction avec leur entourage immédiat — le périanthe — reflètent parfaitement l'espèce dioïque et ne laissent nullement soupçonner qu'une espèce hermaphrodite intervint dans le croisement.

Z dziedziny termodynamiki mięśni. — Zur Thermodynamik der Muskeln.

Mémoire

de **M. N. CYBULSKI** m. t.,

présenté dans la séance du 1 Mai 1916.

Einleitung.

Von allen Problemen der Muskelphysiologie bedürfen ohne Zweifel die thermischen Erscheinungen am meisten der Untersuchung; mit jedem Tage bringt die Forschung neue Tatsachen, welche zur Klärung der Entwicklungs- und chemischen Fragen, der mikroskopischen und elektrischen Veränderungen, sowohl im Zustande der Ruhe als auch der Aktion der Muskeln, beitragen; hingegen läßt die Thermodynamik, dh. die Wärmeproduktion und die quantitativen Ausdrücke derselben noch immer viel zu wünschen übrig.

Man hat schon längst und mehrfach nachgewiesen, daß die Muskeln, besonders während der Tätigkeit, ähnlich wie andere Organe Wärme produzieren. Diese Tatsache ist ohne Ausnahme an Muskeln aller warmblütigen und kaltblütigen Tiere konstatiert worden. Nicht nur speziell zu diesem Zwecke durchgeführte Experimente, sondern auch zufällige und gelegentliche Beobachtungen mit gewöhnlichen Thermometern haben erwiesen, daß sowohl während des Tetanus (der tetanischen Anfälle) als auch während intensiver, mit der Tätigkeit zahlreicher Muskelgruppen verbundener mechanischer Arbeit nicht nur die Temperatur der Muskeln selbst, sondern sogar die des ganzen Organismus manchmal um einige Grade, wie z. B. während der tetanischen Anfälle, wächst. Diese Temperaturerhöhung muß als eine Folge der gesteigerten Wärmeproduktion in den Muskeln betrachtet werden, weil bei ausgeprägter

Muskeltätigkeit und beim Fehlen sichtlicher Beteiligung anderer Organe die Wärmeproduktion in diesen Fällen auf etwas anderes als auf Muskeltätigkeit unmöglich bezogen werden kann. Andererseits hat man bereits mehrfach festgestellt, daß in allen Fällen, in welchen wir mit geringerer oder größerer Bewegungslosigkeit, Herabsetzung der Muskeltätigkeit zu tun haben, immer gleichzeitig eine Abnahme der allgemeinen Temperatur des gegebenen Tieres stattfindet. Diese Abnahme tritt besonders deutlich auf, wenn die Bewegungslosigkeit eine Folge der gänzlichen Muskellähmung, z. B. der Unterbrechung des Zusammenhanges mit dem Zentralnervensystem ist, wie beim Durchschneiden des Rückenmarks unter dem verlängerten Mark, beim Durchschneiden der Hauptstämme der peripheren Nerven, bei unvollständiger Vergiftung mit Kurare u. a. In der Tat, wenn wir die Dosis des Kurare bei subkutaner Anwendung so wählen, daß beim Versuchstiere nicht die gänzliche Lähmung auftritt und die Atmungsmuskeln ihre Aktionsfähigkeit bewahren, so kann das Tier in diesem Falle nicht nur lange am Leben erhalten bleiben, sondern es kann auch diese Vergiftung überleben und zum normalen Zustande zurückkehren. Die Untersuchung eines solchen Tieres zeigt uns jedoch, daß seine Temperatur vom ersten Momente an sinkt und sich der Umgebungstemperatur nähert. So kann bei Tauben bei solcher Vergiftung mit nicht tödlicher Kuraredosis eine Temperaturabnahme von 42° auf 27° und weniger, bei Kaninchen von 38° auf 24° und eine noch größere bei weißen Ratten beobachtet werden. Daß dieses Sinken der Körpertemperatur nicht von der Atmungsschwächung abhängt, folgt daraus, daß sie sogar durch intensivste künstliche Atmung nicht aufgehalten wird. Auf Grund dieser und einer Anzahl anderer mehr oder weniger analoger Beobachtungen hat sich die Überzeugung Bahn gebrochen, daß bei Erhaltung der Temperatur des Organismus auf einem gewissen, mehr oder weniger konstanten Niveau die erste und wichtigste Rolle dem Muskelsystem zukommt. Deshalb ist es verständlich, welche Bedeutung für die Physiologen die Erklärung der Wärmeproduktion in isolierten Muskeln besitzt und wie groß die Anzahl der Lösungsversuche dieses Problems sein muß. Es gibt in der Tat über diese Frage schon heute eine sehr umfangreiche Literatur, die sich auf eine beträchtliche Reihe von Experimentalarbeiten stützt. Doch beruhen die auf diesem Gebiet ausgeführten Arbeiten bis jetzt fast ausschließlich auf Temperaturmessun-

gen, die mit verschiedensten Apparaten und in verschiedensten Bedingungen vorgenommen worden sind. Anfangs bestimmte man die Temperatur mit Hilfe immer empfindlicherer Thermometer, dann verwendete man hiebei Thermosäulen von verschiedener Konstruktion und verschiedenster Empfindlichkeit. Die meisten Untersuchungen wurden mit Hilfe von Thermomultiplikatoren ausgeführt. Die Empfindlichkeit dieser Kombinationen wurde in der Tat sehr vervollkommenet; auf diese Weise gelang es, mehrere von diesen verwickelten und wichtigen Fragen zu erklären und eine Basis für die endgültige Lösung des Problems vorzubereiten. Alle diese Methoden bis zum Jahre 1904 sind nicht nur zusammengestellt, sondern auch beurteilt worden, und zwar in der Arbeit O. Frank's¹⁾. Es wäre also überflüssig, sich mit dieser Sache noch einmal an dieser Stelle zu beschäftigen, und ich verweise den sich für die Geschichte des Problems interessierenden Leser auf die Arbeit O. Frank's. An dieser Stelle will ich mich mit den Untersuchungen einiger Forscher nur insofern befassen, als sie in enger Beziehung zu den von mir ins Auge gefaßten Fragen stehen.

Es wurde also unstreitig die Bestimmung der Temperaturveränderungen in den Muskeln sehr vervollkommenet, und da die spezifische Wärme der Muskeln sich von derjenigen des Wassers wahrscheinlich sehr wenig unterscheidet, so ist es bis zu einem gewissen Grade möglich, auf Grund der Temperatur auch die Wärmeproduktion im Muskel unter diesen oder anderen Bedingungen zu berechnen, wie dies tatsächlich manche Verfasser getan haben. Eine solche Berechnung kann jedoch den gewünschten Grad der Genauigkeit nicht erreichen, weil diese Art der Wärmemengebestimmung eine ganze Reihe von Korrekturen erfordert, die in genauer Form leider nicht durchführbar sind. Hier erwähne ich nur einige: So z. B. sollte man bei der Bestimmung der Wärmemenge auf Grund der wahrgenommenen Temperatur auch wissen, ob und inwieferne die Temperatur der Thermosäule der wirklichen Temperatur des Muskels entspricht, weiter, ob alle Muskelteile die gleiche Temperatur erreichen und welches Verhältnis hinsichtlich der Wärmeproduktion zwischen den tätigen und den untätigen Muskelementen besteht, endlich, wie groß die Wärmeabnahme ist u. a. ä. Das schwierigste Pro-

¹⁾ Thermodynamik des Muskels, Ergebnisse d. Phys., III. 2. Abt., 1904, S. 348 - 514.

blem ist jedoch die Bestimmung des Verhältnisses der im Muskel entstehenden Wärmemenge zu der gleichzeitig ausgeführten Arbeit oder des Verhältnisses der Wärme im tätigen, gleichzeitig arbeitenden zu derjenigen in dem zwar aktiven, aber keine Arbeit ausführenden Muskel.

Um alle die angeführten Fragen zu beantworten, müßten wir eine solche Methode anwenden, die es gestattet, die ganze unter den verschiedensten Bedingungen vom Muskel produzierte Wärmemenge unmittelbar zu bestimmen.

Die einzige dahin führende Methode ist die kalorimetrische. Diese wurde jedoch bis auf die letzten Zeiten bei thermischen Untersuchungen des Muskels gar nicht angewendet.

Ich prüfte nun die verschiedenen Methoden, deren sich die Physiker zu kalorimetrischen Zwecken bedienen, und suchte nach einer, die sich den Bedingungen der Untersuchung lebendiger Muskeln anpassen und keinerlei Veränderung der Bedingungen in der äußeren Umgebung herbeiführen würde. Schon im Jahre 1890 beschäftigte ich mich mit einer Methode zur Bestimmung der Wärmemenge auf Grund der Flüssigkeitsverdampfung. Ich überzeugte mich, daß in dieser Hinsicht wegen des niedrigen Siedepunktes des Äthers ein auf Verdampfung dieses Körpers beruhendes Kalorimeter am zweckmäßigsten verwendet werden kann. Zu meinen ersten Versuchen bediente ich mich des gerade in jener Zeit beschriebenen Glaskalorimeters von Neesen¹⁾, der diesen Apparat zur Bestimmung der spezifischen Wärme in dem Falle verwendete, wenn nur kleine Quantitäten fester Körper zur Verfügung standen. Weil ich nun die Wärme in isolierten Muskeln des Frosches bestimmen wollte, so mußte ich von vornherein alle diese Bedingungen berücksichtigen, welche die verhältnismäßig geringe Empfindlichkeit des Apparates von Neesen wesentlich steigern würden, so daß man mit dessen Hilfe die Wärme anstatt in Kalorien in Mikrokalorien bestimmen könnte.

Dieser erste Apparat, welchen ich 1890 beschrieben habe²⁾, ermöglichte zwar die Bestimmung der Wärmemenge in den Muskeln sogar während einer einzigen Zuckung, er wies aber zugleich alle dieje-

¹⁾ Wiedemann's Annalen, Bd. 39, 1890, S. 131.

²⁾ Mikrokalorimeter. (Bull. de l'Acad. des Sciences de Cracovie, Décembre, 1890).

nigen Konstruktionsfehler des Neesen'schen Kalorimeters auf, welche vermieden werden mußten, wenn der Apparat bei exakten physiologischen Untersuchungen Anwendung finden sollte. Vor allem kam ich zu der Überzeugung, daß der Muskel, also die Wärmequelle, sich nicht in Glas, sondern in einem dünnen Metallröhrchen oder Gefäße befinden muß, damit möglichst wenig Wärme zur Erwärmung des Gefäßes selber verbraucht werde; ferner, daß das Gefäß, bezw die Röhre in das Glasgefäß eingeschmolzen sein soll, daß der Apparat ein differentieller, daß die Kapillarröhre viel enger sein muß als im Neesen'schen Apparate (anstatt 2 mm höchstens 0·8—0·6 mm im Durchmesser), daß in solchen miteinander verbundenen Gefäßen weder Luft noch Wasserdampfspuren enthalten sein dürfen und daß der Äther höchstens nur den dritten Teil des Rauminhaltes einnimmt. Das Probemikrokalorimeter erwies sich in dieser Gestalt im Vergleich mit dem Apparat von Neesen in der Tat als viel empfindlicher, doch war es dabei in hohem Grade gegen die Einflüsse der Umgebung empfindlich. Um in dieser Hinsicht wenigstens bis zu einem gewissen Grade den Apparat unabhängig zu machen, mußten beide Glasgefäße mit den in dieselben eingeschmolzenen Platinröhren in einen geschlossenen, mit Luft erfüllten Raum gebracht werden. Diese zweite Konstruktion meines Mikrokalorimeters, mit welchem ich schon eine Reihe von Experimenten durchführen konnte, stellte ich dem XI. Internationalen Ärztekongresse in Rom¹⁾ 1894 und dem Physiologenkongresse in Wien 1910 vor. Während der Kriegszeit ist es mir gelungen, alle diese Aufgaben zu lösen, welche im Laufe der Jahre während der Untersuchung der Wärmeproduktion in den Muskeln mit Hilfe des vorher konstruierten Apparates auftauchten.

Jetzt beschreibe ich die neueste Konstruktion des Apparates dieser Art, welcher nach meiner Erfahrung mit großem Nutzen nicht nur zur Untersuchung des Muskels, sondern auch aller derjenigen Erscheinungen und Tatsachen verwendet werden kann, welche mit Wärmeproduktion verbunden und auf anderem Wege nicht zu erforschen sind.

¹⁾ Atti del XI Congresso medico internazionale Roma, 1894, Bd. II, S. 231.

I.

Das Mikrokalorimeter.

Eine Platinröhre *A* (Fig. 1) von 7 bis 8 mm Durchmesser und 45—50 mm Länge ist in eine Glasröhre *B* auf diese Weise eingelötet, daß die beiden Enden der Platinröhre *a b* in den schmälern Endteilen der um 6—8 mm beiderseits längeren Glasröhre endigen.

