

Inhaltsverzeichnis.

| | Seite |
|---|-------|
| Verzeichnis der anwesenden Mitglieder und Gäste | 3 |
| Kurze Übersicht über den Verlauf der Versammlung | 4 |
| Eröffnung der Versammlung und Begrüßungen | 5 |
| Geschäftsbericht des Schriftführers und Wahl der Rechnungsrevisoren . . | 13 |
| Referat des Herr Prof. Meisenheimer: Äußere Geschlechtsmerkmale und Gesamtorganismus in ihren gegenseitigen Beziehungen | 18 |
| Vortrag des Herrn Dr. Thienemann: Die Salzwassertierwelt Westfalens | 56 |
| Vortrag des Herrn Prof. Spengel: Über die Organisation und Systematik der Gattung <i>Sipunculus</i> | 68 |
| Diskussion: Herr Dr. Thienemann | 78 |
| Demonstration des Herrn Dr. Hartmeyer: Über eine mehr als 2 m lange <i>Ascidie</i> (nur Titel) | 78 |
| Demonstration des Herrn Dr. Krüger: Eine elektive Färbung der Binde- substanzen | 78 |
| Wahl des nächsten Versammlungsortes | 79 |
| Provisorische Vorstandswahl | 79 |
| Beratung über die Anträge des Vorstandes auf Abänderung der Statuten . | 79 |
| Bericht des Herausgebers des „Tierreich“, Herrn Prof. F. E. Schulze . | 82 |
| Vortrag des Herrn Prof. Escherich: Die gegenwärtige Lage der an- gewandten Entomologie in Deutschland und Vorschläge zu ihrer Verbesserung | 83 |
| Diskussion: Herr Prof. Heymons, Schwangart, Alfken, Escherich und Brauer | 101 |
| Vortrag des Herrn Prof. van Bemmelen: Die Puppenzeichnung bei <i>Rhopa- loceren</i> in ihren Beziehungen zu derjenigen der Raupen und Ima- gines | 106 |
| Diskussion: Herr Prof. Heincke | 117 |
| Vortrag des Herrn Dr. Voss: Vergleichende Untersuchungen über die Flugwerkzeuge der Insekten | 118 |
| Demonstration des Herrn Prof. Wilhelmi: Instrumentarium zur Entnahme biologischer Wasserproben, Planktonpumpen usw. (nur Titel) . . . | 143 |
| Vortrag des Herrn Prof. Lohmann: Über <i>Coccolithophoriden</i> | 143 |
| Vortrag des Herrn Dr. Schulze: Über Chitinstrukturen | 165 |
| Vortrag des Herrn Prof. Hüpke: Die Fischpässe am Weserwehr bei Bremen und Aufstieg der Aalbrut | 195 |
| Bericht der Rechnungsrevisoren | 197 |
| Beratung über die Anträge des Deutschen Ausschusses für den mathema- tischen und naturwissenschaftlichen Unterricht | 197 |

| | Seite |
|---|-------|
| Beratung über den Antrag des Vorstandes der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte | 198 |
| Abstimmung über die Anträge auf Abänderung der Statuten | 199 |
| Vortrag des Herrn Dr. Erhard: Der Flug der Tiere | 201 |
| Diskussion: Herr Dr. Hase, Voss und Erhard | 225 |
| Vortrag des Herrn Prof. Bresslau: Über das spezifische Gewicht des Protoplasmas und die Wimperkraft der <i>Turbellarien</i> und <i>Infusorien</i> | 226 |
| Diskussion: Herr Dr. Strodtmann und Thienemann | 232 |
| Vortrag des Herrn Dr. Martini: Über die systematische Stellung der <i>Nematoden</i> | 233 |
| Vortrag des Herrn Prof. G. Entz jun.: Cytologische Beobachtungen an <i>Polytoma</i> | 249 |
| Demonstration des Herrn Dr. Prell: <i>Proturen</i> | 253 |
| Schluß der Versammlung | 257 |
| Statuten der Gesellschaft | 258 |
| Mitgliederverzeichnis | 262 |

deckte den Boden auf mehreren Quadratmetern. Dieses beständige und massenhafte Aufsteigen der Aalbrut von 7,5 bis 8,5 cm Länge, das bis Anfang Oktober dauerte, ist in Deutschland bisher noch niemals beobachtet worden. 1912 wurden die ersten Steigaale am 27. April angetroffen, was sich genau am selben Datum dieses Jahres wiederholte. Am Schluß des Vortrags wurden 5 Präparate der Montée von verschiedener Herkunft vorgelegt sowie ein Exemplar des *Leptocephalus-Morisii* vom Conger.

Fünfte Sitzung.

Donnerstag, den 16. Mai, 9—12¹/₂ Uhr.

Nachdem die Rechnungsrevisoren ihren Bericht erstattet haben, wird dem Schriftführer Entlastung erteilt.

Dann folgt die Beratung über die folgenden Anträge des Deutschen Ausschusses für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht:

- „1. Die Gesellschaft wolle beschließen, sich wie bisher auch für fünf weitere Jahre an den Beratungen des Deutschen Ausschusses durch Entsendung eines ständigen Vertreters zu beteiligen.
2. Die Gesellschaft wolle beschließen, wie bisher auch weiterhin die ihrem Vertreter aus der Teilnahme an den Sitzungen erwachsenden Kosten zu übernehmen.
3. Die Gesellschaft wolle beschließen — sofern das ihre finanzielle Lage gestattet —, einen festen Jahresbeitrag zu einem Fonds zu leisten, aus dem die dem Deutschen Ausschuss durch die Geschäftsführung, durch Druckkosten, Kommissionssitzungen usw. erwachsenden Kosten bestritten werden sollen.“

Nach kurzer Empfehlung durch den Schriftführer werden die Anträge angenommen und als fester Jahresbeitrag die Summe von 50 M. festgesetzt.

Der Vorstand der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte hat an den Vorstand ein Schreiben gerichtet, in dem er bittet, über die Frage,

„ob es rätlich wäre, daß die Deutsche Zoologische Gesellschaft und andere wissenschaftliche Gesellschaften, die jetzt getrennt tagen, ihre Jahresversammlungen in je einem Jahre für sich allein, im zweiten Jahre aber in Gemeinschaft mit den andern Gesellschaften auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte abhielten, wobei dann in dem einen Jahre hauptsächlich die Sonderfragen einer jeden Einzelwissenschaft zur Beratung zu stellen seien, in jedem zweiten Jahre auf der dann nur alle zwei Jahre tagenden Naturforscher-Versammlung die Fragen beraten würden, an denen die Gesamtheit aller Naturforscher und Ärzte oder größere Gruppen Interesse haben,“

im Schoße der Gesellschaft zu beraten und „einen Abgeordneten zu ernennen, der auf der 85. Naturforscher-Versammlung zu Wien am Samstag, den 20. September 1913, in einer Sitzung mit dem Vorstände die angeregte Frage besprechen könnte.“

Diskussion:

Herr Prof. HEIDER (Innsbruck).

Herr Prof. BRAUER (Berlin) erkennt die Vorteile, die der Vordner in einem gemeinsamen Tagen der D. Z. G. und der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte wohl an, aber auf der anderen Seite sieht er so viele Nachteile für erstere Gesellschaft, daß er sich ablehnend gegen den Vorschlag aussprechen muß. Die Zoologen haben sich ja gerade von der Naturforscherversammlung getrennt, weil ihre Interessen nicht in genügender Weise auf ihr befriedigt werden konnten. Die Naturforscherversammlung hat sich seitdem in keiner Weise geändert, um hoffen lassen zu können, daß ein Anschluß jetzt der Deutschen Zoologischen Gesellschaft besondere Vorteile bringen könnte. Er fürchtet, daß die Gesellschaft sehr stark darunter leiden würde, daß unsere Versammlungen nicht mehr so gut besucht und fruchtbringend sein werden, daß die Mitglieder wahrscheinlich nur alle zwei Jahre auf ihre Versammlungen kommen werden, daß die „Verhandlungen“ schlechter werden, weil die Referate wahrscheinlich in den Berichten der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erscheinen werden, daß der jetzt so erfreuliche rege Verkehr unter den Mitgliedern auf der großen Naturforscherversammlung nicht möglich, jedenfalls stark beein-

trächtig werden wird u. a. Weiter hebt er noch hervor, daß die Mitglieder außer ihrem Beitrag für ihre Gesellschaft auch noch mindestens den Beitrag als Teilnehmer der Naturforscherversammlung zahlen müssen und daß die letztere im Herbst, die der Deutschen Zoologischen Gesellschaft in der Pfingstwoche stattfindet, also die Versammlungen der letzteren nur durch ein halbes Jahr getrennt sind. Für die Zoologen liege nicht der geringste Grund vor, ihre Selbständigkeit aufzugeben oder zu vermindern. Es möge jedem überlassen bleiben, an der Naturforscherversammlung teilzunehmen.

Herr Dr. KÜHN (Freiburg) erhebt das Bedenken, daß die Vorträge der allgemeinen Sitzungen und der fachverwandten die Mitglieder der Deutschen Zoologischen Gesellschaft so stark in Anspruch nehmen werden, daß die speziellen zoologischen Vorträge kaum mehr auf regen Anteil rechnen können, wenn sie sich am Ende der Verhandlungstage anschließen.

Herr Prof. HEIDER (Innsbruck).

Herr Prof. BRESSLAU (Straßburg).

Herr Dr. MARTINI (Hamburg).

Herr Dr. STRODTMANN (Wilhelmsburg).

Herr Prof. BRAUER (Berlin).

Herr Prof. SPENGLER (Gießen) weist darauf hin, daß für die Wahl des Versammlungsortes in beiden Gesellschaften sehr verschiedene Gesichtspunkte maßgebend seien und daß leicht der Fall eintreten könne, daß die Gesellschaft der Naturforscher und Ärzte an einem den Interessen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft durchaus nicht entsprechenden Orte tage.

Herr Prof. KORSCHULT (Marburg) schlägt vor, Herrn Prof. HEIDER zu bitten, als Abgeordneter der Gesellschaft an der Sitzung des Vorstandes der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte in Wien teilzunehmen.

Der Antrag wird angenommen.

Darauf folgt die Abstimmung über die in der Beratung am Mittwoch gestellten Anträge auf Abänderung der Statuten. Zum Absatz 1 des § 5 sind folgende Anträge eingegangen:

1. Antrag des Herrn Dr. HASE:

Jedes Mitglied zahlt zu Anfang des Geschäftsjahres, welches mit dem 1. Januar beginnt und mit dem 31. Dezember endet, einen Jahresbeitrag von 20 M. an die Kasse der Gesellschaft.

2. Antrag der Herren KÜHN, BRESSLAU und MARTINI:

Jedes Mitglied zahlt zu Anfang des Geschäftsjahres, welches mit dem 1. Januar beginnt und mit dem 31. Dezember endet, einen Jahresbeitrag von 15 bzw. 5 M. (s. § 12, Abs. 3) an die Kasse der Gesellschaft.

Der Vorstand zieht seinen Antrag, nach welchem der 5 M.-Beitrag auf 10 M. erhöht werden sollte, zurück und schließt sich dem letzteren Antrag an.

Die Abstimmung ergibt die Ablehnung des Antrags HASE, dagegen die Annahme des Antrags KÜHN, BRESSLAU und MARTINI mit mehr als $\frac{2}{3}$ Majorität.

Zum Absatz 2 des § 5 sind folgende Anträge eingegangen:

1. Antrag des Herrn Dr. HASE:

Ablösungen der Beiträge durch Zahlung eines einmaligen Beitrags fallen in Zukunft weg.

2. Antrag des Herrn Dr. STEYER:

Die Jahresbeiträge können durch eine einmalige Bezahlung von mindestens 300 M. abgelöst werden.

3. Antrag des Herrn Prof. HEINCKE:

Die Jahresbeiträge können durch eine einmalige Bezahlung von mindestens 250 M. abgelöst werden.

4. Antrag des Vorstandes:

Die Jahresbeiträge können durch eine einmalige Bezahlung von mindestens 200 M. abgelöst werden.

Die Abstimmung ergibt die Ablehnung der drei ersten Anträge und die Annahme des Antrages des Vorstandes mit mehr als $\frac{2}{3}$ Majorität.

Zum Absatz 4 des § 5 liegt nur der Antrag des Vorstandes mit einem Zusatz von Prof. SPENGLER vor:

Mitglieder, welche der Gesellschaft mindestens 10 Jahre angehört und während dieser Zeit jährlich einen Beitrag von 15 M. (bzw. 10 M. nach der alten Bestimmung) entrichtet haben, können für die Zukunft ihre Beiträge durch eine einmalige Zahlung von mindestens 100 M. ablösen.

Der Antrag wird mit mehr als $\frac{2}{3}$ Majorität angenommen.

Zum Absatz 3 des § 12 liegt nur der Antrag des Vorstandes vor:

Über jede Versammlung wird ein Bericht veröffentlicht. Von diesem erhält jedes Mitglied, welches einen Jahresbeitrag von 15 M. entrichtet oder gemäß § 5 Abs. 2 und 4

die Jahresbeiträge durch eine einmalige Zahlung abgelöst hat, ein Exemplar unentgeltlich.

Der Antrag wird mit mehr als $\frac{2}{3}$ Majorität angenommen.

Ferner ist von den Herren MARTINI, KÜHN und BRESSLAU noch folgender Antrag eingegangen:

Der Vorstand möge an diejenigen Mitglieder, die ihre Beiträge bereits durch eine einmalige Zahlung von 100 bzw. 50 M. abgelöst haben, die Bitte richten, nachträglich diesen Beitrag auf die jetzt beschlossene Höhe von 200 bzw. 100 M. freiwillig zu erhöhen.

Der Antrag wird angenommen.

Dr. H. ERHARD (München):

Der Flug der Tiere.

M. H.! Sie wissen, es gibt zwei Prinzipien des Flugs: Leichter als die Luft, Aerostatik; und schwerer als die Luft, Aerodynamik.

Die Aerostatik findet im Tierflug soviel wie keine Anwendung, denn der Auftrieb, den ein Vogel durch die Erwärmung der in ihm befindlichen Luft erhält, beträgt pro kg Tiergewicht nur ca. 0,1 g (15, 20, 21, 27, 37, 72, 75, 76, 92, 131, 166, 179, 190).

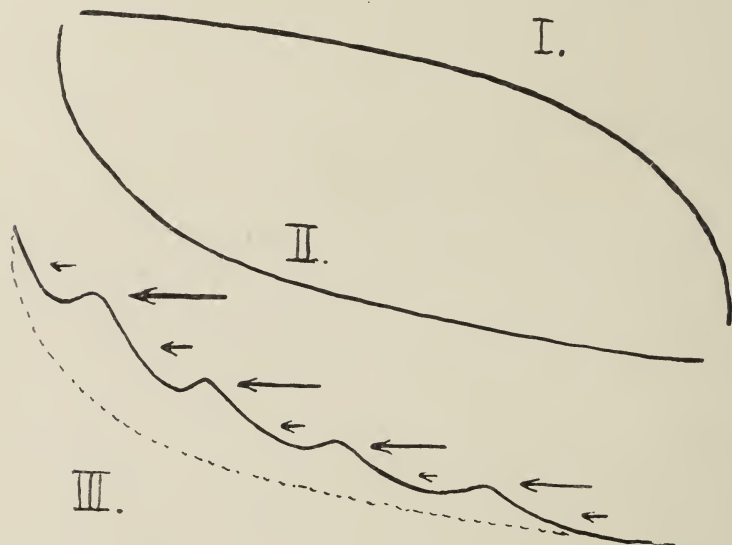
Der Flug „Schwerer als die Luft“ ist die wundervollste Energieumwandlung, die die Natur kennt. Bis 30 % beträgt der Nutzeffekt des menschlichen Muskels in Bewegung, über 60 % der des Vogels (nach GILDEMEISTER, 198). 62 % aller tierischen Organismen 75 % aller Landtiere können fliegen (PÜTTER, 156, 157).

Für den Flug „Schwerer als die Luft“ ohne Antriebsmittel (Flügel Schlag, Motor) gelten folgende Regeln (nach den Untersuchungen von RALEIGH, (183), O. LILIENTHAL 94, 97, 98, 100, 101 und anderen (9, 10, 11, 12, 14, 47, 83, 84, 104, 128, 154):

Ein beliebiger spezifisch schwererer Körper als die Luft fällt in unbewegter Luft, wenn ihm keine Beschleunigung erteilt wird, senkrecht herab (Fall), wenn er eine Beschleunigung hat, in Parabelform herab (Projektilflugbahn, Fig. 1 I). Besitzt dieser beliebige Körper Tragflächen, so werden im einfachsten Falle beide Fälle verlangsamt¹⁾.