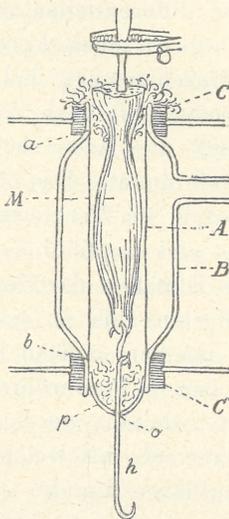


Fig. 1.

Die Platinröhre *A* ist in eine Glasröhre *B* eingelötet; *C C* Gummistöpsel.

Die Glasröhre *B* (Fig. 2) bleibt mit einer ebensolchen Glasröhre *B*₁, die ebenfalls mit einer Platinröhre auf gleiche Weise versehen ist, durch eine 300 mm lange und 0,6—0,8 mm breite Kapillarröhre *c* verbunden.

Die Glasröhren *B*, *B*₁ sind mit Seitenröhren *D*, *D*₁ versehen (Fig. 2), welche zur Füllung des Apparates mit Äther dienen. Nachdem durch Verbindung der Röhren *D*, *D*₁ mit einem luftleeren Raume und durch leichte Erwärmung aller Bestandteile (*A*, *A*₁, *B*, *B*₁, *c*) in Wasser (auf 30°) die eingeführte Äthermenge auf $\frac{1}{3}$ vermindert und die beiden Röhren *D*, *D*₁ zugelötet worden sind, stellen wir den ganzen Apparat, welcher das eigentliche Kalorimeter darstellt, in eine weite Glasröhre *C* und befestigen ihn durch Gummistöpsel.

Das Kalorimeter wird auf diese Weise nicht nur vor äußeren, unmittelbaren Einflüssen geschützt, sondern auch, indem die Röhre *C* anstatt

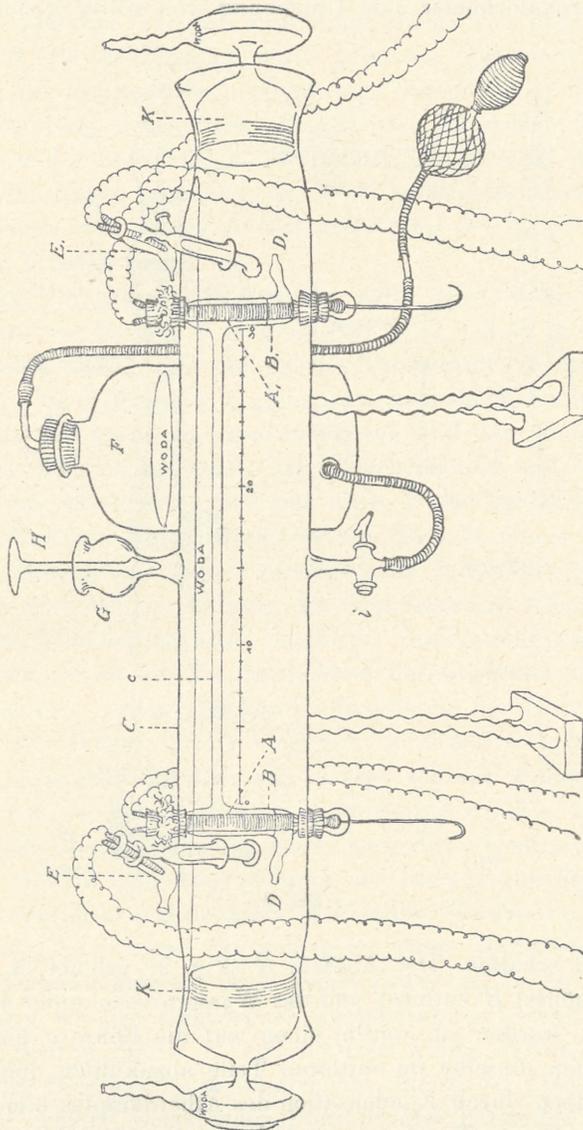


Fig. 2.
(Woda : Wasser).

mit Luft mit Wasser aus dem Gefäße *F* durch den Hahn *i* gefüllt wird, mit Wasser von derjenigen Temperatur umgeben, in welcher

das Experiment durchgeführt werden soll. Mit Hilfe einer speziellen Mischvorrichtung *E* (Fig. 3) sind wir imstande, das Wasser von Zeit zu Zeit gut umzurühren und auf diese Weise für das ganze Mikrokalorimeter eine Umgebung von völlig gleicher Tem-

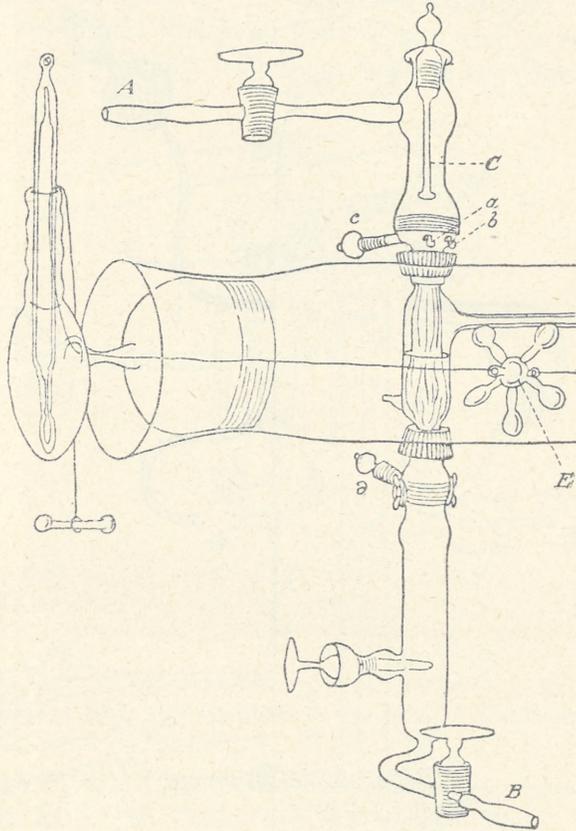


Fig. 3.

peratur zu erhalten. Der Aufsatz *G* (Fig. 2) erlaubt es, nachdem der Glasstöpsel *H* entfernt und das Wasserniveau unter die Röhre *c* erniedrigt worden ist, durch einen auf die Röhre *c* eingeführten Äthertropfen dieselbe im mittleren Teile abzukühlen und im Inneren derselben durch Kondensation des Ätherdampfes einen Tropfen zu bilden. Dieser Tropfen ermöglicht dann während des Versuches die Beurteilung, welches von den Gefäßen des Mikrokalorimeters sich erwärmt. Nachdem der Tropfen hinreichend lang (ca. 2 mm)

geworden ist, wird die Röhre *C* von neuem mit Wasser gefüllt, und der Apparat kann nun zum Experimentieren benutzt werden.

Sobald die Röhre *C* eine gleichmäßige Temperatur annimmt und der gebildete Tropfen sich nicht mehr hin- und herbewegt, verursacht die Einführung eines gewissen Quantum Wärme in eine von den Platinröhren sogleich eine Verschiebung des Tropfens in der Richtung der anderen Platinröhre. Je größer die Wärmebildung in der betreffenden Platinröhre ist, je mehr sie vor Verlusten nach außen geschützt ist, desto größer wird natürlich die Verschiebung sein. Bleibt die Wärmebildung aus, so verschiebt sich auch der Tropfen nicht.

In den Versuchen mit Muskeln wird selbstverständlich in die Platinröhre der Muskel *M* eingeführt (Fig. 1). Um in beiden Röhren in möglichst kurzer Zeit die gleiche Temperatur zu erreichen, ist es ratsam, zwei Muskeln zugleich zu nehmen und entweder nur mit einem von ihnen zu experimentieren und den anderen, sozusagen, als Zeugen zu lassen, oder nacheinander auf einmal zwei Experimente auszuführen und auf diese Weise die Möglichkeit einer gegenseitigen Vergleichung zweier Muskeln eines und desselben Individuums oder zweier verschiedener Individuen zu erlangen.

Wenn man bei der Füllung des Apparates mit Äther im Raum über demselben den höchsten möglichen Verdünnungsgrad der Luft erreicht hat, so ist die Empfindlichkeit des Apparates so groß, daß trotz scheinbar völlig gleicher Bedingungen der Umgebung und trotzdem das Wasser fleißig umgerührt wird und man lange genug wartet u. s. w., der Tropfen nur in sehr seltenen Fällen zur Ruhe kommt. Um in dieser Hinsicht unabhängig zu sein und Zeit zu sparen, war die Einführung einer speziellen Einrichtung unumgänglich, welche eine Ausgleichung der Temperaturdifferenzen beider Teile des Mikrokalorimeters, d. h. beider Gefäße erlaubte. Diese Einrichtung bezeichnete ich, analog zu einer ähnlichen bei elektrischen Untersuchungen, als *Kompensation*, da ich dieses Ziel ganz analog wie bei elektrischen Kompensatoren erreichte (Fig. 4). In beide Röhren führte ich ständig zwei kleine Widerstände *o* ein, die aus der Schlinge eines dünnen, im Innern der Platinröhren an der Wand isoliert verlaufenden Platindrahtes bestanden. Diese Widerstände stehen in Verbindung mit dem Rheochord *R* (Kontakte *c d*) mit Hilfe entsprechender Schlüssel *K, K, K₀ K₀* und des Polkommütators *P* ohne Kreuzung. Das Rheochord ist einerseits durch die

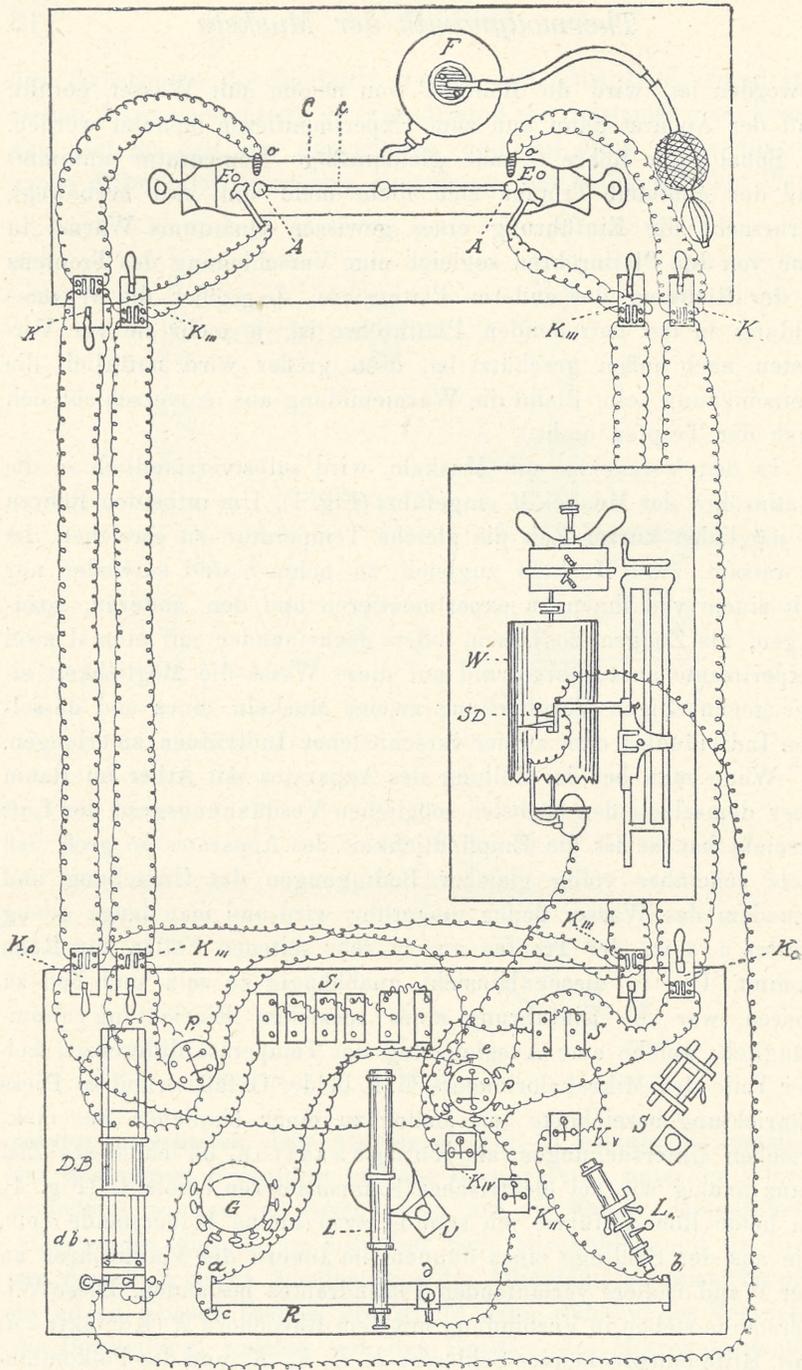


Fig. 4.

Kontakte a , b und den Schlüssel K_V mit der Akkumulatorenbatterie S_I , anderseits durch die Kontakte $c d$ mit dem Milliampèremeter G und dem Kommutator P in dessen mittlerem Punkte $e f$ verbunden. Diese letzte Verbindung hat ihren eigenen Schlüssel K_{II} . Wenn also nach der Einführung der unten und oben mit einer Eiderdunenschicht umgebenen Muskeln nach einigen Minuten das Wärmegleichgewicht beider Gefäße nicht eintritt, schließen wir den Schlüssel K_{II} und entfernen den verschiebbaren Kontakt d vom Punkte a so lange, bis die Stromintensität so weit wächst, daß die durch den kompensierenden Widerstand hervorgerufene Erwärmung des kälteren Ge-

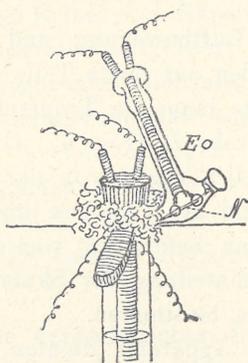


Fig. 5.

fäßes, welches durch P mit dem Rheochord R verbunden bleibt, das Gleichgewicht herbeiführt. Tritt das Gleichgewicht ein und bleibt der Tropfen eine Zeitlang in Ruhe, so können wir mit dem eigentlichen Versuch beginnen.

Wenn wir die Tätigkeit der aktiven Muskeln oder den Einfluß der Belastung untersuchen wollen, befestigen wir an das untere Ende des Muskels ein Häkchen h (Fig. 1), welches ohne große Reibung durch die Öffnung o in einem speziellen, gläsernen Ansatz p hindurchläuft. Zur Reizung des Muskels (gewöhnlich durch Nerven) verwendete ich Elektroden von Ostroumoff Eo , Eo (Fig. 4), in welche ich außerhalb des Mikrokalorimeters den Muskelnerven einführte; der Muskel selbst befand sich in der Platinröhre.

Um ein Austrocknen des Nerven zu vermeiden, wurden die Ostroumoff'schen Elektroden Eo (Fig. 5) so angebracht, daß sie mit dem einen Ende diesen Teil des Schenkels berührten, von wel-

chem sich der Nerv über der Platinröhre abzweigte; der Nerv *N* lag in der Elektrode auf Platindrähten und das äußere Ende der Elektrode war mit feuchter Watte verstopft. Diese Elektroden waren mit Hilfe der Schlüssel *K_{III}* (Fig. 4) und des Kommutators *P_I* mit der zweiten Spule des du Bois-Reymond'schen Induktionsapparates *DB* verbunden. Um die Dauer oder den Augenblick des Reizes bestimmen zu können, war die erste Induktionsspule *db* mit der Batterie *S_I* und mit dem Deprez-Signal *SD* verbunden, welcher auf einem Zylinder *W* die Schwingungen des Hämmerchens der Spule aufschrieb oder die einzelnen Kontraktionen notierte.

Um womöglich die Luftbewegung und den ungleichmäßigen Einfluß der Untersuchenden auf beide Teile des Mikrokalorimeters zu vermeiden, beobachtete man die Tropfenbewegung in der Kapillare *c* durch ein Fernrohr *L* (Fig. 4). Die Einrichtung *U* gestattete die Drehung des Fernrohrs in der Weise, daß sich der eine oder der andere Rand des Tropfens immer auf der Linie des Haares im Fernrohrokular befand; so war es nun mit Hilfe des Fernrohrs möglich, die Einteilung der Skala genau abzulesen und die Lage des Tropfens zu bestimmen.

Zur Kalibrierung des Apparates dienten zwei spezielle Widerstände, die in den das obere Ende der Platinröhren verschließenden Stöpseln befestigt waren. Die Kalibrierung führte ich vor jedem Versuche durch. Diese Vorsichtsmaßregel war deshalb unentbehrlich, weil, wie es sich im Laufe der Experimente herausstellte und ich auch bis zu einem gewissen Grade vorausgesehen hatte, die Empfindlichkeit des Apparates von der Temperatur, in welcher experimentiert wird, abhängig ist. Die Kalibrierung des Apparates erfolgte auf folgende Weise: in beide Gefäße des Kalorimeters setzte ich die Kalibrierungswiderstände ein; nun wurden die Platinröhren oben durch Stöpsel geschlossen, von außen und unter dem Stöpsel mit Eiderdunen belegt und auf dieselbe Weise auch die untere Öffnung geschlossen. Nach einiger, zum Temperatúrausgleich beider Gefäße hinreichender Zeit bildete ich den Tropfen und hielt ihn mit Hilfe der Kompensationseinrichtung auf einer Stelle fest. Blieb der Tropfen einige Minuten lang unbeweglich, so schloß ich den Strom von einer gewissen Intensität durch einen Widerstand auf gewisse Zeit. Diese Zeit bestimmte ich entweder direkt mit Hilfe eines Handchronometers, wenn es sich um einige Sekunden han-

delte, oder ich schrieb sie auf einer Trommel auf, welche den Strom auf gewisse Zeit, wenn dieselbe verhältnismäßig kurz war, automatisch schloß. Die Verschiebung des Tropfens wurde, wie oben erwähnt, mit Hilfe eines Fernrohrs abgelesen.

Um die Eigenschaften meines Apparates genau kennen zu lernen, machte ich eine lange Reihe von Versuchen mit konstanter Wärmequelle in der Form eines durch die eben erwähnten Widerstände hindurchfließenden Stromes und untersuchte die Verschiebung des Tropfens hinsichtlich: 1) des Einflusses verschiedener Wärmemengen, und 2) der Zeit der Wirkung einer bestimmten konstanten Wärmequelle, also im gegebenen Falle der Elektrizität. Obwohl ich eine lange Reihe von Experimenten dieser Kategorie mit verschiedenen Apparaten ausgeführt habe, waren die Resultate immer analog; ich beschränke mich also auf Angabe einiger Beispiele, die zur Charakterisierung des Apparates vollständig genügen und zugleich das Verfahren zeigen, bei welchem die mit Hilfe dieses Apparates erhaltenen Resultate als genügend exakt betrachtet werden können; jedenfalls stehen sie der Wirklichkeit viel näher als alle bisher mit Hilfe anderer Apparate erhaltenen Werte.

A) Experimente mit veränderlicher Stromintensität und konstanter Schließungsdauer.

Experiment I.

Kalorimeter N. 14. Zimmer- und Wassertemperatur 15°. In die linke Röhre wurde ein Widerstand von 13·593, in die rechte von 13·183 Ohm eingeführt. Der Strom wurde mit der Hand auf 4'' geschlossen und die Zeit mit dem Chronometer bestimmt.

Linker Widerstand				
Stromintensität	0·02	0·03	0·04	0·05
Mittlere Tropfenverschiebung aus zwei Versuchen	7	15	27·5	43·25
Rechter Widerstand				
Stromintensität	0·02	0·03	0·04	0·05
Mittlere Tropfenverschiebung aus zwei Versuchen	7	14·5	27·75	42·50

Die Menge der produzierten Wärme wurde in allen diesen Fällen auf Grund der Formel:

$$C = i^2 \cdot W \cdot 0 \cdot 24 \cdot t$$

berechnet; sie betrug im linken Gefaße:

Stromintensität	0·02	0·03	0·04	0·05
Mikrokalorien	5·219	11·74	20·87	32·62

im rechten Gefaße:

Stromintensität	0·02	0·03	0·04	0·05
Mikrokalorien	5·062	11·390	20·248	31·639

Dividieren wir die erhaltenen Wärmemengen durch entsprechende Zahlen, welche die Verschiebung des Tropfens darstellen, so bekommen wir die Wärmemenge, welche die Verschiebung des Tropfens um 1 mm bewirkt, also einen Koeffizienten, welchen ich als „Empfindlichkeit“ bezeichnet habe. In diesem Versuche haben wir folgende Empfindlichkeit:

für die linke Röhre:

Stromintensität	0·02	0·03	0·04	0·05
Empfindlichkeit	0·75	0·78	0·75	0·75

mittlere Empfindlichkeit = 0·76,

für die rechte:

Stromintensität	0·02	0·03	0·04	0·05
Empfindlichkeit	0·72	0·78	0·72	0·74

mittlere Empfindlichkeit = 0·74.

Die auf diese Weise berechnete Empfindlichkeit ist eigentlich ein reziproker Wert der wirklichen, weil die erhaltenen Zahlen bei gleichen Wärmemengen desto größer sind, je kleiner die Verschiebung. Diese Art der Berechnung habe ich einzig und allein deshalb gewählt, weil sie bequemer ist als diejenige mit Hilfe der Zahl, welche angibt, um wieviel Millimeter sich der Tropfen bei der Wirkung einer Mikrokalorie verschiebt; im ersteren Fall kommen nämlich Multiplikationen, im letzteren Divisionen vor. Für diese zweite Zahl erhalten wir auf Grund des bereits angeführten Versuches folgende Werte:

für das linke Gefäß	1·34	1·27	1·31	1·32
„ „ rechte „	1·38	1·27	1·36	1·34

die mittlere für das linke = 1·31,

„ „ „ „ rechte = 1·33.

Beim Ausmessen einer gegebenen Wärmemenge würde man bei Anwendung der einen oder der anderen Rechnungsweise selbstverständlich identische Resultate erhalten, wenn die Koeffizienten genau und nicht infolge von Abrundung mit einem geringen Fehler

behaftete Werte darstellen würden. Wenn für eine und dieselbe Wärmemenge bei verschiedenen Experimenten nicht ganz übereinstimmende Werte erhalten werden, so müssen die Unterschiede von Beobachtungsfehlern oder auch von gewissen Mängeln des Apparates herrühren. So betrug z. B. die Verschiebung des Äthertropfens nach Einwirkung eines Stromes von 0·03 Amp. während 4'' bei Anwendung des linken Widerstandes 15 mm, bei der des rechten 14·5 mm. Dies gibt beim Multiplizieren mit 0·76 bzw. 0·74:

für das linke Gefäß 11·30, für das rechte 10·63 Mikrokalorien, beim Dividieren durch 1·31, bzw. 1·34:

für das linke Gefäß 11·44, für das rechte 10·90 Mikrokalorien.

Die wirklich produzierte Wärmemenge betrug aber in diesem Falle:

in dem linken Gefäß 11·74, in dem rechten 11·39.

Wie man sieht, unterscheiden sich die berechneten Wärmemengen sehr wenig voneinander und stehen den wirklichen sehr nahe¹⁾.

Experiment II.

Kalorimeter N. 14. Zimmer- und Wassertemperatur 17·5°; in die linke Röhre wurde der linke Widerstand von 13·246 Ohm eingeführt, die rechte Röhre wurde mit Flaum oben und unten verstopft. Der Strom wurde mit der Hand auf 5'' geschlossen.

¹⁾ Im XV. Bd. der „Ergebnisse der Physiologie“ (1916), welchen ich zu meinem großen Bedauern schon nach Vollendung dieser Arbeit und ihrer Vorlegung in der Akademie der Wissenschaften in Krakau erhalten habe, nimmt A. V. Hill von vornherein, ohne irgend welche Experimente an, daß mein Kalorimeter, ähnlich wie dasjenige von Blix, wegen beträchtlicher Wärmeverluste nicht imstande sei, exakte Resultate zu geben. Der angeführte Versuch widerspricht gänzlich dieser Annahme, und eine ganze Reihe von anderen Experimenten, welche mit diesem Kalorimeter ausgeführt wurden, haben mich überzeugt, daß die Wärmeverluste, welche darin vorkommen, die Genauigkeit der Resultate nicht wesentlich beeinträchtigen. Die Vorteile, welche mein Apparat bietet, beruhen darauf, 1) daß der Temperaturunterschied in meinem Kalorimeter und in der Umgebung in der Regel sehr gering ist, jedenfalls aber unvergleichlich geringer als im Hill'schen Apparate, 2) daß nicht die ganze Wärme, wie ich schon erwähnt habe, zur Erwärmung des Gefäßes und des darin enthaltenen Äthers, sondern teilweise zur Ätherverdampfung verbraucht wird, 3) daß ich die Wärmebestimmung auf Grund der empirischen Bestimmung der Empfindlichkeit vornahm, und zwar selbstverständlich womöglich bei gleichen Bedingungen, wie später, wenn das Kalorimeter zur Beurteilung anderer Wärmequellen verwendet wurde.

Stromintensität	0·01	0·015	0·017	0·021	0·0225	0·0238	0·025
Mittlere Verschiebung des Tropfens aus zwei Beobachtungen	2·5	6	7·5	11·5	13	14·5	16·25
Wärmemenge in Mikrokalorien	1·58	3·57	4·59	7	8·04	9	9·93
Empfindlichkeit	0·63	0·59	0·61	0·60	0·61	0·62	0·61
Mittlere Empfindlichkeit = 0·61.							