¹⁾ Es sind hier nur die einfachsten Fälle erwähnt. In Wirklichkeit können bei ungleichartigen Schwerpunktsverlagerungen die kompliziertesten Fallrichtungen entstehen, wie dies besonders DINGLER (44) auseinandergesetzt hat.

Ein „ausbalancierter“ mit Tragflächen versehener Körper¹⁾, der spezifisch schwerer als die Luft ist, verhält sich folgendermaßen: 1. Bei Windstille gleitet er in einer erst steilen, dann sich verflachenden Kurve zu Boden (Fig. 1 II). 2. Bei aufwärts gegen den Körper strömender Luft bleibt er ganz in gleicher Höhe bzw. wird gehoben. 3. Wird der Körper von ungleich starken, wagenrechten Luftströmungen von hinten bzw. vorne getroffen, so nützt er den relativ zu seiner eigenen Vorwärtsbewegung gleichartigere Wind (von vorne den schwächeren, von hinten den stärkeren) zur Vorwärts- und Abwärtsbewegung, den relativ ungleichartigeren



Figur 1.

I. Projektflug. II. Gleitflug einer ausbalancierten Fläche. III. Gleitflug einer ausbalancierten Fläche bei ungleicher Windstärke. (Die Pfeile geben die Richtung des Windes, die Länge der Pfeile die Stärke desselben an.)

(von vorne den stärkeren, von hinten den schwächeren) zur Verlangsamung und Hebung aus. Er beschreibt dann eine sich allmählich verflachende, doch von Wellen unterbrochene Kurve nach abwärts (Fig. 1 III). Die Ausbalancierung der Flugfläche erfolgt dabei nach LILIENTHAL (101) und MOUILLARD (128) dadurch, daß die Resultante des Druckes der Luft (Auftriebsmittelpunkt) nicht durch die Mitte der Flugfläche geht, sondern ihrem Vorderrande genähert ist. Die automatische Stabilisierung erfolgt, indem bei zu flacher Neigung der Tragflächen der Auftriebsmittelpunkt nach vorne vor den Massen-

¹⁾ Beispiele dafür liefert die Natur in den Samen der Pflanzen *Zanonia* und *Bignonia*. (Vgl. DINGLER 44!)

schwerpunkt rückt und den Hinterrand hebt. Erhöht wird der Auftrieb ferner nach LILIENTHAL (97, 100) bei dorsal gewölbten Flächen gegenüber ebenen. Damit ist die Erklärung gegeben, daß ausbalancierte gewölbte, nach vorwärts bewegte Flächen, die abwärts gleiten, wie sie der Vogelflug im Gleitflug darstellt, eine im Vergleich zu ihrer Größe riesige Tragkraft haben, denn bei ihnen kann nach PRANDTL (154) der Anprall eines wagrechten Luftstromes



Figur 2.
Flugsamen von *Zanonía*.

bis zum 12- oder 13fachen des wagrechten Widerstandes oder Rücktriebs betragen. Nach LANCHESTER (83, 84) gelten diese für den passiven Flug hier entwickelten Grundgesetze im wesentlichen auch für den aktiven Flug.

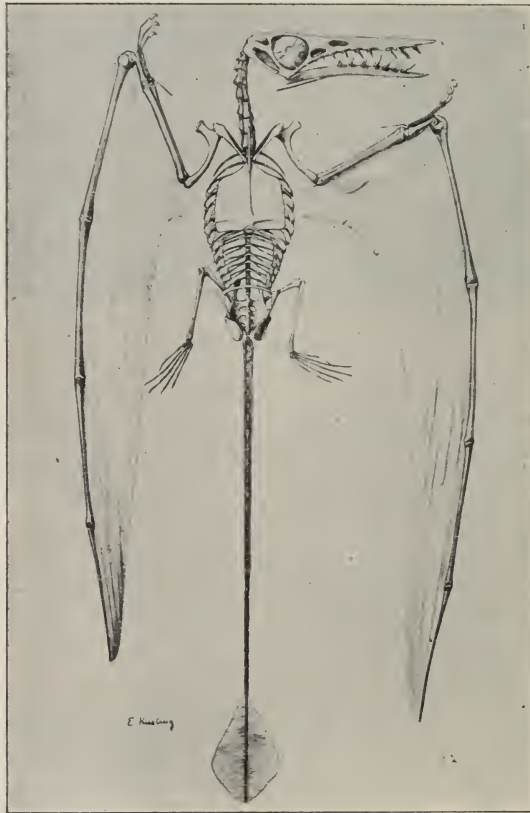
Die primitivsten Flugrichtungen besitzen (27, 72, 199, 43) *Galeopithecus* der Flattermacki, *Anomalurus*, die Flugbilche, ferner die Flughörnchen *Sciuropterus* und *Pteromys* und der Flugbeutel *Petaurus*. Die Hautanhänge des Körpers dienen dazu, den Fall zu verlangsamen. Da der Aufschlag dieser Baumierte in stumpferem Winkel zum Erdboden erfolgt als ihr Absprung — im Gegensatz zum eigentlichen Gleitflug —, so ist ihr Flug lediglich als Fallschirmflug zu bezeichnen. Das gleiche gilt vom „fliegenden“ Geko, *Ptychozoon*, und vom „fliegenden“ Drachen, *Draco fimbriatus* (43, 72), bei denen die Haut durch die Rippen angespannt gehalten wird, und endlich vom „fliegenden“ Frosch, *Racophorus Reinwardtii* (173, 191) (Fig. 3). Letztere beiden blähen die Flughaut auf (43, 173). Bei allen diesen Tieren scheint zum eigentlichen Gleitflug der Schwerpunkt nicht weit



Figur 3.
Racophorus Reinwardtii.
(Nach Siedlecki.)

genug nach vorne gelagert zu sein. Da der Flugfrosch nach SIEDLECKI (173) bisweilen mit den Hinterbeinen in der Luft schlägt, um sich in der richtigen Schwebestellung zu erhalten, stellt er den Beginn des Schweben- und Ruderflugs dar.

Einen typischen Gleitflug vollführen die Flugfische (3, 4, 6, 27, 39, 40, 46, 47, 72, 126, 127, 171), *Erocoetus*, *Pantopoden* und *Dactylopterus*. Durch einen Schwanzschlag heben sie sich aus dem



Figur 4.

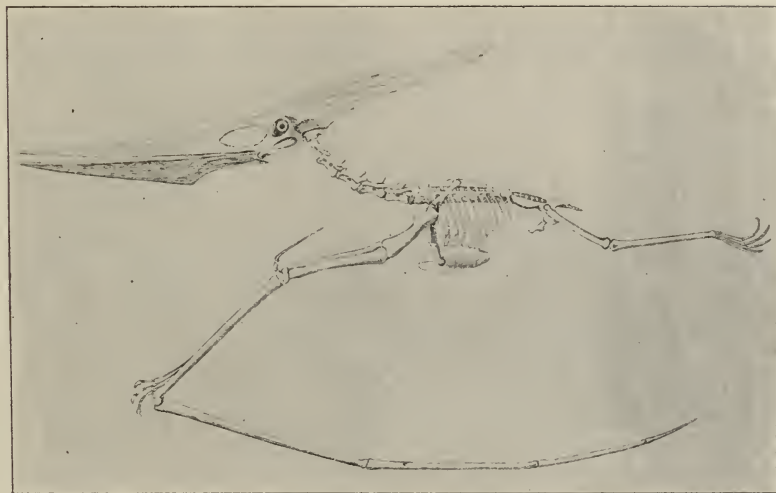
Rhamphorhynchus nach der Rekonstruktion von v. Stromer. (Nach v. Stromer.)

Wasser, breiten die Flossen aus und gleiten in der Luft dahin. Nach DU BOIS-REYMOND (46, 47) erhalten sie sich eine Zeitlang in der Luft entweder dadurch, daß sie die über einen Wellenkamm aufsteigende Luft durch Änderung der Flossenstellung zur Hebung ausnützen oder mit in einen Wellenkamm geführtem Schwanzschlag sich heben. Aktive Flügelruderschläge in der Luft finden nicht statt. Dazu ist die Flügelmuskulatur zu schwach, und dagegen

spricht, daß auf Schiffe gefallene Tiere nicht weiterfliegen können, so wenig wie nach DAHL (39, 40) an Schnüren in der Luft befestigte oder aus der flachen Hand herabgeworfene Tiere.

Die primitivste Form des Ruderflugs, der Flatterflug der Fledermäuse, geschieht durch Ausbreiten der Flügeldecken beim Abwärts- und Zusammenfallen beim Aufwärtsschlag. Als Steuer und Stabilisierung dient die Verbindung der Hinterbeine mit dem Schwanze (45, 47, 72, 106, 107).

Unter den Flugsauriern (4, 13, 70, 79, 80, 86, 87, 121, 124, 170, 181, 182, 196), die in kurz- und langschwänzige eingeteilt



Figur 5.

Pteranodon nach der Rekonstruktion von Eaton. (Nach Eaton.)

werden, muß der trefflichste Flieger *Rhamphorhynchus* (181, 182) gewesen sein (Fig. 4). Lange schmale Flügel und eine weit zurückliegende an einem langen Hebelarm befestigte Fläche, die nach v. STROMER (mündliche Mitteilung) mehr als Stabilisierungsfläche als als Höhensteuer wirken mußte, sind bezeichnend. Die Längsfältelung der Flügel ist nach meiner Ansicht nach Beobachtungen am Material der Münchner paläontologischen Sammlung nicht allein auf Zusammenfaltung beim Tode zurückzuführen, sondern dient dazu, die einstreichende Luft gegen die Punkte größten Widerstandes, die Flügelspitzen auszuleiten. Die Luft würde ohne dieselben gerade zu dem gar nicht versteiften und deshalb passiv flatternden Flügelhinterrand streichen müssen.

Von den kurzschwänzigen Flugsauriern hat der phylogenetisch jüngste bis 9 m Spannweite besitzende *Pteranodon* (48) (Fig. 5) sein Seitensteuer wahrscheinlich in Form eines Fortsatzes am Kopfe, wozu noch ungelenkige Halswirbel und Drehbarkeit im Altasgelenke dienten. Die viel zu hoch gelegene, keinerlei Stabilität gewährende Steuerung stellt etwas recht Unvollkommenes dar¹⁾.

Die Insekten besitzen mannigfaltige, kaum unter einen Gesichtspunkt zu bringende Flatterflugarten, die trotz der hohen Verdienste MAREY'S (109, 110, 112, 118, 119, 120) und seiner Schule (33, 34) teilweise noch nicht geklärt sind. (Vgl. ferner: 5, 19, 27, 35, 47, 53, 65, 70, 72, 91, 92, 93, 106, 144, 145, 146—148, 150, 156, 157, 163!)

ABRAMOWSKY (5) hat ganz allgemein nach der Rippung der Unterseite der Flügel die Insekten in gute und schlechte Flieger einteilen wollen. Gute Flieger sollen nach dem Turbinenprinzip angeordnete starke, die Luft zweckmäßig komprimierende Rippungen haben. Das ist nach meinen eigenen, über viele hundert Arten sich erstreckenden Feststellungen sicher in dieser Form unrichtig (vgl. auch 19, 27, 93). Nur drei allgemein geltende Gesetze konnte ich ausfindig machen. Gute Flieger haben lang ausgezogene Flügel, gut fliegende Schmetterlinge haben den Hinterrand des Hinterflügels gezackt oder ausgespitzt, gut fliegende Libellen im inneren Drittel des Flügels auf der Unterseite eine tetraederförmige Vertiefung. Daß, wie ich es tat, nur Tiere einer Familie untereinander verglichen werden dürfen, lehrt schon die verschiedene Frequenz des Flügelschlages, die nach HESSE (72) bei der Libelle 28, dem Kohlweißling 9, dem Taubenschwanz 72, der Biene 190 und der Stubenfliege 330 in der Sekunde beträgt.

Im einzelnen erfolgt nach BULL (31—34) (Fig. 6) bei den Libellen, bei denen nach HESSE (72) ein direkter Flügelmuskelansatz besteht, der Schlag metachron, und zwar von oben hinten nach unten vorne. Der Hinterleib dient als Steuer.

¹⁾ Diese Deutung ist freilich nicht ganz sicher. Sie gründet sich hauptsächlich auf die Tatsache, daß das Schwanzsteuer unverhältnismäßig klein ist. EATON (48) hält den Kopffortsatz lediglich für eine Art Windfahne, bestimmt, dem seitlichen Luftanprall auf den unverhältnismäßig großen Schnabel entgegenzuwirken. Jedenfalls könnte er nur so und nicht als „Gegengewicht“ biologisch in Beziehung zum Schnabel treten, denn der papierdünne Schnabel braucht kein Gegengewicht. Aus der Tatsache, daß ganz nahe Verwandte des *Pteranodon* von vollkommen analogem Knochenbau diesen Kopffortsatz gar nicht oder nur sehr mäßig entwickelt haben, folgt jedenfalls, daß er zum Flug nicht unbedingt nötig war.

Die übrigen Insekten, die zwei senkrecht aufeinander wirkende Muskelsysteme besitzen, teilen sich in Schwirrfieger (Beispiel die Fliegen), Flatterfieger (Beispiel die Schmetterlinge) und solche Fieger mit starren vorderen Flügeldecken (Beispiel die Käfer). Der propellerartig erfolgende Schwirrflug der Dipteren stellt den ungünstigsten Nutzeffekt dar. Wie hier zu kleine Flügeldecken hinderlich sind, so sind bei den meisten Schmetterlingen zu große, wie DU BOIS-REYMOND (47) vortrefflich ausführt, der Grund, daß diese zum Ideal des Fluges, dem Segelflug, nicht fähig sind. Ihr Körper ist nämlich im Verhältnis zu leicht und kann „deshalb infolge des verhältnismäßig großen Luftwiderstandes an der großen Flügelfläche seine Geschwindigkeit nicht bewahren. Indem die Geschwindigkeit nachläßt, nimmt aber die Tragfähigkeit der Flügel sehr schnell ab, und trotz seiner großen Fläche sinkt daher der Schmetterling zwischen zwei Flügelschlägen um ein beträchtliches Stück.“ Da aber die großen Flügelflächen den Körper immer wieder leicht empörtreiben, resultiert die Wellenlinie des Gaukelfluges des Schmetterlings.



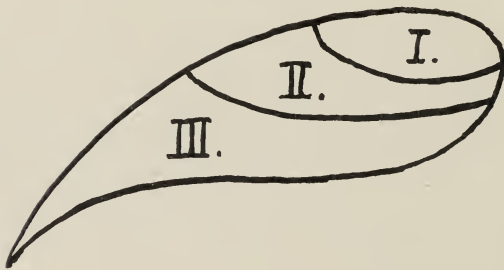
Figur 6.

Schema der Libellenflügelbewegung. (Nach Bull.)

Um zu ergründen, ob die aktiv nicht bewegten Flügeldecken der Käfer nur zum Schutze der Flugflügel dienen oder zum Fluge selbst von Vorteil sind (157, 163), hat man sie gestutzt und gefunden, daß die Tiere noch bei weitgehender Verkleinerung fliegen können (163). Dazu kommt, daß ein so guter Fieger wie *Cetonia* die Flügeldecken beim Fluge geschlossen hält. Immerhin glaube ich, daß die Flügeldecken bei den meisten Arten, wenn auch nicht zur Geschwindigkeit, doch zur Flugsicherheit beitragen. Daß die Hauptrolle aber den häutigen Flügeln zukommt, erhellt daraus, daß durchweg harte Flügel besitzende Arten, wie *Carabus* und *Peritelus*, nicht fliegen können.

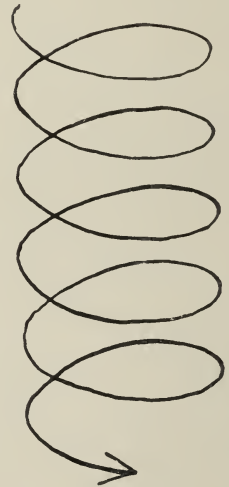
Einen tieferen Einblick in den Insektenflug werden wir erst erhalten, wenn die alle Übergänge vom gewöhnlichen Sprung bis zum trefflichsten Überlandfluge vermittelnden Heuschrecken in dieser Hinsicht näher untersucht sind.