Experiment III.

Kalor. N. 10. Zimmer- und Wassertemperatur 15°; der Strom wurde auf 5'' geschlossen; im linken Gefäß ein Widerstand von 1·36 Ohm, das rechte Gefäß durch den zweiten Widerstand geschlossen.

Stromintensität	0·030	0·052	0·060	0·072	0·084	0·089	0·094
Verschiebung	2	6	8·5	11	16	19	20
Wärmemenge	1·46	4·46	5·87	8·46	11·515	12·92	14·42
Empfindlichkeit	0·73	0·73	0·69	0·77	0·72	0·68	0·72

Mittlere Empfindlichkeit = 0·72 Mikrokalorien.

Die Unterschiede der Empfindlichkeit in einzelnen Bestimmungen können von den Beobachtungsfehlern herrühren, u. zw. 1) von einer geringen Ungenauigkeit in der Bestimmung der Stromintensität, welche durch Ungenauigkeit des verwendeten Milliampèremeters bedingt wäre, 2) von kleinen, in der Zeitbestimmung direkt mit dem Chronometer unvermeidlichen Ungenauigkeiten. Diese Fehlerquelle hätte zwar durch automatisches Stromschließen und graphische Zeitbestimmung auf dem Zylinder vermieden werden können, was auch in manchen Experimenten geschah, aber diese Korrektur war, wie es scheint, von nur geringer Bedeutung. Eine strengere Untersuchung dieser Ungenauigkeit zeigte, daß ihre Hauptquelle doch wahrscheinlich im Apparate selbst zu suchen sei; es ist dies nämlich eine gewisse Differenz im Dampfdrucke des Äthers, die in beiden Gefäßen auch dann besteht, wenn der Tropfen in der Kapillare in Ruhe verharret. Das ist ein Druck, der nicht imstande ist, den Tropfen zu verschieben, und doch als Differenz bleibt und im Tropfen sozusagen eine „Tendenz“ zur Bewegung in gewisser Richtung bewirkt. Dies kann leicht nachgewiesen wer-

den. Wenn der Äthertropfen aufhört sich zu verschieben, so könnte man selbstverständlich annehmen, daß der Druck in beiden Gefäßen gleich ist; wenn wir aber mit Hilfe eines schwachen Stromes das eine oder das andere Gefäß erwärmen, kommen wir zu einem anderen Resultat. Erwärmen wir das Gefäß, welches vorher den höheren Druck, bezw. eine etwas höhere Temperatur aufwies, so bewegt sich der Tropfen schneller über eine größere Strecke in der Richtung des anderen Gefäßes, als in dem Falle, wenn mit derselben Wärmemenge das andere Gefäß erwärmt wird. Trotz der Ruhe des Tropfens blieb also auf der einen Seite eine gewisse Tendenz zur weiteren Verschiebung übrig, welche erst dann zum Vorschein kommt, wenn sie vergrößert wird. Obwohl also während des Versuches, z. B. während des Kalibrierens des Apparates, zwischen zwei Versuchen eine gewisse Zeit verfließt, obwohl der Tropfen selbständig in den Ruhezustand übergeht oder infolge der Kompensation aufgehalten wird, bleibt doch eine gewisse Tendenz zur Bewegung in dieser oder anderer Richtung zurück, und die Nichtbeachtung derselben ist ohne Zweifel die größte Fehlerquelle. Um nun diese Fehlerquelle nach Möglichkeit einzuschränken, verfuhr ich folgendermaßen: Am Beginn der Untersuchung notierte ich zuerst die Richtung, in welcher sich der Tropfen entweder spontan oder infolge der Kompensation bewegte. Als ich, nachdem der Tropfen zur Ruhe gekommen war, zu experimentieren anfang, z. B. den Strom auf einige Zeit schloß, um eine gewisse Wärmemenge zu bilden, schloß ich ihn entweder im rechten oder im linken Gefäß, um für denselben Widerstand und dasselbe (das rechte oder das linke) Gefäß einmal die Bewegung des Tropfens in der früheren, das andere Mal in der entgegengesetzten Richtung hervorzurufen. Auf diese Weise erhalten wir unter dem Einflusse der gleichen, in gleicher Zeit wirkenden Wärmemenge zwei nicht völlig gleiche Verschiebungen, und das Mittel von diesen beiden Beobachtungen wird mit der Wirklichkeit fast zusammenfallen; bei vorsichtigem Vorgehen erhalten wir sehr kleine Empfindlichkeitsdifferenzen.

B) Experimente mit konstanter Stromintensität und veränderlicher Schließungsdauer.

In der zweiten Reihe von Versuchen, in denen ich die Kontrolle des Apparates im Auge hatte, war die Wärmequelle konstant,

dagegen die Dauer ihrer Wirkung veränderlich. Aus dieser Reihe folgte, daß die Verschiebungen des Tropfens anfangs bei kleinen Zeitdifferenzen 1'', 2'', 3'' fast der Zeit proportional sind. Wenn dagegen die Wirkung der Wärme bedeutend länger dauert: 5'', 10'', 15'' u. s. w., werden die Verschiebungen des Tropfens verhältnismäßig immer kleiner.

Wenn wir eine Reihe solcher Bestimmungen ausführen, eine Reihe von Verschiebungen des Tropfens, welche gewissen Zeitgrößen entsprechen, erhalten und die Zeiten als Abszissen, dagegen als Ordinaten die Zahlen auftragen, welche in Millimetern die Tropfenverschiebung in gegebener Zeit angeben, so erhalten wir nach entsprechender Verbindung der Punkte eine Kurve, die sich immer mehr zur Abszissenachse neigt. An dieser Kurve sehen wir, daß die Bewegung des Tropfens mit der Verlängerung der Wirkungszeit derselben Wärmequelle gleichmäßig verlangsamt wird. Am Anfange meiner Untersuchungen mit dem Mikrokalorimeter habe ich dies nicht erwartet; ich war nämlich der Meinung, daß in dem Gefäße oberhalb des Äthers der Raum völlig mit Ätherdampf gesättigt sein muß. Wenn also der Äther in einem Gefäße infolge der Erwärmung verdampft und infolge des steigenden Druckes die Verschiebung des Tropfens in der Kapillare in der Richtung des anderen Gefäßes hervorruft, so wird in diesem infolge des immer größer werdenden Druckes der Ätherdampf verflüssigt werden und deshalb wird: 1) die Tropfenverschiebung mehr oder weniger gleichmäßig bleiben, 2) mit dem Aufhören der Wärmewirkung im ersten Gefäße der Tropfen an der Stelle, wohin er gekommen ist, verbleiben. Keine von diesen beiden Annahmen hat sich jedoch bestätigt; in allen 14 Kalorimetern, mit denen ich experimentierte, wurde die Tropfenverschiebung, obwohl die in den Gefäßen zurückgebliebenen Luftreste sehr verschieden waren — in einigen Kalorimetern nur Spuren — mit der Zeit immer gleichmäßig verlangsamt; nach dem Augenblicke, in welchem die Wärme in einem der Gefäße zu wirken aufhörte, blieb der Tropfen nicht an der erreichten Stelle stehen, sondern begann sogleich eine Rückbewegung und nach etwa 5—8 Minuten kehrte er in seine anfängliche Lage zurück. Ohne eine Erklärung aller dieser offenbar komplizierten Erscheinungen zu versuchen, möchte ich nur bezüglich der mit der Dauer des Experimentes abnehmenden Empfindlichkeit die Vermutung aussprechen, daß bei den sehr kleinen Druckdifferenzen, um welche

es sich handelt, der Ätherdampf sich wie ein permanentes Gas verhält, d. h. daß, wenn der Tropfen in der Kapillarröhre sich in der Richtung des kälteren Gefäßes bewegt, der Ätherdampfdruck darin wächst, so daß, wenn das eine Gefäß erwärmt wird, der Druck in beiden steigt; es ist also klar, daß der in der Kapillarröhre sich bewegende Tropfen deshalb einen immer größeren Widerstand überwinden muß und infolgedessen, je länger sich in einem Gefäße Wärme entwickelt, desto mehr sich die Bewegung des Tropfens in der Richtung der zweiten Gefäßes verzögert.

Mag diese Erklärung richtig sein oder nicht, für mich unterliegt es keinem Zweifel, daß mein Apparat zuverlässige Resultate liefert, wenn man nur vor Anwendung desselben zum Messen unbekannter Wärmemengen die Verschiebung des Äthertropfens unter der Einwirkung bekannter Wärmemengen bei verschiedener Dauer des Experimentes feststellt, und dies ist bei meinen Versuchen jedesmal geschehen.

Ich beschränke mich wieder* nur auf einige Beispiele, weil die mehrmals mit verschiedenen Mikrokalorimetern ausgeführten Versuche immer zu denselben Resultaten geführt haben.

Experiment IV.

Zimmer- und Wassertemperatur 15°, linker Widerstand 13·593, rechter 13·183 Ohm, Stromintensität 0·03 Amp.

Linker Widerstand.

Tafel I.

Dauer der Stromwirkung	4"	6"	8"	10"	15"	30"	60'
Die entwickelte Wärmemenge	11·736	17·60	23·472	29·34	44·01	88·02	176·04
Mittlere (aus 4 Beobachtungen) Verschiebung des Tropfens	16·5	23·37	29·5	34·5	47	73·87	120·5
Empfindlichkeit (Wärmemenge, die der Verschiebung um 1 mm entspricht)	0·70	0·75	0·79	0·85	0·93	1·19	1·46

Auf Grund dieser Zahlen wurden 2 Kurven konstruiert: eine für die Verschiebungen und eine andere für die Empfindlich-

keiten. Durch eine Reihe von Versuchen überzeugte ich mich, daß die Empfindlichkeitskurve mit sehr großer Annäherung, und zwar in Fällen, in denen die Wirkung der Wärmequellen 45''—60'' nicht überschreitet, durch die Formel

$$a + bt = \text{Empfindlichkeit}$$

ausgedrückt wird. Auf diese Weise war es möglich, auf Grund zweier Empfindlichkeitsmessungen, die zwei verschiedenen Zeitperioden entsprachen, die ganze Kurve, also die Empfindlichkeiten zu jeder anderen Zeit zu berechnen. Diese Berechnungen gaben nicht nur in diesem Experimente, sondern auch in einer Reihe anderer eine so große Übereinstimmung mit den Beobachtungen, daß ich darauf alle Bestimmungen meiner kalorimetrischen Untersuchungen stützen konnte.

Wenn wir in dem soeben beschriebenen Experimente a und b z. B. aus den Beobachtungen bei 6'' und 15'' berechnen, so finden wir $a = 0.63$, $b = 0.62$. Die auf dieser Grundlage berechneten Empfindlichkeiten sind folgende:

Tafel II.

Dauer	4''	6''	8''	10''	15''	30''	60''
Beobachtete Empfindlichkeit	0.70	0.75	0.79	0.85	0.93	1.19	1.46
Berechnete Empfindlichkeit	0.71	0.75	0.79	0.83	0.93	1.23	1.83
Differenzen	+0.01	0	0	-0.02	0	+0.04	+0.37

Wie man sieht, kommt eine größere Differenz nur bei 60'' vor.

Experiment V.

Temperatur 15°. Im rechten Gefaße Widerstand 13.183 Ohm. Stromintensität 0.03 Amp. Die Wirkung der Wärmemenge wurde in gleichen Zeitperioden wie vorher untersucht; a und b bestimmte man aus der Empfindlichkeit bei 4'' und 30''. In diesem Falle war $a = 0.6772$, $b = 0.0157$. Das Resultat des Experimentes wird durch die Tafel III dargestellt.

Tafel III.

Dauer der Strom- wirkung	2"	4"	6"	8"	10"	15"	30"	60"
Die in dieser Zeit entstandenen Wärme- mengen in Mikrokal.	5·699	11·398	17·08	22·773	28·467	42·7	85·4	170·8
Verschiebung des Tropfens (mittlere aus vier Beobachtungen)	7·81	15·25	21·25	27·5	33·25	45·56	74·25	112·75
Beobachtete Emp- findlichkeit	0·72	0·74	0·80	0·82	0·85	0·93	1·15	1·51
Berechnete Emp- findlichkeit	0·70	0·74	0·77	0·80	0·834	0·91	1·148	1·619
Differenzen	-0·02	0	-0·03	-0·02	-0·016	-0·02	-0·002	+0·109

Experiment VI.

Zimmer- und Wassertemperatur 16°. Im rechten Gefäße Wider-
stand 13·183 Ohm, Stromintensität 0·03 Amp., *a* und *b* bestimmt
aus der Empfindlichkeit für 6" und 30"; *a* = 0·6076, *b* = 0·0104.

Tafel IV.