Die anatomischen Eigenschaften (5, 7, 15, 20, 21, 22, 29, 30, 37, 47, 60, 62, 63, 66, 68, 72, 75, 76, 77, 78, 101, 103, 108, 120, 122, 123, 130, 131, 132, 134, 135, 140, 155, 157, 161, 162, 166, 169, 174, 179, 180, 184, 187, 188, 190, 198), die die Vögel zu den Meistern des Fluges prädestinieren, sind besonders: Hohle Knochen und Luftsäcke und damit Verringerung des spezifischen Gewichtes und treffliche Versorgung mit Sauerstoff und das einzigartige Prinzip der Feder, das bei geringstem Widerstand gegen den Flugwind größten Nutzeffekt gewährt. Dieser wird noch erhöht durch stärkere Einpflanzung der vom Ansatzhebel weiter entfernten Handschwingen im Vergleich zu den Armschwingen. Dagegen ist die oft behauptete Ansicht nicht richtig, daß ein Hauptmoment in der Öffnung der Spalten zwischen den Federn für durchstreichende Luft bei Aufwärts-, Schließung bei Abwärtsbewegung des



Figur 7.

Schema eines Flügels zur Veranschaulichung des Verklebens. (Nach Abramowsky.)



Figur 8.

Abwärtsspirale ohne Flügel-schlag bei ruhender oder abwärts gerichteter Luft.

Flügels beruhe (72). ABRAMOWSKY (5) hat nämlich gezeigt, daß ein Verkleben der ganzen Flügeloberseite von keinem Einfluß auf die Flugfähigkeit ist, und LILIENTHAL (101) hatte bereits festgestellt, daß ein solcher Jalousienflug auch rein physikalisch unzweckmäßig sei. Es hat aber die Unterseite der Feder und ihre automatische Verstellung für die Einleitung der Luft höchste Bedeutung, wie nach ABRAMOWSKY (5) (Fig. 7) daraus hervorgeht, daß bei Verkleben von Serie I mäßiger, II sehr schlechter, III kein Flug möglich sei.

Von besonderen Eigenschaften sei erwähnt: Die einen Vögel besitzen rote Flugmuskeln, die langsam, aber ausdauernd¹⁾, die

¹⁾ Die Maximalflugeistung weist der amerikanische Regenpfeifer auf, der 5000 km ohne Unterbrechung zu fliegen vermag.

anderen blasse Flugmuskeln, die schnell, aber bald ermüdend arbeiten. Ferner besitzen im allgemeinen gute Flieger lange schmale, geringe Krümmung aufweisende Flügel, schlechte Flieger kurze, breite stark gekrümmte Flügel (72).

Die aerodynamischen Grundgesetze gelten selbstverständlich auch für den schlaglosen Segelflug der Vögel (8, 9, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 27, 38, 41, 47, 51, 61, 69, 70, 72, 74, 83, 84, 85, 96, 98, 99, 101, 104, 118, 120, 137, 138, 139, 143, 146, 147, 148, 155, 168, 175, 178, 193, 195, 198), und es muß einfach als unrichtige Beobachtung bezeichnet werden, wenn GILDEMEISTER (198) z. B. angibt, ein Albatros könnte ohne Flügelschlag bei horizontalem Wind gegen denselben sich stundenlang in gleicher Höhe halten.



Figur 9.

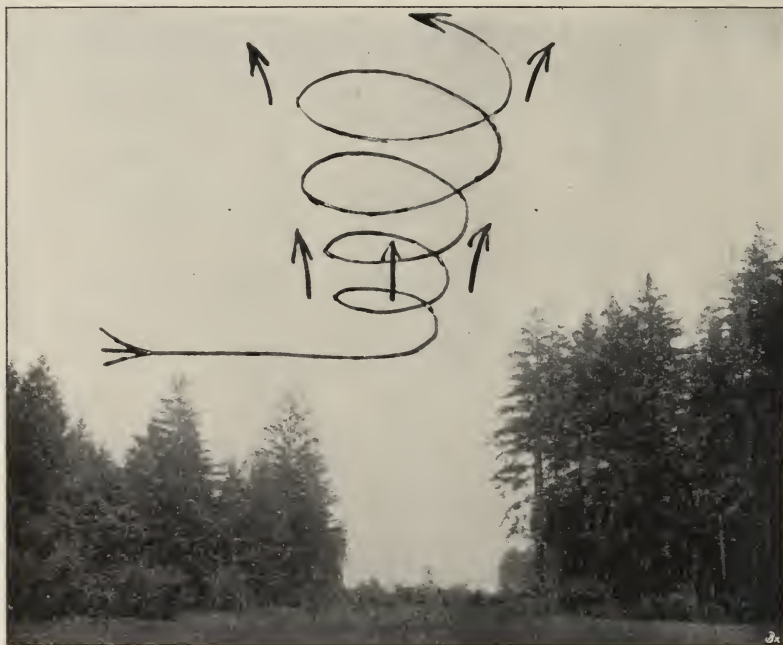
Spiralschwebeflug ohne Flügelschlag bei horizontaler starker Windrichtung. Sinken mit der Windrichtung. Steigen gegen dieselbe. Die Pfeile geben die Windrichtung an.

Gleiche irrige Angaben finden sich für das Kreisen ohne Schlag, nur mit Hilfe von Verstellung („Verwindung“) der Flügel und des Schwanzsteuers vor. Hier sind nur drei Möglichkeiten gegeben: Bei ruhender oder absteigender Luft sinkt der Vogel in einer Spirale (Fig. 8). Bei horizontalem Wind kann er seine während des Fluges mit dem Wind erzielte Fluggeschwindigkeit¹⁾ — die abwärts geneigt stattfinden muß — bei der Wendung gegen den Wind zu einem kürzeren Aufstieg nutzen, er wird also abgetrieben²⁾ (Fig. 9); nur bei aufsteigender Luft kann er ohne aktiven Flügelschlag in die Höhe kreisen (Fig. 10). Ich bin mir dessen bewußt, daß mancher von Ihnen mir einwenden wird, er habe auch bei vollkommener

¹⁾ Es muß dabei natürlich eine Differenz zwischen der Eigengeschwindigkeit und der Windgeschwindigkeit vorhanden sein. Bei gleicher Geschwindigkeit wäre ebensowenig ein Lenken in der Kurve möglich wie bei einem (mit dem Wind in annähernd gleicher Schnelligkeit schwebenden) Ballon durch Ausspannen eines Segels.

²⁾ Diese meine Theorie steht im Widerspruch mit AHLBORN (7).

Luftstille einen Vogel sich ohne den geringsten Flügelschlag aufwärts schrauben sehen. Abgesehen davon, daß man Raubvögel, bei denen dieses Phänomen am besten zu beobachten ist, nie so nahe sieht, daß man mit Sicherheit jeden leisesten Flügelschlag leugnen könnte, ist vom Menschen die Wirkung vertikaler Luftströmungen vor Entwicklung der Aviatik bedeutend unterschätzt worden. Auf ihre Bedeutung für den Vogelflug hat wohl zuerst AIRY (10) hingewiesen (vgl. auch 2, 38, 41, 56, 109). Wenn Sie in dem wunder-



Figur 10.

Spiralschwebeflug ohne Flügelschlag bei aufsteigender Luftströmung. Rechts und Links ein Wald. In der Mitte Stoppelfeld. Die Pfeile geben die Luftrichtung an.

vollen Buche unseres besten deutschen Fliegers HELLMUTH HIRTH (73) lesen, daß ein Flugapparat, der bei Windstille am Morgen erst über einen feuchten Wald geflogen ist (vgl. auch Fig. 10), im Augenblicke, da er über ein von der Sonne erwärmtes Stoppelfeld kommt, plötzlich 100 m emporgerissen wird, so werden Sie die kolossale Wirkung solcher vertikalen Ströme erkennen. In diesem Falle entstehen sie dadurch, daß die trockene Luft über dem Felde sich rascher erwärmt und ausdehnt als die feuchte über dem Walde (vgl. Fig. 10). Die stärksten vertikalen Luftströme entstehen bei Wind über kuppertem Terrain. So berichtet HIRTH (73), daß sein Apparat bei

seinem Fluge über den Spessart plötzlich Hunderte von Metern mit solcher Wucht herabgeschleudert wurde, daß er halb aus der Karosserie fiel.

Am schönsten läßt sich die Wirkung vertikaler Luftströme im Hafen von Monaco (Fig. 11), der nach Osten offen, nach den übrigen drei Richtungen von steil aufsteigenden Felswänden umgeben ist, beobachten. Geht starker horizontaler Ostwind von etwa 15 Sekundenmetern, so sieht man an den Möven, die sich alle gegen den Wind stellen, folgendes: Die über dem offenen Meere oder am Hafeneingang befindlichen müssen starke Flügel-



Figur 11.

Hafen von Monaco vom Hafeneinde aus gegen Osten zu gesehen. Man sieht das offene Meer, den Hafeneingang und die ankernden Jachten. X Die Stelle, an der sonst die Wasserflugzeuge verankert sind. Links vom Hafen aufsteigend (im Bilde oben) Monte Carlo und Berge. (In gleicher Weise wird der Hafen rückwärts — auf dem Bilde nicht mehr sichtbar — (Condamine) und rechts (Monaco) von steil aufsteigenden Felswänden eingeschlossen.)

schläge ausführen, um sich an Ort und Stelle zu halten, die in der Nähe der Wasserflugzeuge befindlichen schlagen schwächer, diejenigen, die über den Jachten stehen, führen nur etwa alle $\frac{1}{2}$ Minute einen Schlag aus. Dagegen stehen oft mehrere Minuten lang diejenigen ohne jeden Flügelschlag still in der Luft, die hinter den Jachten sich befinden. Der erst horizontale Wind beginnt im hinteren Teile des Hafens an den Wänden emporzustreichen und die Tiere hier vollführen nichts anderes, als einen ständigen schlaglosen Gleitflug gegen die aufsteigende Strömung. Erfolgt derselbe in der gleichen Schnelligkeit nach vorne, die die entgegengesetzte Luftströmung hat, so ergibt dies ein „Stillstehen“ der Tiere in der Luft für den Beschauer.

Es können auch endlich Stellen verschiedener Luftdichte, z. B. „Luftlöcher“, d. h. Stellen stark verdünnter Luft, entstehen (2). In diesem Fall z. B. muß ein Vogel plötzlich stark nach abwärts gezogen werden. Ein Flugapparat stürzt, wie wir wissen, in diesem Falle plötzlich wie ein Sack herab, er „sackt durch“.

Das schwierigste Flugproblem, der Ruderflug der Vögel (7, 27, 49, 55, 58, 64, 71, 82, 83, 84, 85, 90, 94, 109 a, 112—118, 120,



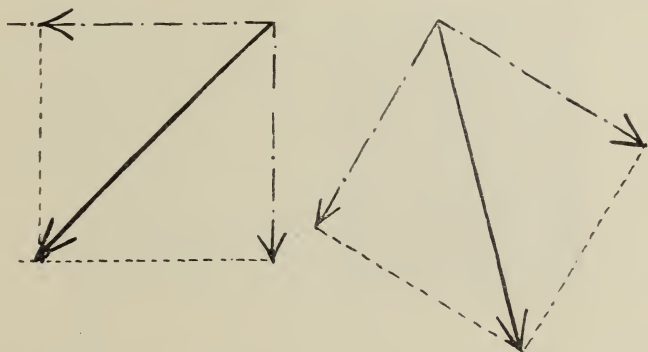
Figur 12.

Modell eines Flügels. Hergestellt mit Metzeler-Fliegerstoff von Eduard Rabs. Die punktierte senkrechte Linie zeigt die Richtung des gewollten Schlages an. Die ausgezogene Linie die des tatsächlich ausgeführten. (Schema. In Wirklichkeit ist die letztere Linie eine Parabel infolge der sich immer stärker komprimierenden Luft.)

125, 135, 141, 146—148, 148 a, 155, 157, 159, 186, 193, 195), wurde besonders durch die großartigen Untersuchungen MAREY's und seiner Schule zwar nicht gelöst, aber doch unserem Verständnisse näher gebracht. Widersinnig erscheint auf den ersten Blick, daß der Vogel, um vorwärts zu kommen, nicht von oben vorne nach unten hinten schlägt, sondern umgekehrt, von oben hinten nach unten vorne. Nehmen wir zur Erklärung ein Modell eines Vogelflügels zur Hand (Fig. 12) und wollen rein senkrecht schlagen, also uns eine senkrechte Hebung geben, so weicht das

selbe in der Richtung der Vorderkante, also nach vorne gegen unseren Willen aus. Dies kommt daher, weil die Luftkompression an der starren Vorderkante größer ist als an der elastischen Hinterkante, an letzterer also durch Ausdehnung Kompetenten nach vorwärts erzeugt werden. Da der Schlagwinkel zur reinen theoretischen senkrechten Hebung des Vogels sehr spitz ist, der zur reinen Vorwärtsbewegung aber dienende vermöge der spezifischen Struktur des Flügels nicht wagerecht nach hinten, sondern schräg abwärts gerichtet ist, ergibt sich eine nach abwärts und vorn gerichtete Kompetente (Fig. 13).

Im einzelnen findet ferner nach MAREY (113—115, 118, 120) folgendes statt: Die Dauer des Niederschlages ist größer als die



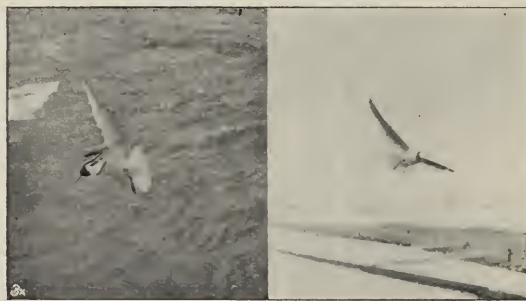
Figur 13.

Links das Kräfteparallelogramm, das nötig ist, um einen beliebigen Körper nach vorwärts rechts und aufwärts zu bringen. Die Resultante geht von oben rechts nach unten links. Rechts das infolge des „Ausweichens“ des Vogelflügels veränderte. Die Resultante geht von oben links nach unten rechts. (Der Vogelflügel schlägt nach vorwärts, abwärts.)

der Hebung, da bei letzterer der Flügel etwas geknickt und durchgezogen wird. Am Ende des Niederschlages wird die Flügelspitze zurückgezogen, am Ende der Hebung vorgeschneilt. Beim Niederschlag ist besonders die Fläche der Armschwinge nach vorne, die der Handschwinge dagegen eher nach hinten gerichtet, erstere besorgt also vornehmlich die Hebung, letztere die Vorwärtsbewegung. Bei der noch nicht ganz geklärten Aufwärtsbewegung des Flügels wird nie die Kante voran aufwärts geführt. Aus der etwas nach unten vorne geneigten 8, die die Flügelspitze beschreibt, resultiert beim Vorwärtsflug eine Wellenlinie mit nach hinten konkaven Schenkeln. Beim Niederschlag erfolgt eine Hebung und Beschleunigung, beim Aufschlag eine Verzögerung.

Aus der wundervollen Anpassung der Richtung und Intensität des Schlages in verschiedenen Luftströmungen resultiert in Verbindung mit den anatomischen Besonderheiten der riesige Nutzeffekt der besten Ruderflieger unter den Vögeln.

Ein Hauptmoment des Vogelflugs ist die automatische Stabilisierung (83—85, 101). Sie ist, wie ich glaube, das Moment, das in erster Linie gute und schlechte Flieger unterscheidet. Eine durch rasche Schläge ihrer kurzen Flügel sich fortbewegende Wildente fliegt, wenn wir Rücksicht auf ihren im Verhältnisse zur Flügelfläche außerordentlich schweren Körper nehmen, an sich nicht schlechter als die viel günstiger gestellte Möve. Nur gestattet bei ihr die Kürze des Flügels keine solche Stabilität wie bei der



Figur 14.

Möven im Flug. Links eine Möve an Ort und Stelle „rüttelnd“ verharrend. Der linke Flügel ist nach vorne gerichtet. Rechts eine Möve im Schwebeflug in der Linkskurve. Breites Schwanzsegel. Spitzenkrümmung der Flügel.

Möve, die lange, zur Erhöhung der Stabilisierung noch dazu an den Enden etwas aufwärts gekrümmte Flügel hat (Fig. 14 rechts). Die Möve vermag deshalb auch im Gegensatz zu ihr rasch aus der momentanen Stabilisierung herauszugehen, scharfe Kurven zu beschreiben oder sich förmlich zu überschlagen.

Bei der Möve spielt nach meinen eigenen Beobachtungen und Kinematographien dazu noch die Stellung des Schwanzsegels die größte Rolle. Gerader Ruderflug bei Windstille erfolgt mit schmalen wagerechten, ebensolcher bei Seitenwind mit schmalen Schwanzsteuer, dessen Seiten aufgekümmert sind. In die Kurve gehen die Tiere, indem sie mit einer wellenförmigen Bewegung des Steuerendes sich aus der horizontalen in die Kurvengleichgewichtslage versetzen. Beim Kreisen ist der Schwanz sehr breit auseinandergefaltet (Fig. 14 rechts).

Eine ebenso wichtige Rolle spielt der Schwanz bei Stabilisierung in der horizontalen Längsrichtung und der Vertikalrichtung. Erstere ist durch die leichte Winkelstellung seiner Fläche zu dem dem Körper entlangstreichenden Flugwind bedingt. Letztere ist besonders aus den aktiven Schlägen ersichtlich, die der Schwanz ausführt, um den Mövenkörper aus dem Wasser hochzuheben oder demselben im Ruderflug plötzlich zu bremsen, ja förmlich zu überschlagen. Der Flug der Purzeltaube (83—85) (vgl. auch 160!), der Wellenflug kleinerer Vögel (200), das steile Herabstoßen und plötzliche Aufwärtsschießen mancher Raubvögel im Gleitflug (83—85) glaube ich, erklärt sich durch ebensolches aktives Mitwirken der Schwanzfläche.

Daß der Wellenflug, bei dem nach einigen Flügelschlägen jeweils ein schlagloses bolzenförmiges Dahinschießen bezeichnend ist, nur kleinen Vögeln eigen sei, wie manchmal behauptet wird, ist nicht richtig. Man kann ihn auch an Amseln z. B. beobachten. Das Wesentliche bei ihm ist, daß bei der Ruhe die Flügel nicht ausgespannt wie beim Gleitflug gehalten werden, sondern entweder nach rückwärts gelegt dem Körper genähert (Schwalben) oder ihm fast ganz angelegt werden. Bei ganz kleinen Vögeln, die ja nach MÜLLENHOFF (130) unverhältnismäßig große Tragflächen haben müssen, ist damit erreicht, daß sie nicht einen zu großen Stirnwiderstand gegen den horizontalen Gegenwind haben.

Die physiologische Bedeutung des Wellenflugs auch für etwas größere Vögel ist noch wenig geklärt. Man könnte daran denken, daß er den Zweck hätte, leichter den Verfolgungen gerade dahinschießender Raubvögel zu entziehen. Ich habe deshalb Beobachtungen angestellt, ob er seltener in der Stadt als auf dem flachen Lande ausgeübt wird, konnte aber keinen Unterschied finden. Auch kommt es in München bisweilen vor, daß mitten in der Stadt Singvögel von Sperbern angegriffen werden (vgl. 201!)¹).

Dagegen glaube ich, kommt folgende Erklärung der Wirklichkeit näher. Nur ganz kleine Vögel bedienen sich fast regelmäßig des Wellenfluges, was nach dem oben geäußerten Verhalten für sie von Vorteil ist. Bei größeren sieht man ihn nur zuweilen. An Amseln sah ich ihn z. B. nur dann, wenn sie sich anschicken, auf

¹) Dagegen hat der vom Wellenflug wieder abweichende Winkelflug der Schnepfen und Bekassinen (vgl. 201) sicher nur die biologische Bedeutung, die Tiere vor Verfolgung zu schützen. Diese Tiere bedienen sich nämlich, wenn sie nicht verfolgt werden oder wenn sie an keine Verfolgung denken (zur Paarungszeit), nicht dieser Flugart, sondern streichen gradeaus dahin.

einen höher gelegenen Haltepunkt (z. B. ein Hausdach) zuzufiegen. Auf den ersten Blick erscheint es widersinnig, die Tiere zu diesem Zweck im Flug mit angelegten Schwingen sich herabstürzen zu sehen. Aber bald erkennt man, von welcher kolossalen Wirkung die jeweils dann intermittierenden Flügelschläge für die Hebung des Tierkörpers sind, und der Winkel, unter dem die Tiere dann aufwärts fliegen, ist ein größerer, als man ihn jemals bei einem gewöhnlichen Aufwärtsflug beobachten kann. Dies kommt daher, daß durch den vorherigen Abwärtssturz und das dann plötzliche Ausbreiten und Schlagen der Flügel eine sehr komprimierte Luft unter diesen entsteht, die wie ein festes Widerlager wirkt. Das gleiche Prinzip gilt, glaube ich, für das Emporstoßen der Raubvögel und das Überschlagen der Purzeltauben.

Gerade die rein physikalische Betrachtung des Verhaltens der Luftkompression wird, glaube ich, manche Momente des Vogelflugs erklären, und es muß als aussichtslos angesehen werden, wenn HARGRAVE und andere vollkommen gleiche Prinzipien im Flug und im Schwimmen im (ja nicht komprimierbaren) Wasser (vgl. 153!) erkennen wollen.

Mit dem Schwirrflug der Kolibri, die sich an Ort und Stelle halten können, und der in der Tat nach Art der schwirrenden Libellen zu erfolgen scheint (27, 47, 72), ist das Stillstehen an Ort und Stelle (besonders der kleinen Raubvögel) verglichen worden. EXNER (50, 51) (vgl. auch 62, 63, 83—85, 138, 139, 168, 198) hat es so weit gebracht, daß er nur so — man möchte sagen im Vorübergehen — Raubvögel hoch über sich stillstehen sah und Vogelflügel „schwirren“ hörte, die Theorie aufzustellen, daß auf aktiven Schwirrbewegungen die Leistung gerade der besten Segelflieger beruhe. Ich muß diese Theorie als klassisches Beispiel einer Verirrung hier anführen, weil sie leider Anhänger gefunden hat. Sie alle wissen, daß es bei den jetzigen Hilfsmitteln unerläßlich ist, nicht nur mit den Augen zu beobachten und daß, wenn das Hören eines Schwirrgeräusches ein Beweis für aktive Tätigkeit sein soll, sich auch die Telegraphendrähte aktiv bewegen müßten (vgl. auch 192). Auch ist, wie GILDEMEISTER (63, 198) gezeigt hat, die künstlich erzeugte frequente Reizung des Vogel Muskels analog der Schwirrbewegung um das Vielfache unrationeller als die wenig frequente Reizung gleicher Wirkung. Aber noch mehr: die ganze Naturbeobachtung EXNER's (50, 51) ist total falsch, denn eine Rundfrage bei Jägern ergab mir, daß diese Vögel beim „An-Ort-und-Stelle-Stehen“ im Falle ruhiger Luft sehr starke

Bewegungen mit Flügel und Schwanz gegeneinander nach abwärts machen (sog. Rütteln). Das gleiche Phänomen habe ich oft mit dem Auge, der Photographie und Kinematographie (vgl. dazu: 31, 32, 136) bei 5 m Entfernung an Möven, die sich an Ort und Stelle halten wollten, gesehen. Dadurch, daß die Flügel nicht nach vorne abwärts, sondern fast senkrecht nach abwärts geführt werden, wird die Luft nach rückwärts, durch heftiges Abwärtsschlagen mit dem ganz verbreiterten Schwanzsteuer nach vorne geschlagen, so daß aus beiden Schlagrichtungen eine Resultante nach oben entsteht. Die Gewalt des Schlagens oder die Schwierigkeit der Stabilisation führt dabei zu so merkwürdigen Bildern wie Fig. 14 links, bei dem der Flügelhinterrand an einem Flügel nach vorne gerichtet ist.

Die Vollendung des Vogelflugs und die Größe des ganzen Flugproblems überhaupt kann man daraus ermessen, daß nach meinen ungefähren Berechnungen — auf die ich hier nicht näher eingehen kann — unsere menschlichen Flugzeuge z. Zt. noch mehr als hundertmal so ungünstig im Gesamtnutzeffekt gestellt sind als die Vögel im Durchschnitt.

Literatur.

1. Handbuch der physiologischen Methodik; herausgegeben von R. TIGERSTEDT. Bd. 2, Abt. 3. Muskelphysiologie. Leipzig, S. Hirzel 1908.
2. — Luftlöcher beim Fliegen. Deutsch. Rad- und Kraftfahrerzeitung. Nr. 506. 17. April 1913.
3. ABEL, O.: Fossile Flugfische. Jahrb. d. kk. geol. Reichsanstalt. Wien. Bd. 56. 1906.
4. — Grundzüge der Paläobiologie der Wirbeltiere. Stuttgart 1912. Schweizerbart.
5. ABRAMOWSKY, E.: Die aerodynamischen Linien der Insecten- und Vogelschwingen. Der Luftverkehr. Jahrg. V. 1913. Nr. 1—3.
6. AHLBORN, F.: Der Flug der Fische. Hamburg 1895.
7. — Zur Mechanik des Vogelfluges. Abhandlg. aus dem Gebiete der Naturwissenschaften, herausgegeben v. Naturwissenschaftlichen Verein in Hamburg. Bd. 14. 1896.
8. — Der Schwebeflug und die Fallbewegung ebener Tafeln in der Luft. Abhandlg. d. Naturwissenschaftl. Vereins in Hamburg. Bd. 15. 1897.
9. — Die aerodynamischen Vorgänge an Flugflächen, Luftschiffen und Propellern. Denkschr. d. I. internationalen Luftschiffahrtsausstellung zu Frankfurt a. M. Berlin. Springer. 1910. Bd. I.
10. AIRY, H.: Hovering of birds. The Nature Vol. 27. 1883.
11. ALTMANN, J.: Entwicklung der Luftwiderstandsgesetze bewegter ebener Flächen. Zeitschr. f. Luftschiffahrt. Jahrg. 1909.

12. AMANS, P. C.: Du rôle des formes animales dans le progrès de la navigation aërienne et aquatique. *Bullet. scient. d. l. France et de la Belgique.* T. 40. 1906.
13. AMMON, L. v.: Über ein schönes Flughautexemplar von *Rhamphorhynchus*. *Geogn. Jahresh.* 1908. XXI. Jahrg.
14. ARMENGAUD, M.: La sustentation des aéroplanes au moyen des surfaces concaves. Paris 1909.
15. BAER, M.: Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Atemwerkzeuge bei den Vögeln. *Zeitschr. f. wissensch. Zool.* Bd. 61. 1896.
16. — Zur physiologischen Bedeutung der Luftsäcke bei Vögeln. *Biol. Centralbl.* Bd. 17. 1897.
17. BARKER: On the flight of oceanic birds. *Nature.* Vol. 43. 1891.
18. BATEMANN: Notes on the mode of flight of the albatros. *Nature.* Vol. 23. 1881.
19. BERGE, F. u. REBEL, H.: *Schmetterlingsbuch.* Stuttgart 1910. Schweizerbart.
20. BERGMANN, C.: Lufträume im Tierkörper und ihr Verhalten zur Bewegung. *Müller's Archiv.* Jahrg. 1850.
21. — u. LEUCKART, R.: *Vgl. Anatomie und Physiologie* Stuttgart 1855.
22. BERT, B.: *Leçons sur la physiologie comparée de la respiration.* 1870. (Zitiert nach STUEBEL.)
23. BIEDERMANN-IMHOOF, R.: Über Fußhaltung der Vögel im Fluge. *Eutin* 1908.
24. BLIX, M.: Vom Segeln und Kreisen der Vögel. *Scandinav. Arch. f. Physiologie.* Bd. 2. 1890.
25. — Beobachtungen und Bemerkungen über den Flug der Vögel. *Zeitschr. f. Biologie.* Bd. 21. 1885.
26. BÖCKLIN, A.: Das Schweben der Vögel. *Z. f. Luftschiffahrt.* 1886.
27. BREHM, A.: *Tierleben.* Herausgegeben von O. zur STRASSEN. 3. Auflage. Leipzig 1912.
28. BRETONIERE: *Revue scientifique.* T. 9. 1898 (zitiert nach EXNER).
29. BROWN, O.: Eine neue Methode, Herzbewegungen bei Tauben zu registrieren. *Zeitschr. f. biol. Techn. und Methodik.* Bd. 1. 1909.
30. BRUNS: Welche Faktoren bestimmen die Herzgröße? *Münchn. med. Wochenschr.* Jahrg. 1909, Nr. 20.
31. BULL, L.: Application de l'étincelle électrique à la chronophotographie des mouvements rapides. *Compt. rend. d. l'Acad. d. Science.* 1904.
32. — La chronophotographie des mouvements rapides. *Bull. d. l. Société philomatique.* 1904. (Zitiert nach BULL, 1909.)
33. — Recherches sur le vol de l'insecte. *Compt. rend. Ac. d. Science.* T. 149. 1909.
34. — Sur les inclinaisons du vole de l'aile de l'insecte pendant le vol. *C. rend. Ac. T.* 150. 1910.
35. CAMERANO: Recherches sur la force absolue des muscles des insectes. *Arch. ital. d. Biol.* T. 2. 1882.
36. — Ricerche intorno alla forza assoluta dei muscoli degli invertebrati. *Atti. d. Real. Accad. d. Sc. d. Torino.* Vol. 28. 1892.
37. CAMPANA: *Physiologie de la respiration chez les oiseaux.* Paris 1875.
38. COURTENAY: The soaring of birds. *The Nature.* Vol. 28.
39. DAHL: Die Bewegung der fliegenden Fische durch die Luft. *Zool. Jahrb.* Bd. 5. 1892.

40. DAHL: Zur Frage der Bewegung fliegender Fische. Zool. Anz. 1892.
41. DARWIN, Ch.: A naturalist's voyage round the world. London 1879.
42. DEIMLER, W.: Stabilitätsuntersuchungen über symmetrische Gleitflieger. Z. f. Flugtechn. 1910.
43. DENINGER, K.: Über das „Fliegen“ der fliegenden Eidechsen. Naturw. Wochenschr. N. F. Bd. IX. 1910.
44. DINGLER, H.: Die Bewegung der pflanzlichen Flugorgane. München, Th. Ackermann. 1889.
45. DÖDERLEIN, L.: Die Erwerbung des Flugvermögens bei Wirbeltieren. Zool. Jahrb. Abt. f. Syst. Bd. 14. 1900.
46. DU-BOIS-REYMOND, R.: Die fliegenden Fische im Lichte der Versuche v. O. LILIENTHAL über Luftwiderstände. Arch. f. Anat. u. Physiologie. Physiol. Abt. Jahrg. 1894.
47. — Bewegungslehre. In Handb. d. vgl. Physiol. herausgegeben v. WINTERSTEIN. Jena, G. Fischer. 1912.
48. EATON, G.: Osteology of Pteranodon. Mem. of the Connecticut. Acad. of Arts. a. Science. Jul. 1910. Vol. II.
49. D'ESTERNO: Du vol des oiseaux. Paris 1865.
50. EXNER, S.: Über das „Schweben“ der Raubvögel. Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. 114. 1906.
51. — Nochmals das „Schweben“ der Raubvögel. Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. 117. 1907.
52. FINSTERWALDER, S.: Aerodynamik. Encyclopädie d. mathemat. Wissensch. Bd. IV. 2.
53. FLEISCHL, E. v.: Über das Verhalten von Käfermuskeln gegen Reize. Centralbl. f. d. medicin. Wissenschaften. Mai 1875.
54. — Ein mikrostromoskopischer Reizversuch. Arch. f. Anat. u. Physiologie. Physiol. Abt. 1886.
55. FOUCOU, F.: Du vol des oiseaux et de la locomotion aérienne. 1864.
56. FRAUDE, W.: Nature. Vol. 37. (Zit. n. BLIX.)
57. FÜRBRINGER: Jenaer Zeitschr. Bd. 34. 1900. (Zit. n. v. STROMER.)
58. FUNCKE, H.: Über Vogelflug und Flugapparate. Z. f. Luftschiffahrt. 1894.
59. GADOW: Vögel. BRONNS Klassen und Ordnungen des Tierreiches. Bd. 6, Abt. 4.
60. GASCH: Beiträge z. vergl. Anatomie des Herzens der Vögel. Arch. f. Naturgeschichte. Bd. 54.
61. GERLACH, E.: Beitrag zur Erklärung des Segelflugs der Vögel. 1886.
62. GILDEMEISTER, M.: Über den Einfluß des Rhythmus der Reize auf die Arbeitsleistung der Muskeln, speziell der Vogelmuskeln. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 135. 1910.
63. — Ein Vogelmuskel, der sich besonders gut zu physiologischen Untersuchungen eignet. Zeitschr. f. biol. Techn. u. Methodik. Jahrg. 1908.
64. GIRAUD-TEULON: Du principe qui préside au mécanisme de la natation chez les poissons et du vol chez les oiseaux. Compt. rend. Ac. d. Sc. Paris. Vol. 43. 1856.
65. GRABER, V.: Die mechanischen Werkzeuge der Tiere. Leipzig u. Prag 1886.
66. GROBER, J.: Über die Atmungsinervation der Vögel. Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. 76. 1899.