Dauer der Strom- wirkung	2"	4"	6"	8"	10"	15"	30"	60"
Die in dieser Zeit entwickelte Wär- memenge	5·69	11·39	17·08	22·78	28·47	42·71	85·42	170·85
Verschiebung des Tropfens (mittlere aus zwei Beob.)	9·33	18·40	25·5	32·33	37·30	52·1	92·5	139·5
Beobachtete Emp- findlichkeit	0·610	0·618	0·670	0·704	0·760	0·819	0·920	1·220
Berechnete Emp- findlichkeit	0·620	0·640	0·670	0·690	0·710	0·760	0·920	1·230
Differenzen	+0·010	+0·022	0	-0·114	-0·050	-0·059	0	+0·010

Experiment VII.

Zimmer- und Wassertemperatur 17°, rechter Widerstand 13·674
Ohm, Stromintensität 0·025 Amp., *a* und *b* bestimmt aus der Emp-
findlichkeit bei 6" und 60"; *a* = 0·538, *b* = 0·012.

Tafel V.

Dauer der Stromwirkung	4"	6"	8"	10"	15"	30"	60"	120"
Die in dieser Zeit entwickelte Wärmemenge	8.20	12.30	16.40	20.50	30.75	61.50	123	246
Verschiebung des Tropfens (mittlere aus zwei Beobachtungen)	13	20	26	31	38.25	63	97	137.7
Beobachtete Empfindlichkeit	0.63	0.61	0.63	0.660	0.80	0.97	1.26	1.78
Berechnete Empfindlichkeit	0.58	0.61	0.63	0.658	0.71	0.89	1.256	1.97
Differenzen	-0.05	0	0	-0.002	-0.09	-0.08	-0.004	+0.19

Trotz der im letzten Experimente verhältnismäßig bedeutenden Zeitdifferenzen konnte man, wie wir sehen, die Empfindlichkeit für die dazwischenliegenden Zeiten der Wärmewirkung im Mikrokalorimeter mit genügender Genauigkeit bestimmen.

Auf Grund des letzten Experimentes wollen wir ein Beispiel für Berechnung einer unbekanntes Wärmemenge anführen. Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, betrug die Wärmemenge, welche nach 10" eine Verschiebung von 31 mm hervorgerufen hat: $0.025 \cdot 13.674 \cdot 0.24 \cdot 10'' = 20.50$ Mikrokalorien. Nehmen wir an, daß uns die betreffende Stromintensität unbekannt war und wir die Wärmemenge, welche die Verschiebung des Tropfens um 31 mm hervorgerufen hat, bestimmen wollen. Haben wir am Anfang des Experimentes aus zwei Messungen die Koeffizienten a und b berechnet, so können wir mittels dieser Koeffizienten die Empfindlichkeit des Kalorimeters bei der Wirkung der Wärmequelle durch 10" aus der Gleichung

$$a + bt = \text{Empfindlichkeit}$$

berechnen. War a im gegebenen Versuche $= 0.538$, $b = 0.012$, so war die Empfindlichkeit $= 0.538 + 0.012 \cdot 10 = 0.658$. Indem wir die Empfindlichkeit, d. h. die Wärmemenge, welche den Tropfen um 1 mm verschiebt, mit 31 multiplizieren, bekommen wir die durch unbekanntes Wärmequelle produzierte Anzahl von Mikrokalorien:

$$0.658 \cdot 31 = 20.398 \text{ Mikrokalorien.}$$

Der Unterschied zwischen der wirklich produzierten und der berechneten Wärmemenge beträgt nur 0·102 Mikrokalorien, also ca. 0·5%. Selbst wenn diese Zahl infolge der unvermeidlichen Beobachtungsfehler in der Bestimmung der Stromintensität und der Wirkungsdauer, 10-mal größer wäre, was nicht vorgekommen ist, würde doch der beschriebene Apparat ohne Zweifel an Genauigkeit alle bisherigen Apparate dieser Art übertreffen; ich übergehe schon den Prototypus der Apparate dieser Art, das Kalorimeter von Neesen und das auf derselben Grundlage konstruierte Luftkalorimeter von Blix, der, obwohl er sein Differentialkalorimeter 15 Jahre nach meinen und nach Neesen's Versuchen konstruierte, sich nicht einmal Mühe gibt, uns zu erwähnen; aber sogar das Differentialmikrokalorimeter Hill's, welches auf einem ganz anderen Prinzip beruht, läßt sich hinsichtlich der Empfindlichkeit und Genauigkeit mit dem beschriebenen Apparate nicht vergleichen. Zweifellos ist von allen bisherigen Proben diejenige von Hill die rationalste; seine Methode kann jedoch nur auf Muskelmassen, die mehrere Gramm schwer sind, nicht aber auf einen einzelnen Muskel von 0·5 g Anwendung finden; zur Untersuchung der einzelnen Zuckungen oder eines kurzdauernden Tetanus kann sie überhaupt nicht verwendet werden. Der oben angeführte Versuch, den jeder Forscher wiederholen kann, zeigt, wie unrichtig die Behauptung Hill's¹⁾ ist, daß mein Apparat infolge der beträchtlichen Wärmeverluste keine Anwendung finden könne.

Mein Apparat hat noch diesen großen Vorzug, daß mit dessen Hilfe die Untersuchung der Muskeln fast in natürlichen Bedingungen vorgenommen werden kann; man kann den Muskel sogar, ohne ihn vom Schenkel abzuschneiden, in das Mikrokalorimeter bringen, wobei das Mikrokalorimeter selbst für ihn eine feuchte Kammer ist; infolgedessen bleibt der Muskel während der Untersuchung in möglichst frischem Zustande und ist der Wirkung schädlicher Faktoren mit Ausnahme von feuchter Luft nicht ausgesetzt. Ich kann nämlich schon mit Rücksicht auf osmotische Einflüsse keineswegs die Behauptung Hill's akzeptieren, daß Salzlösungen oder die Ringer'sche Flüssigkeit auf den Muskel keinen Einfluß ausüben, der sich in der Muskeltätigkeit kundgäbe. Mit der Zeit werde ich in der Lage sein, Experimente zum Beweis dafür

¹⁾ Ergebnisse der Physiologie, XV, 1916, S. 349.

anzuführen, daß in Wirklichkeit gegen isolierte Muskeln sogar angeblich gänzlich gleichgültige Flüssigkeiten nur scheinbar gleichgültig sind, tatsächlich aber nicht ohne Einfluß auf die Wärmeproduktionsfähigkeit des Muskels bleiben.

Das beschriebene Kalorimeter steht noch deshalb höher als das Hill'sche, weil es uns die Möglichkeit bietet, die Wärmeproduktion nicht nur bei verschiedenen Muskelbelastungen bei einzelnen Zuckungen oder im Tetanus, sondern auch bei isotonischer, isometrischer Zuckung, während der Arbeitsleistung zu untersuchen, mit einem Worte, weil es die Untersuchung der Thermodynamik der Muskeln unter verschiedensten Bedingungen möglich macht.

Mit Hilfe eines speziellen Ansatzes *A C B* (s. Fig. 3), der an das Gefäß des Kalorimeters oben und unten angeschlossen ist, sind wir noch imstande, die Kammer, in welcher sich der Muskel befindet, mit verschiedenen Gasen auszufüllen und auf diese Weise deren Einwirkung auf die Wärmeproduktion kennen zu lernen. Ich glaube, daß dieser Ansatz keiner speziellen Erklärung bedarf und daß er auf Grund der Zeichnung ohne weiteres verständlich ist; die Röhren *A* und *B* dienen zur Einführung eines feuchten Gases, der Stöpsel *C* zum Aufhängen des Muskels, die Drähte *a b* zum Reizen desselben, und *c d* sind Einrichtungen für Kompensationswiderstände.

II.

Wärmeproduktion in ruhenden Muskeln.

Schon seit lange war es auf Grund der Untersuchungen über den Stoffwechsel in ruhenden Muskeln bekannt, daß das Muskelgewebe Sauerstoff absorbiert und CO_2 ausscheidet. Selbstverständlich ist die Intensität dieses Stoffwechsels eine andere bei mit Nerven und Gefäßen versehenen Muskeln warmblütiger Tiere als bei ausgeschnittenen Muskeln der kaltblütigen. In einer ganzen Reihe von Versuchen wurde diese Tatsache zweifellos festgestellt. Seit Liebig hat sich mit der Bearbeitung dieser Frage eine ganze Reihe von Forschern beschäftigt wie: Matteucci, Walentin, Claude Bernard u. a. Im Jahre 1898 nimmt Fletcher¹⁾ die Untersuchung von neuem auf und beweist mit Hilfe exakter neuer

¹⁾ Fletcher M. W. The survival respiration of muscle, Journal of Physiol., Bd. 23, S. 10.

Methoden, daß der ausgeschnittene Muskel bis zum Auftreten der Totenstarre (nach dem Verfasser 6 Stunden lang) beträchtliche Mengen von CO_2 ausscheidet. Anfangs vermindert sich jedoch die Menge des ausgeschiedenen CO_2 allmählich, hält sich dann eine Zeitlang auf gleichem Niveau und wächst wieder, sobald die Totenstarre und Fäulnis beginnt. Die Mengen der ausgeschiedenen Säure sind nach Fletcher von mehreren Bedingungen abhängig, welche darauf schließen lassen, daß in den Muskeln der kaltblütigen Tiere während der Ruhe ein reger Gaswechsel stattfindet, der sich auch als Wärmeproduktion kundgibt; dieser Wechsel führt also zur Verminderung der Energievorräte des Muskels. Natürlich fehlt es, abgesehen von diesen Experimenten, schon seit lange nicht an Versuchen, die vom ruhenden Muskel produzierte Wärmemenge direkt zu bestimmen. Zu diesen Versuchen gehören die Untersuchungen von Becquerel und Breschet, von Heidenhain und anderen und in letzten Jahren die von Blix¹⁾. Obwohl der letztgenannte die Arbeit von Fletcher schon berücksichtigen mußte, kommt er dennoch auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Schlusse, „daß nicht alle überlebenden ruhenden Froschmuskeln von nachweisbaren Wärmemengen frei bleiben, aber die meisten und besonders die bei höher temperierter Zimmertemperatur“ (a. a. O. S. 98). Die ersten wirklich exakten Experimente wurden durch A. V. Hill²⁾ mit Hilfe seines Mikrokalorimeters und, wie der Verfasser selbst versichert, einer verbesserten Untersuchungsmethode ausgeführt. Um die Versuche möglichst schnell vorzubereiten, verwendete er manchmal ganze Frösche mit Haut, zumeist aber nahm er ca. 100 g Froschschenkel ohne Haut. Diese Schenkel brachte er in die Ringer'sche Flüssigkeit oder in Kochsalzlösung, die sich in einem Gefäße seines Differentialmikrokalorimeters befand. Die Thermobüchse, von 250 cm³ Volum, war mit schlechten Leitern umgeben und oben genau geschlossen. Die Kontrollbüchse enthielt Wasser. Die Temperaturdifferenz wurde mit Hilfe einer Thermosäule und eines empfindlichen Galvanometers bestimmt. Auf Grund der Temperaturdifferenz in den zwei Büchsen mit und ohne

¹⁾ Blix M. Studien öfver muskelvärmes II u. III, Universitetsprogramme v. Lund. Zit. n. Bürker, 1900 I. — Blix M. Studien ö. Muskelwärme, Skandinavisches Archiv 1902, XII, S. 52. Zusammenfassung d. früheren Arbeiten.

²⁾ The Heat-production of surviving amphibian muscles etc. Journal of Physiol., Bd. 44, S. 466—513.

Muskeln bestimmte er die in jener Büchse, welche Muskeln enthielt, produzierte Wärmemenge, berechnete dann die Wärme auf 1 cm³ Gewebe und auf 1 Stunde in Grammkalorien. Verwendete er ganze Frösche, so vernichtete er selbstverständlich vorher das Rückenmark. Die vom Verfasser gebrauchten Salzlösungen enthielten 0·2—0·6% Sauerstoff. Der Verfasser führt nur typische Experimente an.

Zum Vergleiche mit den Resultaten meiner Versuche erlaube ich mir, eines der Hill'schen Experimente, welches vom Verfasser als typisch betrachtet wird, anzuführen. Die von 8 Fröschen abgesechnittenen Schenkel hatten 97 cm³; die Büchse Nr. 1 hatte 250 cm³ Fassungsraum, die Menge der Ringer'schen Flüssigkeit betrug also 153 cm³ und sie enthielt 1·1% Sauerstoff. Empfindlichkeit des Galvanometers: 100 Striche = 0·324° C. Der Versuch dauerte 102 Stunden lang, die Temperatur stieg von 23·4 auf 41·5 Striche und fiel nach Hinzufügung von Chloroform auf 22·0. Chloroform soll, wie der Verfasser meint, die autolytischen Prozesse nicht hemmen (a. a. O., S. 470): „Autolytic changes are not stopped by chloroform“. Nach Durchführung entsprechender Korrekturen für Wärmeverluste durch die Büchsen gibt der Verfasser folgende Berechnung auf 1 Stunde und 1 cm³ Gewebe.