67. GROBER, J.: Herzarbeit und Herzmaße. Arch. f. experim. Pathol. und Pharmakologie. 1908.
68. — Über Massenverhältnisse am Vogelherzen. Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. 125. 1908.
69. HAMPSON, W.: Der Weg eines Vogels in der Luft. In: SCHAEFFER Naturparadoxe.
70. HARLE, E. et HARLE, A.: Le vol des grands Reptiles et Insectes disparus. Bull. Soc. Geol. d. France. T. IX. 1911.
71. HERZ, M.: Über das Fliegen und insbesondere den Vogelflug. Z. f. Luftschiffahrt. 1889.
72. HESSE, R. u. DOFLEIN, F.: Tierbau und Tierleben in ihrem Zusammenhang betrachtet. Bd. I. Der Tierkörper als selbständiger Organismus v. R. HESSE. Leipzig u. Berlin, Teubner. 1910.
73. HIRTH, H.: 20000 Kilometer im Luftmeer. Berlin, G. Braunbeck. 1913.
74. HUBER, M.: Observations sur le vol des oiseaux de proie. Genève 1784.
75. JUILLET, A.: Rapport des sacs aériens et des bronches chez les oiseaux. C. r. T. 152. 1911.
76. — Observations comperatives sur les rapports du poumon et des sacs aériens chez les oiseaux. C. r. Ac. Sc. T. 152. 1911.
77. KEILSON: Ein experimenteller Beitrag zur Lehre von der Pulsfrequenz. Dissertat. Königsberg 1898. (Zit. n. STUEBEL.)
78. KNOLL: Über Myocarditis und die übrigen Folgen der Vagussektion bei Tauben. Zeitschr. f. Heilk. Bd. I. 1880. (Zit. n. STUEBEL.)
79. KOENIG, F.: Notizen zu einigen plastischen Rekonstruktionsversuchen. Katalog Nr. 24 v. Ottmar SCHOENHUT in München.
80. — Die Herren der Lüfte im Mittelalter der Erde. Kosmos 1911. Heft 8. Stuttgart.
81. KRARUP HANSEN: Beiträge zu einer Theorie des Fluges der Vögel, der Insecten und der Fledermäuse. Kopenhagen 1869.
82. KRESS, W.: Aviatik. Wie der Vogel fliegt und wie der Mensch fliegen wird. Wien 1905.
83. LANCHESTER, F. W.: Aerodynamics. Vol. 1 u. 2. 2. Edit. London 1908 u. 1909.
84. — Aerodynamik. (Deutsche Übersetzung) 2 Bände. Leipzig, Teubner. 1911.
85. — Der Vogelflug. Übersetzt von H. HOCHSCHILD. Ill. Woch. Rundsch. S. 229 u. 253.
86. LANGLEY, S. P.: On the sympathetic system of birds and on the muscles which move the feathers. Journ. of Physiol. 1904.
87. — The internal work of the wind. Americ. Journ. of Science. Vol. 47. 1894.
88. — The greatest flying creature. Ann. Rep. Smitsonian Institution 1901. (Zit. n. DU-BOIS-REYMOND.)
89. — u. LUCAS, F. A.: Eine Schilderung des größten fliegenden Lebewesens Natur. Wochenschr. N. F. III. 1903—1904.
90. LARDEN, W.: On the flight of birds. Nature. Vol. 23.
91. LENDENFELD, R. v.: Untersuchungen über den Flugmechanismus bei den Libellen. Sitzungsbericht d. Akad. d. Wiss. Wien 1881—1883.
92. — Die physiologische Bedeutung der Lufträume bei fliegenden Tieren. Biol. Centralbl. Bd. 16. 1896.

93. LEUCKART, R.: Der Bau der Insecten in seinen Beziehungen zu den Leistungen und Lebensverhältnissen dieser Tiere. Arch. f. Naturgesch. Bd. 17. 1851.
94. LILIENTHAL, O.: Über die Möglichkeit des freien Fluges. Verhandlg. d. Ver. z. Förderung d. Gewerbeff. 1890.
95. — Über Theorie und Praxis des freien Fluges. Z. f. Luftschiffahrt. 1891.
96. — Der Flug der Vögel und des Menschen durch Sonnenwärme. Prometheus. Bd. II.
97. — Die Tragfähigkeit gewölbter Flächen beim praktisch. Segelflug. Z. f. Luftschiffahrt. 1893.
98. — Praktische Erfahrungen beim Segelflug. Prometheus V.
99. — Unsere Lehrmeister im Schwebeflug. Prometheus VII.
100. — Die Profile der Segelflächen und ihre Wirkung. Z. f. Luftschiffahrt. 1895.
101. — Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst. 2. Aufl. München, R. Oldenbourg. 1910.
102. — Zur Flugfrage. Prometheus IV.
103. LOEER: Vergleich. Untersuchungen über die Maße und Proportionalgewichte des Vogelherzens. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 140. 1911.
104. LOESSL, F. v.: Die Luftwiderstandsgesetze, der Fall durch die Luft und der Vogelflug. Wien, Hoelder. 1896.
105. LUCANUS: Die Höhen des Vogelfluges. Ornithol. Monatsber. Bd. 11. 1903.
106. LUCY, DE: Le vol des oiseaux, chauve-souris et insectes. Presse scientifique des deux mondes. 1865.
107. MACALISTER: Myology of the Cheiroptera. London 1872. (Zit. n. DU-BOIS-REYMOND.)
108. MAGNUS: Physiologisch anatomische Studien über die Brust- und Bauchmuskeln der Vögel. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1869.
109. MANLEY, W.: Nature. Vol. 28. (Zit. n. BLIX.)
- 109 a. MAREY, E. J.: Du mouvement dans les fonctions de la vie. Paris 1868.
110. — Sur les mouvements de l'aile de l'insecte. Revue des cours scientifiques de la France et de l'Etrangère. 13. Février 1869. (Zit. n. POLIMANTI 1911.)
111. — Compt. rend. d. l'Acad. d. Scienc. 16. mai 1870. p. 1093. (Zit. n. POLIMANTI.)
112. — La machine animale. Locomotion terrestre et aérienne. Paris, G. Baillière. 1873.
113. — Analyse des mouvements du vol des oiseaux par la photographie. Compt. rend. Ac. d. Sc. T. 96. 1883.
114. — Mouvements de l'aile de l'oiseau représentés suivant les trois dimensions de l'espace. C. rend. Ac. Sc. T. 104. 1887.
115. — Le mecanisme du vol des oiseaux étudié par la Photochronographie. Compt. rend. Ac. d. Sc. T. 104. Paris 1887.
116. — De la mesure des forces qui agissent dans le vol des oiseaux. Compt. rend. Ac. Sc. T. 105. 1887.
117. — Du travail mécanique dépensé par le goeland dans le vol horizontal. Compt. rend. Ac. Sc. T. 105. 1887.
118. — Physiologie du mouvement. Le vol des oiseaux. Paris, G. Masson. 1890.
119. — Le vol des insectes étudié par la chronophotographie. Compt. rend. Ac. Sc. T. 113. 1891.

120. MAREY, E. J.: La locomotion animale. In: *Traité de Physique biologique*. Herausgegeben v. D'ARSONVAL. Paris 1910. T. I.
121. MARSH: *Americ. Journ. of Science*. Vol. XXIII. 1882. (Zit. n. v. STROMER.)
122. MARSHALL: *Der Bau der Vögel*. 1895.
123. MASCHA, E.: Über die Schwungfedern. *Zeitschr. f. wissensch. Zool.* Bd. 77. 1904.
124. MEYER, H. v.: *Fauna der Vorwelt. Reptilien aus dem litographischen Schiefer*. Frankfurt 1860.
125. MILLA: *Wie fliegt der Vogel*. Leipzig 1908.
126. MOEBIUS: Die Bewegung der fliegenden Fische durch die Luft. *Zeitschr. f. wissensch. Zool.* Bd. 30. 1878.
127. — Das Fliegen der Fische. *Zool. Jahrb.* Bd. 5. 1892.
128. MOUILLARD: *L'empire de l'air. Essai d'ornithologie appliqué à l'aviation*. Paris, Masson. 1881.
129. MUELLENHOFF, K.: *Die Ortsbewegung der Tiere*. Berlin. *Wissensch. Beiträge z. Programm des Andreas Realgymnasiums. Ostern 1885.* (Zit. n. POLIMANTI, 1911.)
130. — Die Größe der Flugflächen. *Arch. f. d. ges. Physiologie*. Bd. XXXV. 1885.
131. MUELLER, B.: The air-sacs of the pigeon. *Smithsonian Miscellaneous Collections*. Vol. 3. Part. 3. 1908. (Zit. n. VICTOROW.)
132. MUELLER, W.: *Massenverhältnisse des menschlichen Herzens*. Hamburg, Voss. 1883.
133. MURRAY: *Experimental researches in natural history*. London 1826. (Zit. n. DU BOIS-REYMOND.)
134. NICOLAI, G. F.: *Die Mechanik des Kreislaufes*. In: *Handbuch d. Physiol.* Herausgegeben v. NAGEL. Bd. I. Braunschweig, Vieweg u. S. 1909.
135. NOQUES et RICHET: *Vol du pigeon à ailes rognées*. *Trav. d. l'Inst. MAREY, T. 2.*
136. NOQUES, P.: *Un nouveau cinematographe à images très fréquentes*. *Compt. rend. Ac. Sc. T.* 155. 1912.
137. OLIVER: *Soaring of birds*. *Science*. Vol. 13. 1889.
138. OLSHAUSEN, A.: *Kritik der EXNER'schen Theorie des Zitter- oder Schwirrfuges*. *Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. 137. 1908.
139. OLSHAUSEN, Z. B.: *Das Segeln und Schweben der Vögel*. *Gäa. Natur und Leben*. Jahrg. 27. 1891.
140. PARROT: *Größenverhältnisse des Herzens bei Vögeln*. *Zool. Jahrb. Abt. f. Systematik*. Bd. 7.
141. PARSEVAL, A. v.: *Die Mechanik des Vogelfluges*. Wiesbaden, J. F. Bergmann. 1889.
142. — Über das Segelproblem. *Zeitschr. f. Luftschiffahrt*. Bd. 15. 1896.
143. PEAL, S. E.: *Sailing flight of large birds over land*. *The Nature*. T. 23.
144. PECKHAM: *Wasps, social and solitary*. Westminster 1905.
145. PETTIGREW, J. B.: *Les divers modes de vol dans leur rapports avec l'aéronautique*. *Revue des cours scientifiques*. 1. Série. T. IV. 21. Sept. 1867.
146. — *Animal locomotion*. Edinburg 1873.
147. — *Die Ortsbewegung der Tiere*. Leipzig 1875.
148. — *La locomotion chez les animaux*. Paris 1874.

- 148 a. PETTIGREW, J. B.: On the Physiology of wings. Transact. of the Roy. Soc. of Edinburgh. T. 26.
149. PFLÜGER, G.: Mitteilung einer für die Physiologie wichtigen Nachricht. (Benutzung des Instituts MAREY.) Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. 123. 1908.
150. PLATEAU: Sur la force musculaire des insectes. Bullet. d. l'Acad. Belge. T. 20, 1866 u. T. 22, 1866.
151. PLENINGER: Paläontogr. Bd. 41 1894, 48 1901, 53 1907. (Zit. n. v. STROMER.)
152. POLETAJEW: Flugmuskeln der Lepidopteren und Libelluliden. Zool. Anz. Bd. 3. 1880.
153. POLIMANTI, O.: Influenza della forma sulla locomozione dei pesci. Zeitschr. f. allgem. Physiologie. Bd. 12. 1911.
154. PRANDTL, L.: Betrachtungen über das Flugproblem. Denkschrift d. I. internat. Luftschifferausstellung (IIa) zu Frankfurt a. M. Bd. I. 1910.
155. PRECHTL, J. J.: Untersuchungen über den Flug der Vögel. Wien, Gerold. 1846.
156. PUETTER, A.: Die Entwicklung des Tierfluges. Denkschr. d. I. internat. Luftschiffahrtsausstellung (IIa) zu Frankfurt a. M. Berlin, Springer. Bd. I. 1910.
157. — Vergleichende Physiologie. Jena, G. Fischer. 1911.
158. RAABE, M.: Das Problem des Segelfluges. Frankfurter Zeitung. 57. Jahrg. No. 96, 7. April 1913.
159. RAYLEIGH: The soaring of birds. The Nature T. 27. 1883.
160. RAWITZ, B.: Über den Bogengangsapparat der Purzeltauben. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abt. Jahrg. 1903.
161. RICHTER, Ch.: Le travail de l'oiseau pendant le vol. Rev. scient. T. 48. 1891.
162. RUBBRECHT: Recherches cardiographiques chez les oiseaux. Bull. Acad. de Belgique. 3. Serie. T. 35. 1898 u. Arch. d. Biol. T. 15. 1898.
163. SAJO, K.: Der Käferflug. Prometheus. Jahrg. XXII. 1911.
164. SAMUELSON: Zum Vogelflug. Zeitschr. f. Luftschiffahrt. Bd. 15. 1896.
165. SANDERSON: Thirteen years among the wild bearts of India. London 1878. (Zit. n. DU BOIS-REYMOND.)
166. SAPPEY: Recherches sur l'appareil respiratoire des oiseaux. (Zit. nach STUEBEL.)
167. SCHIEFFERDECKER, P.: Untersuchung einer Anzahl von Muskeln von Vögeln in bezug auf ihren Bau und ihre Kernverhältnisse. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 150. 1913.
168. SCHNEIDER, K. C.: Bemerkung. z. EXNER's Aufsatz: Über das Schweben der Raubvögel. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 116. 1907.
169. SCHWARZKOPF, E.: Beiträge zur Physiologie der Vogelmuskeln. Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. 121. 1908.
170. SEELY, H. G.: Dragons of the air. London 1901. Methuen and Comp.
171. SEITZ: Das Fliegen der Fische. Zool. Jahrb. Bd. 5. 1892.
172. SEMON, R.: Im australischen Busch. Leipzig, Engelmann. 1896.
173. SIEDLECKI: Zur Kenntnis des javanischen Flugfrosches. Biol. Centralbl. Bd. 29. 1909.
174. SIEFERT, E.: Über die Atmung der Reptilien und Vögel. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 64. 1896.
175. SPEARS: On the flight of oceanic birds. Nature. T. 43. 1891.

176. STANNIUS: Lymphherzen der Vögel. J. v. MÜLLER's Archiv f. Anat. u. Physiol. Jahrg. 1849.
177. STENBECK: Einige Worte über die Theorie des Herrn Prof. BLIX: Vom Segeln oder Kreisen der Vögel. Stockholm 1891. (Zit. n. DU BOIS-REYMOND.)
178. STRASSER: Über die Luftsäcke der Vögel. Morpholog. Jahrb. Bd. 3. 1877.
179. STROHL, J.: Maßenverhältnisse der Herzen im Hochgebirge. Zool. Jahrb. Abt. f. allgem. Zool. u. Physiol. 1912.
180. STROMER-REICHENBACH, E. v.: Lehrbuch der Paläozoologie. Teil I u. II. Leipzig, Teubner. 1909 u. 1910.
181. — Bemerkungen zur Rekonstruktion eines Flugsaurier-Skelettes. Monatsber. d. deutsch. Geol. Gesellsch. Bd. 62. 1910.
182. STRUTT, J. W. (Baron RAYLEIGH): The mechanical principles of flight. Scientific papers by J. W. STRUTT (Baron RAYLEIGH). Vol. 4. Cambridge 1903.
183. STUEBEL, H.: Beiträge zur Kenntnis der Physiologie des Blutkreislaufes bei verschiedenen Vogelarten. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 135. 1910.
184. THIENEMANN: Untersuchungen über die Schnelligkeit des Vogelflugs. Jahresber. d. Vogelwarte Rossitten. Bd. 6 1907, Bd. 9 1908 u. Journ. f. Ornithol. Jahrg. 1910.
185. THOUVENY, L.: Le vol ramé et les formes des ailes. Compt. rend. Ac. Sc. T. 148. 1909.
186. TIGERSTEDT, R.: Lehrbuch der Physiologie des Kreislaufes. Leipzig, Veit & Comp. 1893.
187. TREVES u. MAIOCCO: Osservazioni sull'apnea degli ucelli. Arch. di Fisiol. T. 2. 1905.
188. VAN T' HOFF: Das Verhalten des Glykogens bei ruhenden und fliegenden Tauben. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abt. Jahrg. 1910.
189. VICTOROW, C.: Die kühlende Wirkung der Luftsäcke bei den Vögeln. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 126. 1909.
190. WALLACE, J. R.: The Malay Archipelago. London 1869.
191. WEISS, O.: Die Erzeugung von Geräuschen und Tönen. Handb. d. vergl. Physiologie. 26. Lief. Jena 1912.
192. WIENER: Vogelflug, Luftfahrt und Zukunft. Leipzig 1911.
193. WILLISTON: Americ. Journ. of Anat. Vol. 1. 1902. (Zit. n. v. STROMER.)
194. WINTER, W.: Der Vogelflug. München, Ackermann. 1895.
195. ZITTEL, A. v.: Grundzüge der Paläontologie. Bd. I u. II. 3. bzw. 2. Aufl. München, Oldenbourg. 1910 u. 1911.
196. ZOTH, O.: Ergographische Versuche über die Erholung des Muskels. Nebst Vorschlägen zur ergographischen Terminologie und Metrologie. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 111. 1906.
197. GILDEMEISTER, M.: Notizen zum Problem des Vogelfluges. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 135. 1910.
198. DIETZEL: Niederjagd. 10. Auflage. Berlin, P. Parey. 1909.
199. E.: Über Münchens Vogelleben. General-Anzeiger d. „Münchner Neuesten Nachrichten“. 10. Mai 1913, No. 237.
200. HILZHEIMER, M. u. HAEMPEL, O.: Handbuch der Biologie der Wirbeltiere. Stuttgart, F. Enke. 1913.