Von	0·3	0·55	0·80	1·0	1·5	Stunden
bis	0·55	0·80	1·00	1·50	2·0	„
Kalorien	0·36	0·20	0·15	0·12	0·08.	

Die kleinste Anzahl von Kalorien erhielt der Verfasser in der Zeit von 6—8 Stunden, nämlich 0·035. Die Anzahl der Kalorien stieg dann und erreichte in dem Zeitraum zwischen 90—100 Stunden von neuem 0·20. Der Fehler dieser Berechnungen überschritt nach dem Verfasser nicht 0·016 Kalorien auf 1 cm³ Gewebe und für 1 Stunde. Aus der ganzen Reihe von Experimenten erlaube ich mir, noch die Schwankungen der Wärmemenge, welche der Verfasser beobachtet hat, vorzuführen.

Nr. des Experimentes	in 1/2 Stunde	in 1 Stunde	Minimum
II	0·16	0·09	nach 6 St. 0·040
III	0·10	0·16	„ 2 „ 0·06
IV		0·054	„ 20 „ 0·033
V	0·30	0·26	„ 6 „ 0·13
VI			„ 8 „ 0·033

Da ich das Resultat dieser Versuche mit den meinigen vergleichen möchte, welche höchstens 1 Stunde dauerten, rechne ich das im Laufe der ersten halben Stunde erhaltene Resultat (Experiment II) für Minuten und Sekunden um. Der Verfasser erhielt 0·16 Kalorien auf 1 cm³ in 1/2 Stunde, also 160 Mikrokalorien; das gibt auf 1 Sekunde und 1 cm³, d. h. annähernd auf 1 g, 0·088 Mikrokalorien. Diese Zahl müssen wir speziell hervorheben, weil wir sie noch einmal ins Auge fassen werden. Als der Verfasser in seinen späteren Experimenten den Einfluß des Sauerstoffs (a. a. O., S. 477, Tafel III) untersuchte, fand er nach 20 Minuten 0·60 Kalorien auf 1 cm³, oder 600 Mikrokalorien, also 0·50 Mikrokalorien auf 1 Sekunde. Diese Zahl ist besonders wichtig, weil sie, was die Bedingungen anbelangt, in welchen sie erhalten wurde, bis zu einem gewissen Grade denjenigen Bedingungen entspricht, in welchen meine Versuche ausgeführt wurden. Der Verfasser vergleicht (a. a. O., S. 481) den Temperaturabfall der Muskeln in seinem Kalorimeter mit der Verminderung von CO₂ in Fletcher's Versuchen und findet im Verlaufe dieser Erscheinungen eine gewisse Ähnlichkeit, was die Genauigkeit seiner Experimente bestätigen soll.

Um zu bestimmen, wie große Wärmemengen der ausgeschnittene, ruhende Froschmuskel produziert, experimentierte ich in meinem Apparate mit möglichst frischen Schenkelmuskeln von Fröschen (*Rana temporaria*), vorwiegend von Winterfröschen; der Muskel wurde gleich nach der Präparierung in eines der Gefäße des Mikrokalorimeters gebracht; im zweiten befand sich als „Zeuge“ entweder ein chloroformierter, auf elektrische Reize nicht reagierender Muskel von demselben oder von einem anderen, ähnlich großen Frosche oder ein in der Wärmestarre sich befindender, nachher auf die Zimmertemperatur, in welcher man experimentierte, gebrachter Muskel.

Experiment VIII.

Zimmertemperatur 12°. Kalorimeter Nr. 11. Die mittlere Empfindlichkeit des linken Gefäßes in dieser Temperatur beim Schließen des Stromes auf 5'' betrug 1·22; in die linke Kammer wurde der lebende, in die rechte der chloroformierte Muskel gebracht; die Länge des Tropfens in der Kapillarröhre betrug 2 mm. Nach 5

Minuten begann der Versuch. Die linke Kammer mit dem lebenden Muskel wird wärmer. Das Gewicht¹⁾ des lebenden Muskels = 0.62 g. 9^h 43' Tropfenaufstellung auf 137 mm, die Kompensation auf 1' unterbrochen, Verschiebung 153, dann Kompensation, also die Verschiebung in der Minute 16 mm.

Nehmen wir an, daß sich die Empfindlichkeit bei einer so kleinen Verschiebung des Tropfens nicht viel änderte, so haben wir in diesem Falle als Menge der vom lebenden Muskel produzierten Wärme 35.38 Mikrokalorien, d. h. 0.589 auf 1". Vergleichen wir diese Zahl mit der von Hill erhaltenen, 0.50 Mikrokalorien, so sehen wir, daß der Unterschied nicht groß ist. Eine genaue Vergleichung ist deshalb unmöglich, weil Hill, wenn ich die Beschreibung seiner Versuche wohl verstehe, zu den Muskeln auch andere Gewebearten rechnete, also nicht nur das Bindegewebe, sondern auch die Knochen, weil er bei der Angabe des Volumens der Muskeln das Volumen der Knochen, Sehnen und anderer Gewebearten nicht in Abzug bringt.

Nach zweimal, um 9^h 55' und um 10^h hervorgerufenem Tetanus, welcher 2.46" dauerte, und später um 10^h 8' wurde der Unterschied zwischen dem lebenden und dem toten Muskel untersucht; die Wärmemenge auf 1" betrug diesmal 0.47 Mikrokalorien.

Experiment IX.

In die linke Kammer desselben Mikrokalorimeters wurde ein 0.69 g schwerer, mit Hilfe der Wärmestarre bei 40° getöteter und später auf die Zimmertemperatur abgekühlter Muskel gebracht; in der rechten Kammer befand sich ein lebender Muskel; die Belastung beider betrug 5 g; nach 5 Minuten bildete man den Tropfen und begann nun den Versuch; der lebende Muskel wurde wärmer; Kompensation; zu derselben wurde der linke kompensierende Widerstand von 1.37 Ohm verwendet; Stromintensität 0.032 Amp. Der Tropfen verharrte in Ruhe. Nach Unterbrechung der Kompensation auf 1" wurde der Tropfen in der Richtung der linken Kammer von 145 auf 108 mm verschoben: die Differenz betrug 37 mm. Da die vor dem Versuche bestimmte Empfindlichkeit des rechten Gefäßes 1.02 Mikrokalorien betrug, so konnte die zur Verschiebung des Tropfens um 37 mm erforderliche Wärmemenge

¹⁾ Das Gewicht wurde stets nach dem Versuche bestimmt.

höchstens 37.74 Mikrokalorien betragen. Um die Bewegung des Tropfens aufzuhalten, wurde, wie oben erwähnt, eine Stromintensität von 0.032 Amp. verwendet und der Widerstand betrug 1.37; infolgedessen war es mir möglich, aus der Kompensation zu berechnen, wieviel Wärme der Widerstand der linken Kammer produzieren müßte, um während der ganzen Zeit den Tropfen an derselben Stelle aufzuhalten. Diese Menge würde 20.93 Mikrokalorien betragen.

Mit demselben Muskel wiederholte man den Versuch nach 10 Minuten; Kompensation; Stromintensität = 0.030 Amp., Tropfenstellung 106 mm, nach Unterbrechung der Kompensation im Laufe einer Minute verschob sich der Tropfen auf 73 mm, also um 33 mm. Wärmemenge aus der Verschiebung = 33.66 Mikrokalorien, aus der Kompensation 18.14. Diese Zahlen nähern sich denjenigen von Hill, wenigstens in den ersten 10 Minuten; berechnen wir sie nämlich auf 1'', so finden wir

	aus der Tropfenverschiebung	aus der Kompensation
im I. Versuche	0.62 Mikrokal.	0.34 Mikrokal.
„ II. „	0.56 „	0.30 „

Daraus und ebenfalls auf Grund weiterer Experimente dieser Art ergab es sich, wie schon oben erwähnt, daß, wenn sich der Tropfen in gewisser Richtung bewegt, der Druck in beiden Gefäßen nicht gleich wird, auch wenn der Tropfen durch die Wärmeentwicklung im zweiten Gefäße in seiner Bewegung aufgehalten wird; denn wir könnten immer den Tropfen mit Hilfe einer Wärmemenge aufhalten, die kleiner ist als diejenige, welche im Momente der Kompensationsunterbrechung aus der Verschiebung des Tropfens berechnet wurde. Diese Druckdifferenzen entsprechen gewissen Wärmemengen, welche in meinen Fällen untereinander fast gleich waren. In diesem Versuche z. B.

betrug im I. Falle	die Differenz	0.281 Mikrokalorien
„ „ II. „	„ „ „	0.259 „

Dieses Wärmequantum ist also, sozusagen, die untere Grenze der Empfindlichkeit des Mikrokalorimeters, d. h., daß bei gegebener Empfindlichkeit des Apparates, wenn die Wärmequelle weniger als 0.2 Mikrokalorien auf 1'' gibt, bei völliger Gleichheit des Druckes in beiden Gefäßen dieser durch die Wärme verursachte Druck-

überschuß nicht imstande ist, den Tropfen zu verschieben. Selbstverständlich haben diese Zahlen nur für das gegebene Kalorimeter von gegebener Empfindlichkeit und bei gegebener Umgebungstemperatur Geltung.

Experiment X.

Kalorimeter Nr. 12. Zimmer- und Wassertemperatur 17°, mittlere Empfindlichkeit des Kalorimeters für das linke Gefäß 1·53¹⁾. Der Muskel von einem Frühlingsfrosch (einer frisch gefangenen *Rana temp.*); der linke Gastrocnemius in möglichst frischem Zustande in die linke Kammer gebracht; in der rechten Luft, von unten und oben mit Flaum abgeschlossen. Nachdem sich nach einigen Minuten der Tropfen gebildet hatte, zeigte es sich, daß der Muskel beträchtlich wärmer war als die Luft und daß zum Aufhalten des Tropfens eine verhältnismäßig große Wärmemenge in der rechten Kammer nötig war. 9^h 11' völlige Kompensierung und Stillstand des Tropfens; die Kompensation wurde auf 15'' unterbrochen.

	Stellung des Tropfens	Tropfenverschiebung		Differenz
9 ^h 11'	134 mm	156 mm		22 mm
9 ^h 14'	130 "	148 "		18 "
9 ^h 17'	124 "	141 "		17 "
Tropfenverschiebung		22 mm	18 mm	17 mm
Aus der Empf. (1·53) berechnete				
Wärmemenge		33·66	27·54	26·1
Aus der Kompensation berechnete				
Wärmemenge ²⁾		26·10	19·20	19·20
Differenzen		— 7·56	— 8·34	— 6·90
Differenzen für 1''		— 0·504	— 0·556	— 0·460

Dieser Versuch belehrt uns, daß auch hier eine Differenz zwischen der aus Tropfenverschiebung und der aus der Kompensation berechneten Wärmemenge besteht und daß diese Differenz in diesem Falle noch größer ist, weil das Kalorimeter weniger empfindlich war. Aus diesem Versuche folgt, daß der ruhende

¹⁾ Das Kalorimeter Nr. 12 war verhältnismäßig wenig empfindlich wegen etwas zu großer Äthermenge, die nach dem Abdampfen zurückgeblieben war, und wahrscheinlich wegen einer etwas zu großen Luftmenge, worauf die langsame Bildung des Tropfens in der Kapillare beim Abkühlen hinwies.

²⁾ $i = 0·068$ Amp.; rechter Widerstand 1·406 Ohm.

Muskel eines Frühlingsfrosches weit mehr Wärme produziert als derjenige des Winterfrosches; die Wärmemenge betrug nämlich in diesem Falle in den ersten 10 Sekunden 2.24 Mikrokalorien auf 1'' bei 0.8 g schwerem Muskel. Der rechte Muskel desselben Frosches gab völlig identische Resultate.

Experiment XI.

Kalorimeter Nr. 13. Zimmer- und Wassertemperatur 16°. Empfindlichkeit des linken Gefäßes = 1.12, rechter kompensierender Widerstand = 1.406 Ohm. Linker Muskel in der linken Kammer, die rechte leer, mit Flaum abgeschlossen. Muskel 0.4 g schwer. Die Kompensation jede Minute auf 15'' offen.

Stunde	Stromintens.	Tropfenlage	Tropfenversch.	Differenz	Wärme a. d. Komp. auf 1''	a. d. Verschieb. auf 1''
9 ^h 38'	0.06 Amp	130 mm	145.5 mm	15.5 mm	1.21	1.12
9 ^h 39'	0.052 "	125 "	138.5 "	13.5 "	0.91	1.0
9 ^h 40'	0.045 "	123 "	131 "	8.0 "	0.41	0.59
9 ^h 41'	0.035 "	118 "	125 "	7.0 "	0.324	0.52
9 ^h 42'	0.031 "	119 "	124 "	5.0 "	0.21	0.37

Experiment XII.