201. MORGAN, C. L.: Instinkt und Erfahrung. Übers. v. THESING. Berlin, Springer. 1913.
202. NOPCSA, F.: Ideas on the origin of flight. Proc. of Zool. Soc. London 1907.
203. ZIEGLER, H. E.: Die Geschwindigkeit der Brieftauben. Zool. Jahrb. Abt. f. System. Bd. 10. 1897.
204. SPILL: Fernrohrbeobachtungen über den Wanderflug der Vögel. Naturw. Wochenschrft. No. 19. 1907.
205. LUCANUS, F. v.: Die Höhe des Vogelzuges und seine Richtung zum Winde. Ornith. Bericht hergeg. v. REICHENOW. Jahrg. 1903.
206. HELM, F.: Betrachtungen über die Beweise für die Höhe und Schnelligkeit des Wanderfluges der Vögel. Journ. f. Ornitholog. Bd. 48 1900 u. Bd. 49 1901.
207. PROCHNOW, O.: Vogelflug u. Flugmaschinen. Leipzig, Th. Thomas.

Diskussion:

Herr Dr. VOSS (Göttingen): Die Untersuchungen AMAN'S über die Geometrie der Käferdeckflügel, welche interessante Zahlenreihen ergeben, erläutern im einzelnen die vom Vortragenden berührten Grundsätze der Flächenform. Die selbsttätigen Oszillationen der Käferdeckflügel während des Fluges verdienen in ihren Beziehungen zu deren jeweiliger Form und wechselnden Stellung Interesse. Auch hier dürften sich bei näherer Betrachtung vielseitige Erweiterungen bzw. Abänderungen des bisher allgemein gültigen einförmigen Schemas (stehenden Tragflächen mit unabhängigem Motor) ergeben.

Die Stabilisierung der Zania erscheint durch die Arbeiten DINGLER'S und AHLBORN'S in hohem Maße geklärt.

Bei einem Vergleich des Kolibrifluges mit dem der Insekten dürfte der Vergleich mit dem der Libellen auf der vom Diskussionsredner gestern angeführten Grundlage (Flugtyp) nicht aufrecht erhalten werden können.

Herr Dr. ERHARD (München): Die von Herrn Dr. Voss erwähnten Oszillationen der Käferdeckflügel beim Flug sind, wie auch Herr Dr. Voss erwähnt hat, gerade wegen der für die Seitenstabilisierung so ungünstigen Form der Käferdeckflügel — ich meine dabei besonders die relative Kürze zur Breite und die Spitzenkrümmung nach abwärts — von großem Vorteil. Jedenfalls kann es sich aber nur um „Oszillationen“ und nicht um ein „Schlagen“ handeln, Oszillationen, die lediglich zur Ausstabilisierung nach Art des „Verwindens“ bei unseren Flugapparaten dienen, und ich glaube recht verstanden zu haben, daß auch Herr Dr. Voss in diesem Sinne das Wort „Oszillation“ gebraucht hat.

Die Arbeit „AHLBORN's, besonders aber DINGLER's, über *Zanonia* betrachte auch ich als grundlegend für das Stabilisierungsproblem. Ich habe bereits in Monaco bei meinem Vortrag ausgeführt, wie der *Zanonia*-Samen auch für die Entwicklung unserer menschlichen Flugtechnik vorbildlich gewesen ist.

Was den Vergleich des „Schwirrflugs“ der Kolibri mit dem der Libellen betrifft, so sind eingehende wissenschaftliche Beobachtungen darüber noch nicht gemacht worden. Er gilt nur insoweit, als an Ort und Stelle (z. B. über einer Blüte) bleibende Kolibri solch rasche Flügelschläge ausführen, daß die Flügel selbst nicht mehr sichtbar sind (vgl. HESSE-DOFLEIN!), ähnlich in der Luft stillstehenden Libellen. Aus dem Umstand aber, daß die Libellen zwei Paar gesetzmäßig zueinander wirkende Flügel haben und besonders aus den Untersuchungen von Dr. VOSS über die Eingelenkung des Insektenflügels geht hervor, daß ein weiterer Vergleich falsch wäre.

HERT DR. HASE (Jena) berichtet ergänzend zum Vortrag, daß nach Versuchen mit Maikäfern dieselben nach Entfernung der Flügeldecken noch gut fliegen konnten. Nach Entfernung der häutigen Flügel war ein Fliegen nicht mehr möglich.

Prof. E. BRESSLAU (Straßburg):

Über das spezifische Gewicht des Protoplasmas und die Wimperkraft der Turbellarien und Infusorien.

In allen zoologischen¹⁾ und physiologischen Werken²⁾, selbst in denen aus neuester Zeit³⁾, wird, soweit sie überhaupt darauf eingehen, das spezifische Gewicht des lebenden Protoplasmas⁴⁾ gleich 1,25 angegeben. Diese Zahl stammt von P. JENSEN⁵⁾ her, der sie für *Paramaecium aurelia* dadurch bestimmte, daß er die

1) Vgl. A. LANG, Lehrb. d. vgl. Anatomie. II. Aufl. 1901. 2. Lief. *Protozoa*, p. 59 u. O. HERTWIG, Allg. Biologie. III. Aufl. 1909, p. 14.

2) Vgl. M. VERWORN, Allgem. Physiologie. V. Aufl. 1909, p. 139.

3) Vgl. BOTAZZI in WINTERSTEINS Handb. d. vergl. Physiologie. 15. Liefg. 1911, p. 28.

4) Gemeint ist hier und im folgenden nur das Protoplasma der lebenden tierischen Zelle. Aus der botanischen Literatur sind mir Angaben über das spez. Gewicht des Protoplasmas nicht bekannt.

5) P. JENSEN, Die absolute Kraft einer Flimmerzelle, Pflügers Archiv 54, 1893, p. 543.

Tiere in verschieden starke, wässrige Pottaschelösungen brachte und diejenige Konzentration beobachtete, in der die Tiere eben nicht mehr untersanken. Das spez. Gewicht der Infusorien wurde dann gleich dem aräometrisch leicht feststellbaren spez. Gewicht dieser Lösung ($s = 1,25$) angenommen.

Der Umstand, daß die von JENSEN ermittelte Zahl die einzige ist, die, soweit mir bekannt, für das spez. Gewicht des lebenden Protoplasmas zitiert zu werden pflegt, läßt darauf schließen, daß bisher Zweifel an ihrer Richtigkeit nicht aufgestoßen sind. Und doch muß sowohl die schon a priori ganz unwahrscheinliche Höhe dieser Zahl — 1,25 ist das spez. Gewicht der Preßkohle (Brikette)! — als auch die Methode, durch die sie ermittelt wurde, von vornherein die schwersten Bedenken erregen. Eine K_2CO_3 -Lösung von 1,25 spez. Gewicht entspricht einer Konzentration von über 25 % und einem osmotischen Druck von mindestens 50 Atmosphären, außerdem ist sie stark alkalisch; das Protoplasma der in sie hineingebrachten Paramaecien muß also darin momentan durch Schrumpfung so bedeutend verändert werden, daß danach Rückschlüsse auf sein Verhalten im lebenden Zustande ganz unmöglich sind. Merkwürdig ist, daß JENSEN selbst daran keinen Anstoß genommen hat, obwohl er nicht nur das augenblickliche Absterben der Tiere „beim Einbringen in diese verhältnismäßig konzentrierten Lösungen“, sondern auch die an ihnen auftretenden „Veränderungen, welche vorwiegend in Schrumpfungen bestanden“, beobachtete¹⁾.

So erscheinen erneute Untersuchungen zur Feststellung des spez. Gewichts der lebenden tierischen Substanz wohl geboten. Wie ich selbst dazu kam, mich mit dieser Frage zu beschäftigen, ergibt sich aus den folgenden Überlegungen, die an Beobachtungen über die Lokomotion der Turbellarien anknüpfen.

Bekanntlich sind die Trikladen bei ihrer Fortbewegung durchaus an das Kriechen auf einer Unterlage gebunden, während sich unter den Rhabdocoelen zahlreiche Schwimmer finden. Die Schwimm-

¹⁾ JENSEN gibt an, daß diese Schrumpfungen „meist sehr gering“ waren, „zumal im Beginn der Einwirkung des Kaliumkarbonats, so daß zu dieser Zeit, in welcher auch die Untersuchung vorgenommen wurde, die Veränderung des spezifischen Gewichts der Versuchstiere jedenfalls nicht erheblich gewesen sein wird“. Demgegenüber lehrten mich Messungen, die ich zu diesem Zwecke vornahm, daß die Überführung der Tiere in derart hochprozentige K_2CO_3 -Lösungen eine augenblickliche Schrumpfung zur Folge hat, deren Stärke sich schon nach Bruchteilen einer Minute in einer Reduktion von Länge und Breite der Tiere auf $\frac{4}{5}$ bis $\frac{3}{4}$ des vorherigen Betrages zu erkennen gibt.

fähigkeit hört aber bei Formen von über 2—3 mm Länge auf, und die größeren Rhabdocoelenarten können sich nur trikladenartig kriechend fortbewegen¹⁾. Schon danach ist wahrscheinlich, daß diese Verschiedenheit in der Art der Fortbewegung wesentlich von der Körpergröße abhängig ist. Noch bezeichnender hierfür ist indessen die Tatsache, daß auch die Jungen der größeren Rhabdocoelenarten, z. B. von *Mesostoma ehrenbergi*, instande sind, in den ersten Stunden nach ihrer Geburt munter nach allen Richtungen das Wasser zu durchschwimmen, — so lange nämlich als sie noch kleiner als 2—3 mm sind²⁾. Erst einige Zeit nachher, sobald sie jene Länge überschritten haben, geben sie das Schwimmen auf und gehen zum Kriechen über.

Wie bereits HESSE³⁾ auseinandergesetzt hat, erklärt sich dieser Wechsel in der Fortbewegungsweise daraus, daß der Wimperschlag nur zu einer beschränkten Krafterleistung fähig ist und daher bei Tieren von einer gewissen Größe an nicht mehr ausreicht, sie freischwebend durch das Wasser zu bewegen. Denn da die Kraft der Flimmerung bei zunehmender Größe entsprechend der Wimperzahl, d. h. also der Körperoberfläche, nur im Quadrat, die Körpermasse dagegen in der dritten Potenz der Länge wächst, so muß sehr bald der Zeitpunkt kommen, wo die Wimperkraft der aus der schnelleren Zunahme der Körpermasse resultierenden stärkeren Beanspruchung nicht mehr gewachsen ist. Die Folge wird daher sein, daß die Tiere vom Schwimmen zum Kriechen übergehen.

Über die Größe der Wimperkraft, welche die Turbellarien zu entwickeln vermögen, sind direkte Messungen bisher nicht angestellt worden. Wohl aber hat JENSEN sie bei *Paramaecium* zu

¹⁾ Anders lautende Angaben, die auch den großen Rhabdocoelenarten Schwimmvermögen zuschreiben, sind durchweg falsch. Eine Ausnahme bildet vielleicht — ich habe diese Form bisher lebend nicht zu Gesicht bekommen und die diesbezüglichen Angaben daher nicht kontrollieren können — nur *Mesostoma tetragonum*. Hier würde es sich indessen nur um eine sekundäre Wiedererlangung der Schwimmfähigkeit durch die für diese Art charakteristische Flossenbildung handeln.

²⁾ Die aus den Subitaneiern ausschöpfenden Jungen von *Mes. ehrenbergi* haben eine Länge von 1,3—1,7 mm, wachsen aber unter günstigen Verhältnissen so rasch, daß sie schon nach 24 Std. 2,6—2,8 mm, nach 48 Std. 3,9—4,2 mm messen. Ihre Schwimmfähigkeit dauert also meist nur kurze Zeit. Länger schwimmfähig sind dagegen z. B. die Jungen vom *Mes. lingua* und *Bothromes. personatum*.

³⁾ R. HESSE, Der Tierkörper als selbständiger Organismus (HESSE-DOFLEIN, Tierbau und Tierleben Bd. I). 1910, p. 118, 177.

ermitteln versucht, indem er die Infusorien in einseitig zugeschmolzenen Röhren auf die horizontale Scheibe einer Zentrifugalmaschine brachte und die Stärke der Zentrifugalkraft bestimmte, der die Paramecien mit ihrem Wimperapparat gerade noch entgegenzuarbeiten vermochten. Aus seinen Versuchen berechnete JENSEN die „absolute Kraft“ des Wimperapparates von *Paramecium* $a = 0,00158 \text{ mg}^1$). Zugleich stellte er durch Division von a mit dem Gewicht der Tiere im Wasser $p = 0,000175 \text{ mg}^2$) fest, das Wievielfache ihres eigenen Körpergewichts die Tiere im Wasser gerade noch zu heben vermögen. Der Wert für diese Rekordkraft, wie man sie nennen kann, $w = \frac{a}{p}$ ist etwas größer als 9.

Von diesen drei ebenfalls viel zitierten Zahlen³⁾ sind nun die beiden ersteren, a und p , durchaus problematisch, da bei ihrer Berechnung das spez. Gewicht der Tiere eine Rolle spielt, und der von JENSEN dafür angenommene Wert $s = 1,25$, wie wir sahen, viel zu hoch ist. Anders steht es dagegen mit der Zahl w . Da in der Formel für a (s. Anm. 1) das Gewicht p im Zähler steht, w aber $= \frac{a}{p}$ ist, hebt sich bei ihrer Berechnung p weg, und der Wert von w

1) Die Versuchsanordnung JENSENS gründet sich auf den negativen Geotropismus der Paramecien, vermöge dessen die Tiere die Orte des geringsten hydrostatischen Druckes aufsuchen. Wenn ein Paramecium dem peripher gerichteten Zuge der Zentrifugalkraft eben noch das Gleichgewicht zu halten vermag, ist die absolute Kraft seines Wimperapparates a gleich der Zentrifugalkraft k vermehrt um das Gewicht des Tieres im Wasser p , dessen im Sinne der Schwerkraft wirkender Zug durch die Cilientätigkeit ebenfalls zu kompensieren ist. Die Zentrifugalkraft k wird berechnet nach der Formel $k = \frac{4 \pi^2 \cdot r \cdot p}{g \cdot t^2}$, wobei r die Entfernung des zentrifugierten Körpers vom Rotationsmittelpunkt, t die Umlaufzeit der Scheibe, g die Beschleunigung durch die Schwere und p das Gewicht des Körpers bedeutet. Es ist also $a = k + p = p \left(\frac{4 \pi^2 \cdot r}{g \cdot t^2} + 1 \right)$. Für r ergab sich aus JENSENS Versuchen bei $t = 0,2$ Sekunden der Wert von 80 mm.

2) Das Gewicht des Paramecienkörpers bestimmte JENSEN aus $s \cdot v$, worin s das mit 1,25 angenommene spez. Gewicht, v das Volumen bedeutet; v berechnete er aus der durchschnittlichen Länge $l = 0,25$ mm und dem Breitendurchmesser $\rho = 0,06$ mm von *Paramecium*, als $l \cdot \rho^2 \cdot \pi = 0,0007$ cbmm, und danach $s \cdot v$ also $= 0,000875$ mg. Diese Zahl gibt aber das Gewicht des Tieres im luftleeren Raum an; um sein Gewicht im Wasser p zu erhalten, ist davon nach dem ARCHIMEDES'schen Prinzip noch das Gewicht eines seinem eigenen Volumen gleichen Volumens Wasser abzuziehen: also $p = 0,000875 - 0,0007 = 0,000175$ mg.