Kalorimeter Nr. 13. Zimmer- und Wassertemperatur 15°. Empfindlichkeit der linken Kammer 0.76, der kompensierende Widerstand in der linken Kammer = 1.406 Ohm. Der rechte Muskel wurde mit Löschpapier abgetrocknet und in die linke Kammer gebracht. Nach 5 Minuten bildete man den Tropfen; der Muskel wurde wärmer als die Luft; Kompensation; dieselbe wurde dann auf 15'' unterbrochen; die Verschiebung in dieser Zeit wurde beobachtet und dann die Kompensation wieder geschlossen, um den Tropfen an seiner Stelle aufzuhalten.

Stunde	Stromintens.	Tropfenlage	Tropfenversch.	Differenz	Wärme a. d. Komp. auf 1''	a. d. Verschieb. auf 1''
9 ^h 29'	0.037 Amp.	147 mm	158.5 mm	11.5 mm	0.46	0.58
9 ^h 31'	0.030 "	149 "	155.5 "	6.5 "	0.30	0.33

Experiment XIII.

Kalorimeter Nr. 13. Zimmer- und Wassertemperatur 14.5°, Gastrocnemius eines frischen Frosches, von 0.9 g Gewicht. Der Mus-

kel in der linken Kammer, in der rechten Flaum, nach 5 Minuten Tropfen; der Muskel wurde beträchtlich wärmer. Nach vollendeter Kompensation stufenweise Abkühlung, der Tropfen kommt bei der Kompensation $i = 0.073$ Amp. zur Ruhe. Der kompensierende Widerstand rechts 1.406 Ohm. Der Muskel wurde um 9^h 45' ausgeschnitten.

Stunde	i (Stromintens)	Wärme auf 1''
9 ^h 52'	0.073 Amp.	1.89 Mikrokcal.
9 ^h 53'	0.068 "	1.41 "
9 ^h 54'	0.062 "	1.29 "
9 ^h 55'	0.055 "	1.01 "
9 ^h 56'	0.049 "	0.809 "
9 ^h 57'	0.042 "	0.59 "
10 ^h 28'	0.042 "	0.59 "

Also auch in diesem Versuche kühlt sich der ausgeschnittene, in das Kalorimeter gebrachte Muskel schnell ab; die Temperatur fällt im Laufe der ersten Minuten bis auf ein Minimum, bleibt dann längere Zeit beinahe konstant, in diesem Falle z. B. eine halbe Stunde, und weist nur kleine Schwankungen auf.

Nicht nur in den angeführten Versuchen, in denen ich gewissermaßen speziell das Verhalten des lebendigen Muskels im Verhältnis zum toten oder zur Umgebung ins Auge faßte, sondern auch in einer Reihe anderer Experimente, in denen ich mein Augenmerk auf das Verhalten des lebendigen Muskels nur gelegentlich richtete, wurde immer dieselbe Tatsache festgestellt, daß der isolierte, lebendige Muskel anfangs verhältnismäßig viel Wärme produziert, dann aber im Laufe von einigen oder mehreren Minuten die Wärmemenge auf ein gewisses Niveau, auf welchem sie fast konstant bleibt, fällt, indem sie sich allmählich nur ganz unwesentlich vermindert. Was in späteren Zeitperioden, welche Hill mit seinem Kalorimeter untersucht hat, geschieht, habe ich nicht untersucht.

III.

Einfluß mechanischer Faktoren auf die Thermodynamik der Muskeln.

Schon längst ist es bekannt, daß die Muskeln zu den elastischen Geweben gehören, daß sie sich unter dem Einflusse der Belastung

verlängern und nach Wegnahme der Belastung verkürzen. Alle elastischen Körper können bekanntlich in zwei Gruppen eingeteilt werden; die einen besitzen einen negativen, die anderen einen positiven Wärmeausdehnungskoeffizienten. Die ersteren dehnen sich bei Erwärmung aus, die anderen ziehen sich hingegen zusammen. Zur ersten Gruppe gehören alle metallischen Körper (Drähte und Federn), welche sich auch bei der Ausdehnung abkühlen, zur zweiten solche Körper wie Guttapercha, Kautschuk, welche sich umgekehrt verhalten. Es entsteht nun die Frage, wie sich der Muskel als elastischer Körper verhält. Selbstverständlich bemühte man sich seit Jahren, diese Frage zu lösen, und es wurden zu diesem Zwecke zahlreiche Versuche unternommen. Die Zusammenstellung fast der ganzen Literatur dieser Frage findet der Leser ebenfalls in der Arbeit O. Frank's (a. a. O.). Hier muß ich erwähnen, daß diese Frage, obwohl sie sehr eifrig studiert wurde, bis zur letzten Zeit noch nicht als ganz gelöst bezeichnet werden kann. Der Grund hiefür liegt einerseits zweifellos in der Ungenauigkeit der angewandten Methoden, anderseits in dem eigentümlichen Verhalten des Muskels selbst, der nicht nur ein elastischer Körper mit gewissen Eigenschaften, sondern zugleich ein lebendes Gewebe ist, welches zweifellos, wenn auch vielleicht in sehr geringem Grade, die Fähigkeit der spontanen Reaktion besitzt. Aus der überwiegenden Anzahl der Experimente folgt, daß der Muskel einen positiven Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzt, d. h., daß er sich bei der Ausdehnung erwärmt; man erhielt aber auch entgegengesetzte und gemischte Resultate. Fick macht hiefür die fehlerhaften Methoden verantwortlich. Das Verhalten des Muskels in thermischer Beziehung bei der Ausdehnung bzw. Verkürzung wurde fast ausschließlich mit Hilfe von Thermosäulen untersucht. Es ist aber klar, daß es sehr schwierig, ja sogar unmöglich ist, eine Veränderung der Muskelgestalt herbeizuführen, ohne daß sich die Thermosäule auf der Oberfläche des Muskels verschiebe; diese Verschiebung der mehr oder weniger feuchten Muskelsubstanz konnte jedoch selbstverständlich verschiedene Wirkungen herbeiführen: einmal konnte unabhängig von den Prozessen im Muskel seine Oberfläche sich infolge der Reibung erwärmen und eine Erwärmung der Thermosäule hervorrufen, ein andermal konnte sich die feuchte Oberfläche, welche infolge der Verdampfung sich abkühlte, während der Berührung mit der Thermosäule abkühlen, obwohl der Muskel selbst sich

erwärmt hatte. Das Mikrokalorimeter ließ in dieser Beziehung keine Befürchtungen zu, denn einerseits konnte der Muskel in dem Apparate so aufgestellt werden, daß er die Wände der Röhre nicht berührte, und andererseits konnte man sicher sein, daß, wenn der Muskel längere Zeit hindurch in der Röhre geschlossen blieb, die Verdampfung an der Oberfläche und die dadurch bewirkte Abkühlung des Muskels infolge der Sättigung des ganzen Raumes mit Dampf umöglich wurde; ich beschloß also, dahingehende Versuche mit dem Mikrokalorimeter durchzuführen. Zum Vergleich des Muskels mit anderen elastischen Körpern experimentierte ich zuerst mit einer Metallfeder, Gummischnur und Gummiröhre und erst dann mit lebendigem Muskel.

A) *Stahldrahtfeder.*

Experiment XIV.

Zwei Stahldrahtfedern, 0·5 mm dick, wurden konisch zusammengerollt; der Durchmesser der oberen Grundfläche betrug ca. 4 mm, derjenige der unteren 2 mm; die Höhe des Kegels 20 mm. Diese Federn wurden an einem geraden Stahldrahte, der in einem besonderen Stativ steckte, befestigt: die eine Feder war in die rechte, die andere in die linke Platinröhre auf solche Weise eingelassen, daß die Federn, ohne an irgend einer Stelle das Platin zu berühren, den mittleren Teil der Röhre einnahmen. An das untere Ende der Federn wurde ebenfalls ein gerader Draht befestigt, der durch eine Öffnung im unteren Verschlusse jeder Röhre hindurchging und am Ende mit einem Haken zum Anhängen der Gewichte versehen war. Die Röhren wurden von oben vollkommen mit Flaum und von unten nur insofern verschlossen, als dies die Bewegungen des am unteren Ende der Federn aufgehängten Drahtes nicht hemmte. Unter dem Mikrokalorimeter, gegenüber den beiden Drähten war je ein kurzes, starkes Stativ angebracht, auf welchem eine speziell zu diesem Zwecke verfertigte Zange steckte. Mit Hilfe derselben konnte man den Draht festhalten oder freilassen. Vor dem Beginn des Versuches wurden beide Drähte, d. h. beide Federn mit 5 g Gewicht belastet, dann die Drähte mit Hilfe der Zange festgemacht, hierauf wurde der Tropfen gebildet und das Mikrokalorimeter mit Wasser gefüllt. Nachdem der Tropfen seine Gleichgewichtslage eingenommen hatte, begann man zu experimentieren. Zur Kontrolle lockerte man

zuerst beide Zangenpaare und beobachtete das Verhalten des Tropfens. blieb der Tropfen unbeweglich, so wurden die Drähte von neuem festgemacht und der eine von ihnen mit einem bedeutend größeren Gewichte belastet. Trat das Gleichgewicht des Tropfens ein, so wurde die Zange möglichst rasch gelockert, worauf die Feder durch das Gewicht plötzlich ausgedehnt wurde und eine Senkung des Gewichtes erfolgte. Das Verhalten des Tropfens wies in diesem Falle zweifellos auf eine Abkühlung der Feder hin. Trat das Gleichgewicht ein und bewegte sich der Tropfen nicht mehr, so wurden in diesem Zustande die Drähte festgemacht; trat kein neuer Effekt ein, so wurde das Gewicht weggenommen, 5 g von neuem angehängt und die Zange plötzlich gelockert. Der Draht schnellte in die Höhe und das Mikrokalorimeter zeigte eine Erwärmung der Feder. Die Verkürzung oder Verlängerung der Feder bestimmte man mit Hilfe eines Fernrohrs, ähnlich wie in den Experimenten von Weber. Als fester Punkt war auf jedem Drahte ein im Fernrohre deutlich sichtbares Zeichen gewählt. Dieses Zeichen bewegte sich selbstverständlich nach oben und unten und seine Bewegungen konnten auf einer hinter dem Drahte befindlichen Millimeterskala abgelesen werden. War die Empfindlichkeit des Mikrokalorimeters vor dem Versuche bestimmt worden und bekannt, so war man auch imstande, die durch die Feder entwickelte oder absorbierte Wärme zu bestimmen. In diesem Versuche betrug die Empfindlichkeit der linken Kammer 1·67, der rechten 1·64 (die Dauer der StromschlieÙung 2·5''). Es wurde die in der linken Kammer befestigte Feder untersucht, die rechte funktionierte nur als „Zeuge“.

	Belastung	Veränderung d. Länge	Wärme
1)	1 g	0	0
2)	100 "	+ 2	— 0·67
	0 "	— 2	+ 0·67
3)	200 "	+ 4	— 0·83
	0 "	— 4	— 0·83
4)	300 "	+ 6	— 1·67
	0 "	— 6	+ 1·67
5)	500 "	+ 13	— 4·17
	0 "	— 13	+ 4·17

	Belastung	Veränderung d. Länge	Wärme
6)	200 „	+ 6	- 0.83
	0 „	- 6	+ 3.34
7)	300 „	+ 7	- 1.67
	0 „	- 7	+ 5.84
8)	400 „	+ 10	- 2.50
	0 „	- 10	+ 6.68

Man sieht, daß jeder Verlängerung Wärmeabsorption und umgekehrt jeder Verkürzung Wärmeproduktion entspricht. Es besteht sogar eine gewisse Beziehung zwischen Belastung und diesen thermischen Veränderungen. Die etwas größeren Wärmemengen in den Messungen 7—8, welche nach der Wegnahme des Gewichtes auftraten, und das Fehlen der Regelmäßigkeit, die in den Versuchen 1—6 beobachtet wurde, hatten vielleicht ihren Grund in einer kleinen Verkrümmung der Feder nach der Belastung mit 500 g Gewicht und in der hierdurch bewirkten Reibung an dem Platinblech. Diese Unregelmäßigkeit trat anfangs nicht auf, und ich beobachtete sie in weiteren Versuchen nicht. Dieses Experiment zeigt zugleich, daß bei der von mir verwendeten Form als Gesamtergebnis der Verlängerung und der darauf folgenden Verkürzung der Feder in der Regel weder Wärmeproduktion noch Absorption auftrat.

B) Gummi.

Experiment XV.

Kalorimeter Nr. 11. Zimmertemperatur 16°. Die Empfindlichkeit der linken Kammer wurde beim Schließen des Stromes auf 1.5'' bestimmt, sie betrug 1.16.

I. Eine Gummiröhre, 200 mm lang, wurde auf dieselbe Weise, wie im vorigen Versuche die Feder, befestigt; auf dieselbe Weise wie früher wurde auch der ganze Versuch durchgeführt. Der Tropfen wurde gebildet und die Bewegungen desselben kompensiert.