3) Vgl. außer den in Anm. 1—3 auf S. 226 zitierten Werken z. B. noch S. v. PROWAZEK, Einführung in die Physiologie der Einzelligen. 1910, p. 85.

ist daher unabhängig von jedem etwa bei der Bestimmung des spez. Gewichts gemachten Fehler¹⁾. Ihn einwandfrei ermittelt zu haben, ist das bleibende Verdienst der JENSEN'schen Untersuchung, wenn sie sich auch, wie ihr Titel (s. Anm. 5, S. 226) anzeigt, das Ziel anders gesteckt hatte.

Aus dieser Zahl w ergibt sich nun weiter — und diese Überlegung ist wiederum schon von HESSE angestellt worden —, daß, wenn die Paramaecien ad libitum wachsen könnten, bei ungefähr 9facher Längenzunahme der Moment kommen muß, wo die Kraft ihrer Cilien nicht mehr imstande ist, sie freischwebend im Wasser zu halten²⁾. Das heißt also: da die Paramaecien eine durchschnittliche Länge von 0,25 mm besitzen, würde 2,25 mm die äußerste Länge bilden, bei der sie gerade eben noch des Schwimmens mächtig sein könnten. Weitere Längenzunahme würde dagegen den Verlust des Schwimmvermögens nach sich ziehen müssen.

Dieser Grenzwert von 2,25 mm ist nun auffälligerweise ungefähr derselbe, bei dem auch, wie die Beobachtung lehrt, die Rhabdocoelen ihre Schwimmfähigkeit einbüßen. Und da diese Würmer im großen und ganzen eine den Paramaecien ähnliche Körperform und Bewimperung besitzen, so beruht die Übereinstimmung dieser Grenzwerte vielleicht nicht bloß auf einem Zufall. Vielmehr läßt sich danach vermuten, daß die Kraft des Wimperapparates der Turbellarien im Verhältnis ungefähr von derselben Größenordnung ist wie bei den Infusorien.

Diese Erwägung ließ es mir nun wünschenswert erscheinen, auch das spezifische Gewicht der Turbellarien festzustellen, um daraus wiederum einen ungefähren Rückschluß auf die Größenordnung des spez. Gewichts der Paramaecien ziehen zu können. Als Versuchsobjekte wurden dafür *Planaria lugubris* und *Mesostoma ehrenbergi* gewählt. Die Größe dieser Tiere ermöglichte es, eine Methode anzuwenden, bei der die in JENSEN's Versuchen störende Fehlerquelle nicht in Frage kommt, nämlich die einfache Wägemethode mit Hilfe des Pyknometers.

¹⁾ Demzufolge ergibt sich w nicht nur durch Division der für a und p gefundenen Zahlen (siehe Anmerkung 1 und 2, S. 229), sondern direkt als

$$w = \frac{4\pi^2 \cdot r}{g \cdot t^2} + 1 = \frac{4,3,14^2 \cdot 80}{9810 \cdot 0,2^2} + 1 = 9,05.$$

²⁾ Wenn bei Paramaecium die Kraft des Wimperapparates a gleich dem Neunfachen des eigenen Körpergewichts, also $= 9p$ ist, so würde sie bei einem 9 mal so langen Tier $= 9^2 \cdot 9p$ sein, also gerade dessen auf $9^3 p$ angewachsenem Gewicht die Wage halten.

Die Ermittlung des spez. Gewichts der Tiere mit der Pyknometermethode setzt die Kenntnis folgender Gewichte voraus¹⁾:

G^1 = Gewicht des Pyknometers mit Wasser.

G^2 = „ „ „ nach Beschickung mit einer bestimmten Anzahl (b) Würmer.

G^3 = absolutes Gewicht der b Würmer.

G^1 und G^2 lassen sich jeweils durch direkte Wägung erhalten. Zur Feststellung von G^3 müssen die Würmer aus dem Pyknometer nach sorgfältiger Abtrocknung mit Fließpapier auf ein Uhrschälchen von bekanntem Gewicht G^4 gebracht und nach gründlicher Beseitigung des ihnen dann etwa noch anhaftenden Wassers mitsamt dem Uhrschälchen gewogen werden (G^5). Dann ist $G^3 = G^5 - G^4$ und das spez. Gewicht der Würmer:

$$s = \frac{G^3}{G^3 - (G^2 - G^1)}$$

Bei den Wägungen kommt es wesentlich darauf an, die Differenz $G^2 - G^1$ richtig zu bestimmen, die angibt, um wieviel die Würmer schwerer sind als das gleiche Volumen Wasser. Um größere Zahlen dabei zu erhalten, empfiehlt es sich, b nicht zu klein zu nehmen, d. h. nicht zu wenig Würmer für jede Wägung zu benutzen²⁾. Andererseits wächst, je mehr Würmer man zugleich verwendet, die Schwierigkeit, sie alle zwecks Bestimmung von G^5 ohne Verletzung abgetrocknet auf das Uhrschälchen zu bringen. Manchmal bleibt dabei ein oder das andere der Tiere am Fließpapier haften und zerplatzt, was dann natürlich zur Folge hat, daß man eine neue Wägungsserie beginnen muß. Nur von untergeordneter Bedeutung sind die Fehler, die dadurch entstehen, daß beim Abtrocknen der Würmer vielleicht noch Spuren von Wasser an ihnen haften bleiben. Natürlich wird G^3 deshalb leicht etwas zu groß ausfallen, aber der Fehler wird dadurch, daß dieser Faktor in der Formel für s sowohl im Zähler wie im Nenner steht, stark ausgeglichen.

Die Brauchbarkeit der Methode ergab sich daraus, daß die Resultate, die bei den verschiedenen Wägungen mit ganz verschiedenen Individuenzahlen erhalten wurden, ausgezeichnet mit-

1) Für freundliche Hilfe bei den Wägungen, die mit liebenswürdiger Erlaubnis von Herrn Prof. BRAUN im Physikalischen Institut der Universität ausgeführt wurden, bin ich den Herren Dr. BURR und Dr. ROHMANN zu lebhaftem Dank verpflichtet.

2) Wir benutzten zu unsern Wägungen gleichzeitig 6—20 Individuen von *Plan. lugubris* und 40 bzw. 58 Individuen von *Mes. ehrenbergi*, die selbstverständlich vorher durch längeres Hungern nahrungsfrei gemacht worden waren.

einander übereinstimmten. Die Werte, die gefunden wurden: **1,055** für *Plan. lugubris* und **1,02** für *Mes. ehrenbergi* dürften danach das spez. Gewicht der Tiere mit ziemlicher Genauigkeit angeben²⁾.

Natürlich können diese Zahlen keinen Anspruch darauf erheben, ohne weiteres als Maße für das spez. Gewicht des Protoplasmas angesehen zu werden. Immerhin aber dürften sie insofern von Bedeutung sein, als sie die Größenordnung erkennen lassen, der die Zahl für das spez. Gewicht des Protoplasmas jedenfalls angehört. Auch stellen sie m. E. Grenzwerte dar, zwischen denen die gesuchte Zahl liegen dürfte: denn 1,02, der für *Mes. ehrenbergi* mit seinem zarten, von wäßriger Flüssigkeit erfüllte, große Schizocoelräume enthaltenden Körper gefundene Wert — der ungefähr mit dem der im Meere treibenden Fischeier korrespondiert³⁾ — ist aller Wahrscheinlichkeit nach hierfür zu niedrig, 1,055 dagegen, der Wert, der *Plan. lugubris* mit ihrem kompakten Bau kennzeichnet, jedenfalls zu hoch. Unter allen Umständen illustrieren diese Zahlen klar und deutlich, wie wenig die zurzeit allgemein anerkannte JENSEN'sche Zahl den wirklichen Verhältnissen entspricht. Nicht um Zehner, sondern nur um Einer von Prozenten größer als 1 ist die Zahl, die den Betrag für das spezifische Gewicht der lebenden tierischen Substanz angibt.

Diskussion:

Herr Dr. STRODTMANN (Wilhelmsburg) stimmt dem Vortragenden zu, daß die spez. Gewichtszahl 1,25 viel zu hoch für Protoplasma sei. Das spez. Gewicht der Fischeier sei etwa 1,026 bis 1,01. Doch sei hier nicht nur reines Protoplasma, sondern vor allem auch Fett und Wasser vorhanden, immerhin könne das spez. Gewicht für ersteres auf keinen Fall über die zweite Dezimale hinausgehen.

Herr Dr. THIENEMANN (Münster).

²⁾ In 4 Wägungsserien mit 6, 7, 10 und 20 *Pl. lugubris* wurden als Resultat erhalten: $s = 1,048, 1,058, 1,055$ und $1,056$. Bei *Mes. ehrenbergi* ergaben 2 Serien mit 40 und 58 Exemplaren 1,02 und 1,018.

³⁾ Vgl. E. EHRENBAUM & S. STRODTMANN, Eier- und Jugendformen der Ostseefische. Wiss. Meeresunters. Kiel & Helgoland, N. F. VI, 1 1904, p. 110.

Herr Dr. E. MARTINI (Hamburg):

Über die Stellung der Nematoden im System.

Im wesentlichen ist es Opposition gegen eine neuerlich vorgebrachte Anschauung über die phylogenetische Ableitung der Nematoden, die mich veranlaßt, mich über diesen Gegenstand auszusprechen. Besonders die mir von Herrn Kollegen BRESSLAU liebenswürdigst übersandte Zusammenstellung über die Organisation der Plathelminthen hat meine schon früheren nach dieser Richtung gehenden Vermutungen sehr bestärkt und mir die engen Beziehungen zwischen beiden Gruppen deutlich gemacht. Bei näherem Studium der Literatur fand ich den Arbeiten von v. GRAFF und VEJDOVSKY weitere auffallende Übereinstimmungen.

Um Ihrer Skepsis gleich den rechten Weg zu weisen, sage ich schon jetzt, daß ich bei meiner Spekulation über die Verfahren der Nematoden auf die rhabdocoelen Turbellarien herauskomme. Dabei dürfen Sie aber nicht gleich an *Ascaris megalocephala* und *Mesostomum ehrenbergii* denken, zwischen denen ein Vergleich natürlich recht kühn erscheinen muß. Es handelt sich aber bei beiden um hochdifferenzierte Angehörige ihrer Gruppen. Stellen Sie sich die kleinen Nematoden *Plectus*, *Rhabditis* oder *Oxyuris* und die kleinen Mikrostomen und Makrostomen vor, dazu noch einige Gastrotrichen und Sie haben eine Gesellschaft, in der gemeinsame Organisationsmerkmale schon eher zu vermuten sind.

Ehe wir den Vergleich beginnen, stelle ich die Anatomie von *Oxyuris curvula* voran, die m. M. nach in vielen Fällen primitivere Verhältnisse zeigt als die von *Ascaris* und sich deshalb besser zum Vergleich eignet.

Der Darm. Der Vorderdarm, Pharynx oder Oesophagus, besteht aus 22 Epithelzellen und 28 Muskelzellen. Die Epithelzellen greifen in eigenartiger Weise mit ihren Fortsätzen zwischen den kontraktile Fasern der Muskelzellen hindurch, besonders auf der Außenfläche sich ausbreitend, so daß die den Vorderdarm außen umhüllende Membran als eine von den Epithelzellen und Bindegewebe gebildete Basalmembran erscheint (die Verhältnisse liegen hier also ähnlich, wie sie Prof. SPENGLER vorgestern bei Sipunculiden geschildert hat). Ferner finden wir Nervenzellen und mehrere Nervenringe sowie Drüsengewebe im Vorderdarm. Die Zahl der Ganglienzellen beträgt 20, die Drüse enthält 7 Kerne, eine beachtliche Abweichung von den sonst bei Nematoden beobachteten. Das ganze Gewebe ist also nach außen durch die erwähnte Membran abgeschlossen. Das

Lumen zeigt bekanntlich eine dreistrahlig Grundform. Es schließt sich ein kurzes Zwischenstück an, von 5 Zellen mit Stäbchensaum gebildet, die wir daher wohl als Drüsenzellen aufzufassen haben. Dies Stück ist nach RAUTHERS Angaben bei anderen Nematoden stärker entwickelt. Im Mitteldarm finden wir ein einschichtiges Epithel in zweierlei Ausbildung, indem am Hinterende sehr schmale und viel längere Zellen einen deutlich abgesetzten Abschnitt des Darmes auszeichnen. Zellkonstanz ist im Epithel jedenfalls nicht vorhanden. Der Mitteldarm und der hintere Teil des Vorderdarms werden von einem Bindegewebe umhüllt, das Ausläufer an die Leibeswand entsendet. An einer solchen Mesenterium ähnlichen Platte liegt im Bereich des Vorderdarms der einzige große Kern. Die Muskularis ist neunzellig, 4 große Muskelkerne finden wir nicht weit hinter der Mitte des Darmes, 4 weitere nahe seinem Hinterende, 1 ventrale Zelle liegt einem Sphinkter am Übergang in den Enddarm an. Letzterer besteht aus 7 Epithelzellen, 3 Drüsen- und 3 Muskelzellen beim Weibchen, beim Männchen haben wir 6 Drüsenzellen und zahlreichere Muskeln.

Die Leibeswand enthält im ganzen 65 Muskelzellen, in jedem subdorsalen Feld $17 = 9$ äußeren + 8 inneren, im rechten subventralen Feld $16 = 9$ außen + 7 innen, links dagegen nur $15 = 9$ außen + 6 innen. Im Epithel fällt jederseits eine Reihe von 16 großen Zellen auf, die die Mitte der Seitenlinien einnehmen, die Cuticula aber nur in geringer Ausdehnung erreichen und den auch sonst bei Nematoden beobachteten mittleren Zellreihen der Seitenfelder entsprechen. Der dorsale und ventrale Teil des Seitenfeldes ist als ein vielkerniges Synzitim ausgebildet, in dem sich Zellkonstanz nicht nachweisen läßt. Die Epidermis des Vorderendes ist zellulär gegliedert geblieben, es herrscht hier völlige Zellkonstanz. Bezüglich der Einzelheiten dieser Gegend sowie des männlichen Schwanzendes verweise ich auf die demnächst erscheinende eingehende Darstellung. Im Nervensystem herrscht ebenfalls völlige Zellkonstanz, vom Nervenring gehen wie gewöhnlich 6 vordere Sinnesnerven ab, nach hinten die Medial- und Lateralnerven, erstere mit je 2 deutlich getrennten Wurzeln. Bindegewebszellen finden wir im Vorderende 10, 4 schon von *Ascaris* bekannte am Nervenring, 6 weitere davor. Das Exkretionsorgan besteht aus 4 Zellen, 2 derselben eine mediane vordere und ebenfalls mediane hintere bilden den ventralen Teil der Harnblase, 1 sehr großer hinten median gelegener Kern gehört zweifellos zum dünnwandigen, die Kanäle bildenden Teil. Einen etwas kleineren vorderen, ebenfalls

median gelegenen Kern muß ich nach meinen bisherigen Bildern ebenso auffassen. Die Exkretionskanäle liegen in den großen oben geschilderten Zellen des Seitenfeldes nahe deren innerer Oberfläche, von einem Drüsengewebe kann hier nicht die Rede sein, ebensowenig übrigens bei Askariden.

Der Genitalapparat läßt nirgends Zellkonstanz erkennen und erscheint dadurch dem Soma gegenüber vollständig fremdartig. Er besteht beim Weibchen aus dem an seinem Ende von einer Kappenzelle gedeckten Ovar, einer Ansammlung kleiner gleichartiger Zellen, der Dotterregion, in der sich diese Zellen in ein äußeres dotterbildendes Epithel und innere Keimzellen differenzieren, einer Tubarregion, die im obersten Teil leer ist oder ein Ei enthält, im unteren Teil mit Sperma gefüllt ein *Receptaculum seminis* repräsentiert. Dann folgt die Schalendrüse, d. h. der Kanal erweitert sich, die Epithelzellen nehmen wieder drüsigen Charakter an, auf dieser Strecke entsteht die Schale des Eies. Weiter abwärts verliert sich der drüsige Charakter, beide Schenkel des Genitalkanals vereinigen sich zum Uterus. Die Epithelzellen desselben sind sehr glykogenreich. Es schließt sich eine kurze, aus Zellen zweierlei Art gebildete Vagina an. Der ganze Apparat ist vom Bindegewebe eingehüllt, das besonders in dem unteren Teil reichlich Kerne zeigt, die Muskulatur erstreckt sich von der Schalendrüse aus abwärts. Der männliche Apparat ist ähnlich, aber einfacher gebaut.