Belastung	Veränd. d. Länge in mm	Wärme in Mikrokcal.
200 g	+ 11	+ 4.5
0 „	- 0	- 0.5
300 „	+ 23	+ 9.5
0 „	- 23	- 3.0

II. Gummischnur, 20 mm lang. Die Empfindlichkeit der linken Kammer 1·08, Temperatur 15°. Die Bewegungen des Tropfens wurden kompensiert, der Tropfen blieb längere Zeit unbeweglich.

Belastung	Veränd. d. Länge in mm	Wärme in Mikrokal.
100 g	+ 4·5	+ 2·70
0 "	— 5	— 1·62
200 "	+ 8	+ 5·40
0 "	— 8	— 0·54
300 "	+ 17	+ 12·96
0 "	— 17	— 1·62
400 "	?	+ 16·20
0 "	— 17	— 3·24

III. Zwei Gummischnuren, 20 mm lang, bestehend aus einigen dünnen Gummifasern, wurden möglichst zentral, die eine in der linken, die andere in der rechten Kammer untergebracht. Die Empfindlichkeit für die linke Kammer 1·34, für die rechte 1·11. Dauer der Stromschließung 2·5'', Temperatur 16°.

1. Gummischnur in der linken Kammer.

Belastung	Veränder. d. Länge	Wärme
50 g	+ 4	?
0 "	— 3	— 0·67
100 "	+ 6	+ 0·67
0 "	— 5·5	— 0·67
200 "	+ 15	+ 6·70
0 "	— 13·5	— 0·67
300 "	+ 18·5	+ 11·39
0 "	— 18·5	— 6·03
400 "	+ 19	+ 16·08
0 "	— 19	— 2·68
300 "	+ 19	+ 14·07
0 "	— 19·5	— 0·67
200 "	+ 14·5	+ 10·72
0 "	— 14·5	— 4·72
200 "	+ 14	+ 10·72
0 "	— 14·5	— 4·02
200 "	+ 14·5	+ 6·70
0 "	— 14	— 2·68

2) Gummischnur in der rechten Kammer.

Belastung	Veränder. d. Länge	Wärme
100 g	+ 4	+ 3.33
0 "	?	0
200 "	+ 11	+ 6.38
0 "	- 11	- 0.55
300 "	+ 22	+ 14.43
0 "	- 22	- 0.55
400 "	+ 22	+ 8.88
0 "	- 21	- 4.44
300 "	+ 22	+ 8.88
0 "	- 21	- 3.33

Der angeführte Versuch mit Guttapercha zeigt, daß wenigstens bei den Sorten, mit welchen ich zu tun hatte, diejenige Regelmäßigkeit in der Ausdehnung sowie den Wärmeänderungen, welche bei den Federn beobachtet wurde, nicht auftritt. Es ist möglich, daß diese Unregelmäßigkeit zum Teil auf Rechnung des Guttaperchazustandes kommt; diesen Versuch führte ich nämlich im Winter 1915/16 aus, wo es unmöglich war, frisches Material aus der Fabrik zu beschaffen. Obwohl sich nun ein konstantes Verhältnis zwischen den produzierten Wärmemengen und den Belastungen einerseits, und zwischen der Wärmemenge während der Belastung und der nach der Wegnahme des Gewichtes beobachteten andererseits nicht feststellen ließ, so wurde dennoch unzweifelhaft konstatiert, daß die Ausdehnung von Wärmeproduktion und die Zusammenziehung von Wärmeabsorption begleitet wird und daß die Wärmemenge bei der Ausdehnung stets größer ist als bei der Zusammenziehung. Übrigens legte ich auf diese Versuche kein besonderes Gewicht, weil eine Untersuchung der elastischen Körper vom physikalischen Standpunkte von mir nicht beabsichtigt wurde; es handelte sich hier nur um angenäherte Vergleichung der erwähnten elastischen Körper mit den Muskeln.

C) Die Muskeln.

Experiment XVI.

Kalorimeter Nr. 13. Empfindlichkeit rechts 0.85, links 0.76. Dauer der Stromschließung 2.5". Frische Muskeln wurden abprä-

pariert und im Kalorimeter in ganz analoger Weise wie Feder oder Gummi aufgestellt, nur vorher mit Löschpapier von der allzugroßen Feuchtigkeit abgetrocknet. Nach der Aufstellung im Kalorimeter wurde der Schenkelknochen über dem Kalorimeter in der Zange so befestigt, daß jede zufällige Bewegung unmöglich wurde. Die Röhre des Kalorimeters wurde oben und unten mit Eiderdunen ausgefüllt, hiebei im unteren Teil dafür gesorgt, daß der Flaum die Bewegungen des Drahtes, welcher in ähnlicher Weise wie bei der Feder an einem am unteren Ende des Muskels befestigten und zum Aufhängen der Gewichte bestimmten Haken aufgehängt war, nicht hemme. Dieser Draht konnte ganz ähnlich wie in vorigen Versuchen mit Hilfe von Zangen in der gegebenen Lage festgehalten werden und wurde ganz frei, wenn man die Zange lockerte. Der Muskel in der linken Kammer; in der rechten Luft und Flaum.

Belastung	Veränder. d. Länge	Wärme
10 g	+ 1	+ 1.14
0 "	— 1	— 5.70
20 "	+ 3	+ 1.90
0 "	— 2	— 5.70
30 "	+ 2.5	+ 3.42
0 "	— 2.5	— 4.56
50 "	+ 3	+ 4.18
0 "	— 3	— 4.56
100 "	+ 4	+ 5.32
0 "	— 4	— 4.56
200 "	+ 5	+ 6.84
0 "	— 4	— 5.32
300 "	+ 5	+ 6.84
0 "	— 6	— 4.56
400 "	+ 6	+ 10.26
0 "	— 6	— 4.18

Der rechte Muskel desselben Frosches in der linken Kammer.

Belastung	Veränder. d. Länge	Wärme
10 g	+ 2	+ 1.14
0 "	— 1	— 3.80
20 "	+ 2	+ 2.28
0 "	— 2	— 3.04

Belastung	Veränder. d. Länge	Wärme
30 "	+ 3	+ 3.04
0 "	- 3	- 2.28
50 "	+ 3.5	+ 5.32
0 "	- 3	- 1.52
100 "	+ 4	+ 5.70
0 "	- 4	- 4.18
200 "	+ 5.5	+ 4.94
0 "	- 5	- 3.80
300 "	+ 6	+ 3.80
0 "	- 6	- 3.80

Experiment XVII.

Kalorimeter Nr. 13. Temperatur 16.5°. Empfindlichkeit für die linke Kammer 0.93. Der Muskel eines frischen Frühlingsfrosches wurde mit Löschpapier abgetrocknet und nach Möglichkeit zentral aufgehängt; Gewicht 0.70 g.

Belastung	Veränder. d. Länge	Wärme
10 g	+ 2	+ 0.93
0 "	- 2	- 1.39
20 "	+ 1	+ 3.25
0 "	- 1	- 2.79
30 "	+ 2	+ 6.51
0 "	- 2	- 2.79
50 "	+ 3	+ 7.44
0 "	- 3	- 2.79
100 "	+ 4	+ 10.23
0 "	- 3	- 3.72
200 "	+ 4	+ 8.37
0 "	- 4	- 6.51

Im Versuche XVII tritt, wie wir sehen, eine gewisse Regelmäßigkeit in der Menge der produzierten Wärme während der Belastung deutlich auf; diese Wärme stieg bis zur Belastung von 100 g, bei 200 g wurde jedoch weniger Wärme produziert als bei 100 g; bei der Verkürzung des Muskels ergab der Gang der Abkühlung keine Regelmäßigkeit. Diese Erscheinung konnte nicht näher untersucht und ihre Ursache nicht erklärt werden, obwohl ich eine

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE
CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES.

SÉRIE B: SCIENCES NATURELLES.

DERNIERS MÉMOIRES PARUS.

(Les titres des Mémoires sont donnés en abrégé).

- S. Tenenbaum. Neue Käferarten von den Balearen Oct. 1914
- E. Estreicher. Über die Kälteresistenz u. den Kältetod der Samen Oct. 1914
- S. Jeleńska-Maciszyna. Über die Frequenz der Aktionsströme in
willkürlich kontrahierten Muskeln Oct. 1914
- K. Rouppert. Beitrag zur Kenntnis der pflanzlichen Brennhaare Oct. 1914
- VI. Kuleczyński. Fragmenta arachnologica, X Nov.—Déc. 1914
- St. Sumiński. Untersuchungen über die Entwicklung der Be-
haarung bei der weißen Maus (*Mus musculus* var. *alba*) Nov.—Déc. 1914
- J. Nowak. Über d. Loben der oberkretazischen Ammoniten Janv.—Févr. 1915
- A. J. Żmuda. Die polnischen *Alchemilla*-Arten Janv.—Févr. 1915
- A. J. Żmuda. Über die polnischen *Helianthemum*-Arten Janv.—Févr. 1915
- A. Macieszka. Brown-Séquard'sche Meerschweinchen-Epilepsie Janv.—Févr. 1915
- M. Siedlecki. Lymphatische Gefäße der fliegenden Drachen Janv.—Févr. 1915
- WI. Szafer. Anatomische Studien über javanische Pilzgallen, I Mars—Avril 1915
- A. Wierzejski. Entwicklung der Gemmulae der Spongilliden
und des Schwammes aus den Gemmulis Mars—Avril 1915
- WI. Szafer. Anatomische Studien über javanische Pilzgallen II Mai 1915
- F. Rogoziński. Beiträge zur Biochemie des Phosphors Mai 1915
- K. Klecki. Über mechanische Erscheinungen in der Gewebeskultur Mai 1915
- WI. Szafer. Die pflanzengeographischen Anschauungen Pol's Juin—Juill. 1915
- A. J. Żmuda. Über die Vegetation der Tatraer Höhlen Juin—Juill. 1915
- St. Jentys. Gehalt des Hafers an Phosphorsäure Juin—Juill. 1915
- A. Wodziezko. Zur Kenntnis von *Trichomanes Asnykii* Rac. Juin—Juill. 1915
- H. Hoyer, WI. Michalski. Das Lymphgefäßsystem bei Fo-
rellenembryonen Juin—Juill. 1915
- J. Grochmalicki. Zur Kenntnis der Süßwasserfauna Javas Juin—Juill. 1915
- A. Wróblewski. Neue parasitische Pilzarten aus Polen Oct.—Déc. 1915
- A. Lityński. Litauische Cladoceren Oct.—Déc. 1915
- J. Wołoszyńska. Polnische Süßwasser-Peridineen Oct.—Déc. 1915
- S. Fedorowicz. Drüsenformen der Rhinanthoideae-Rhinanthæae Oct.—Déc. 1915
- M. Raciborski. Pontische Pflanzen der polnischen Flora Oct.—Déc. 1915
- M. Kowalewski. *Marionina tatrensis* Janv.—Févr. 1916
- A. Lityński. Extremitäten der Cladoceren Janv.—Févr. 1916
- A. Wodziezko. Chemische Reaktion der Endodermiszellen Janv.—Févr. 1916
- A. Żmuda. Auffallende Mutation von *Apera spica venti* Janv.—Févr. 1916
- K. Kwietniewski. Längsteilung bei *Actinia Cari* Janv.—Févr. 1916

TABLE DES MATIÈRES.

Avril—Mai 1916.

	Page
K. KWIEŃNIEWSKI. Über die Längsteilung bei <i>Actinia Cari</i> (Schluß)	49
S. MINKIEWICZ. Neue und wenig bekannte Crustaceen aus den Tatraseen	56
L. POPIELSKI. Wasserstoffionen und die Sekretion des Pankreas- saftes	71
M. KOWALEWSKI. A contribution to the knowledge of the Oli- gochaeta: <i>Amphichaeta leydigi</i> (Tauber 1879) M. Kowa- lewski 1910	77
F. ROGOZIŃSKI. Beiträge zur Biochemie des Phosphors, II . . .	81
ED. JANCZEWSKI. Hybride du Groseillier dioïque et hermaphrodite	98
N. CYBULSKI. Zur Thermodynamik der Muskeln	105

Le »*Bulletin International*« de l'Académie des Sciences de Cracovie (Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles) paraît en deux séries: la première (A) est consacrée aux travaux sur les Mathématiques, l'Astronomie, la Physique, la Chimie, la Minéralogie, la Géologie etc. La seconde série (B) contient les travaux qui se rapportent aux Sciences Biologiques. Les abonnements sont annuels et partent de janvier. Prix pour un an (dix numéros): Série A... 8 K; Série B... 10 K.

Les livraisons du »*Bulletin International*« se vendent aussi séparément.

Adresser les demandes à la Librairie »G. Gebethner & Cie«
Rynek Gł., Cracovie (Autriche).

Prix 3 K 20.