Wenn wir jetzt die Ableitung dieser Organisation von niederen Typen versuchen, so finden wir in der Literatur bereits eine ganze Anzahl einschlägiger Hypothesen. Nur einige seien erwähnt: ANTON SCHNEIDER¹⁾ stellt die Nematoden mit den Chätognaten zusammen, eine Anschauung, die jetzt wohl kaum noch geteilt wird. BÜTSCHLI²⁾ leitet die Nematoden durch Vermittlung der Gastrotrichen von den Rotiferen ab, von denen auch die Aneliden und Arthropoden selbständig ihren Ursprung genommen haben sollen. Ähnliche Anschauungen finden wir auch bei HAECKEL³⁾ und anderen. In einer späteren Publikation weist BÜTSCHLI⁴⁾ auf die Übereinstimmung zwischen Trematoden und Nematoden im Nervensystem hin, hält aber eine phylogenetische Ableitung letzterer von ersterem

¹⁾ A. SCHNEIDER 1866, Monographie der Nematoden.

²⁾ O. BÜTSCHLI 1876, Untersuchungen über freilebende Nematoden und die Gattung *Chaetonotus*. Z. wiss. Zool. Bd. 26.

³⁾ HAECKEL 1895, Systematische Phylogenie. Bd. 2.

⁴⁾ O. BÜTSCHLI 1885, Zur Herleitung des Nervensystems der Nematoden. Morph. Jahrbuch, Bd. 10.

nicht für möglich, die auch HATSHECK¹⁾ besonders in Rücksicht auf den komplizierten Genitalapparat der Trematoden ablehnt. Der schon früher von PERRIER²⁾ vertretene Versuch, die Nematoden als degenerierte Arthropoden aufzufassen, wurde neuerdings wieder lebhaft befürwortet.

Bei unserer Diskussion dieser Theorien stellen wir zunächst die Nematoden einerseits mit den Arthropoden, andererseits mit den Trematoden in Parallele. Bei den Arthropoden werden wir die Verhältnisse bei *Peripatus* häufiger besonders zu erwähnen haben. Die Tardigraden, deren Stellung im System durchaus noch unbestimmt ist, werden wir nur hier und da heranziehen.

Was die allgemeine Entwicklungshöhe betrifft, sind folgende Punkte zu erwähnen: Der Enddarm ist bei Arthropoden vorhanden, bei Nematoden vorhanden, bei Trematoden fehlt er. Die Leibeshöhle bei Arthropoden wenigstens entwicklungsgeschichtlich vorhanden (bei Tardigraden fehlen uns ausreichende Angaben), fehlt bei Nematoden, fehlt auch bei Trematoden. Sgmentierung: Bei Arthropoden vorhanden, wenigstens entwicklungsgeschichtlich, bei Tardigraden wohl noch nicht sicher nachgewiesen, fehlt bei Nematoden und Trematoden. Die Exkretionsanlage sind bei Arthropoden Nephridien oder malpighische Schläuche; die bei den Nematoden sind in ihrer Bedeutung noch nicht sichergestellt (siehe unten). Die Trematoden besitzen Protonephridien, gegliederte Extremitäten sind bei den Arthropoden überall vorhanden oder zum mindesten entwicklungsgeschichtlich angelegt. Sie fehlen den Nematoden und Trematoden. Eutelie, damit bezeichne ich die Zusammensetzung des Tierkörpers aus wenigen großen, der Zahl und Lage nach bestimmten Zellen, fehlt bei Arthropoden wohl meist. Sicher zeigt sich bei Milben oder Formen wie *Pentastomum* keine Spur davon. Bei Nematoden finden sie sich stark ausgeprägt, bei Trematoden finden wir sie ebenfalls. „Bei *Tempocephalus* scheint die Zellenzahl konstant zu sein; wenigstens konnte ich diese Konstanz bei dem Exkretionssystem, dem Nervensystem, den Parenchymzellen und den Ootypdrüsen nachweisen“, teilt mir Prof. MERTON mit. Die wenigen großen Zellen im Pharynx der *Fasciola hepatica* deuten wohl ein gleiches Verhalten an.

Diese allgemeinen Verhältnisse sprechen zweifellos bei weitem mehr für eine Zusammengehörigkeit der Nematoden und Trematoden,

¹⁾ HATSHECK 1888, Lehrbuch der Zoologie.

²⁾ PERRIER 1887. — Über weitere Literatur siehe RAUTHER in SPENGELS Ergebnissen u. Fortschr. d. Zool. Bd. 1.

während sich den Arthropoden gegenüber eigentlich nur fundamentale Unterschiede finden lassen. Die Betrachtung der einzelnen Organsysteme wird uns zu einem ähnlichen Resultat führen.

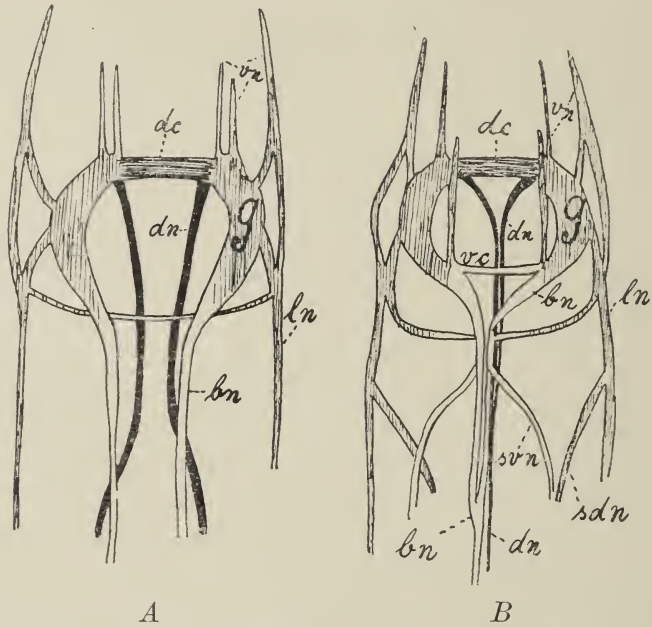
Die beträchtlichsten Unterschiede bietet wohl der Genitalapparat, der bei Nematoden außerordentlich einfach ist, bei Trematoden dagegen hoch kompliziert erscheint, auch bei Arthropoden liegt eine komplizierte Bauart in der Regel vor, indem sowohl Anhangsgebilde meist reichlich entwickelt sind, als auch der Keimstock selbst durch Follikel- und Nährzellenbildung eine höhere Differenzierung erfahren hat. Relativ einfach und den Verhältnissen bei Nematoden nahestehend erscheinen die Verhältnisse bei *Peripatus*. Bei den Trematoden jedoch dürfen wir nicht vergessen, daß es sich in der Mehrzahl um zwitterige Formen handelt; bei *Bilharzia* finden wir dementsprechend wesentlich einfachere Organe; beim männlichen Apparat fehlt der Cirrus, er besteht nur aus Hoden, dem Ductus deferens, der sich zur Samenblase erweitert, und Ductus ejaculatorius. Beim Weibchen bestehen allerdings gesonderte Dotterstöcke und haben eine sehr mächtige Entwicklung erlangt. Der übrige Apparat, bestehend aus Eierstock, Eileiter, Schalendrüse und Uterus, würde eine leidliche Parallele mit den Verhältnissen bei Nematoden zulassen. Bezüglich der Nephridien haben wir die Übersicht oben gegeben. Was die Deutung des Exkretionsorgans bei den Nematoden betrifft, so sind wir der Meinung, daß eine Ableitung von Protonephridien wohl denkbar wäre. Andererseits können wir RAUTHER nicht beistimmen, wenn er es für unwahrscheinlich hält, daß hier eine Hautdrüse phylogenetisch das Exkretionsorgan ersetzt haben könnte. Finden wir doch beim Menschen, daß die Hautdrüsen zum Teil die gleichen Stoffe wie die Nieren abscheiden und bei Erkrankung der letzteren dies in erhöhtem Maße tun, so daß geradezu von einem vikariierenden Eintreten gesprochen werden kann. Bei diesen Verhältnissen bei Wirbeltieren ist die Möglichkeit der Übernahme exkretorischer Funktion durch eine Hautdrüse bei Wirbellosen zweifellos nicht a limine abzuweisen. Andererseits finden wir ein eigentümliches Organ bei Nematoden, das uns eine bemerkenswerte Parallele erlaubt, die Enddarmdrüsen, beim Weibchen eine dorsale, eine rechte und eine linke subventrale Zelle, beim Männchen an jeder Stelle zwei, fordern sie geradezu zum Vergleich mit *Macrobotus macronyx* auf, der an den gleichen Stellen je drei Drüsenzellen hat. Diese sind nun das Homologon, der bei anderen Tardigraden hier einmündenden malpighischen Schläuche, so daß wir zu einer Beziehung zwischen

den Enddarmdrüsen der Nematoden und den malpighischen Gefäßen der Arthropoden kämen, eine der wenigen Parallelen, die ich zwischen beiden Gruppen auffinden konnte. Der Darm zeigt, wie gesagt, bei Nematoden einen Enddarm und steht dadurch höher als der der Trematoden. Im Bau der Pharynx dagegen stimmen Nematoden und Trematoden bemerkenswert überein, während sie zu den Arthropoden in einen Gegensatz treten. Die radiäre, den Pharynx erweiternde Muskulatur ist nämlich bei Trematoden auf den Pharynx selbst beschränkt, der nach außen durch eine Membran abgeschlossen ist; ebenso bei den Nematoden, während sie bei den Arthropoden sich zwischen Pharynxwand und der äußeren Haut ausspannt. Wenn bei Fliegenlarven einige vordere Segmente eingestülpt sind, so kann dies wohl die Klarheit des Befundes trüben, an der Auffassung der Sachlage aber nichts ändern. Bei *Peripatus* finden wir in der Wand des Pharynx selbst eine reich entwickelte radiäre Muskulatur, aber dieselbe besteht aus einzelnen Muskelfasern, während es sich bei den Nematoden und Trematoden um verzweigte Muskelzellen handelt. Ferner ist bei letzteren beiden Gruppen das Epithel versenkt, während es bei *Peripatus* oberflächlich liegt. Auch die Lage der Speicheldrüsen unterscheidet die beiden letzten Gruppen von der ersten. Über den Mitteldarm ist nicht viel zu sagen. Was die Körperwand betrifft, so ist das Epithel bei Nematoden und Trematoden meist versenkt. Bei Arthropoden, auch *Peripatus* deutlich in oberflächlicher Lage. Die Cuticula besteht bei Arthropoden aus Chitin, während dieses bei Nematoden und Trematoden völlig fehlt. Warum degenerierende Arthropoden ihr Chitin verloren haben sollten, das wir bei den Pentastomen doch noch wohl erhalten finden, ist nicht einzusehen. Die Muskulatur ist bei den Arthropoden durchweg die quergestreifte Faser, bei *Peripatus* die glatte Faser. Der Platodentyp der Leibeshöhlenmuskulatur, wie ihn BLOCHMANN für Trematoden ermittelt hat, scheint überall zu fehlen. Bei Nematoden und Trematoden haben wir entweder einfache Muskelzellen oder eben jene verzweigten Myoblasten mit zahlreichen kontraktilen Fibrillen. Außer Längsmuskulatur finden wir bei den Arthropoden noch starke, schräg gerichtete Faserzüge entwickelt, bei *Peripatus* kommt noch eine äußere Ringmuskulatur hinzu. Bei Trematoden und Nematoden ist die Längsmuskulatur stark entwickelt, die Ringfasern bei ersteren schwach, fehlen bei letzteren völlig. Dorsoventralmuskel bei ersteren reichlich vorhanden, sind bei letzteren auf die Enddarmgegend beschränkt. Das Nervensystem der Arthropoden ist ein Strick-

leiternervensystem mit dorsalen Schlundganglien und mehr oder weniger deutlich in Ganglien gegliedertem Bauchmark. Bei Nematoden und Trematoden finden wir eine Mehrzahl hinterer Nervenstränge. Auf die Übereinstimmung zwischen dem Nervensystem der Trematoden, speziell *Distomum isostomum* und den Nematoden, hat bereits BÜTSCHLI hingewiesen. Die neueren Untersuchungen der Nematoden lassen diese Übereinstimmung noch frappanter erscheinen, so daß wir das von BÜTSCHLI konstruierte Zwischenglied gut entbehren können. Die beiliegende Figur illustriert das Notwendige. Bei *Distomum* (ich beziehe mich hier teilweise auf meine eigene Erfahrung an *Fasciola hepatica*) liegt über dem Schlund eine sehr faserreiche Kommissur, der nur wenige Ganglienzellen anliegen. Sie geht jederseits in stärkere und zellreichere Teile des Nervensystems über. Vorher jedoch treten ein paar Nerven aus, die sich dorsal wenden und in einiger Entfernung unter der dorsalen Haut hinziehen. Von der gleichen Stelle treten einige feine Nerven zum Vorderende. Aus den dickeren Seitenteilen des zentralen Nervensystems entwickeln sich zwei vordere Nerven und zwei hintere Nerven, die seitwärts gewendet in einiger Entfernung unter der Körperhaut hinziehen. Vordere und hintere Nerven sind durch einen am Ganglion vorbeiziehenden Faserstrang verbunden. Nach Abgabe des Seitennerven wendet sich die Fasermasse, mit Ganglienzellen reich besetzt, weiter ventral und etwas median und geht nun in die beiden mächtigsten nach hinten verlaufenden Nerven über, die höchstens durch eine schwache untere Schlundkommissur an dieser Stelle miteinander verbunden sind.

Fast genau dieselben Verhältnisse zeigt uns *Oxyuris curvula*. Auch hier liegt die Hauptansammlung von Ganglienzellen in der Lateralgegend. Die sogenannten Ventralganglien bestehen, wie schon GOLDSCHMIDT fand, aus unipolaren Ganglienzellen, deren zum Teil ziemlich langer Nervenfortsatz schräg seitwärts gerichtet in den Nervenring eintritt, und zwar bereits in der Subventrallinie. So finden wir also auch bei *Oxyuris curvula* eine faserreiche zellarme dorsale Kommissur, von der mit zwei Wurzeln der dorsale Nerv entspringt. Beide Wurzeln bleiben bei unserer Form eine ziemliche Strecke lang selbständig, erst wo die Verengung des Rückenfeldes es ihnen aufzwingt, vereinigen sie sich zu einem Nervenstrang. Am Übergang der Dorsalkommissur in die Seitenteile treten vom Nervenring die beiden subdorsalen Sinnesnerven nach vorne. Aus der Lateralgegend entwickelt sich einmal der stärkste Sinnesnerv des Tieres, doch zieht die größte Zahl seiner Faser am Nervenring

vorbei, eine Beobachtung GOLDSCHMIDT's die ich bestätigen kann, und geht direkt in den Lateralnerv über, der außerdem eine Anzahl Fasern aus den seitlichen Ganglien erhält. Einzelne Nerven lassen sich hier bis in die Rektalgegend verfolgen. Die Ventralnerven, die bei unserer Form bis hinter den Genitalporus getrennt bleiben, entwickeln sich ebenfalls aus der Seitengegend des Nervenringes, und zwar verlassen sie denselben noch außerhalb der ventralen



Schema des Nervensystems, A eines Trematoden, B von *Oxyuris curvula*.

bn Bauchnerv, dc Dorsalkommissur, dn Dorsalnerv, G Gegend der stärksten Ansammlung von Ganglienzellen, ln Lateralnerv, vc ventrale Kommissur, vn vordere Nerven. — A ist entworfen unter Zugrundelegung der Figur von Gaffron über das Nervensystem von *Distomum isostomum* bei Breslau: Handwörterbuch der Naturwissenschaften mit Berücksichtigung dessen, was ich selbst für *Fasciola hepatica* gesehen habe, besonders: der Ursprung der drei Hauptnervenpaare ist getrennt. Der Ventralnerv ist die direkte Fortsetzung der Lateralganglien. Die hinteren Kommissuren sind, als für unseren Zweck unwesentlich, weggelassen.

Ganglien. Eine relativ zellarme ventrale Kommissur bildet den unteren Abschluß des Ringes.

Wenn unser Vergleich richtig ist, müssen wir erwarten, daß die ventrale Kommissur bei *Oxyuris* außerordentlich viel schwächer ist als die dorsale. Ein Medianschnitt läßt nun in der Tat erkennen, daß sie höchstens ein Drittel so viel Fasern enthält als die dorsale.

Die Übereinstimmung, die hier im Nervensystem hervortritt, ist eine so präzise, daß wir sie wohl kaum allein auf konvergente Züchtung zurückführen können, vielmehr innige phylogenetische

Beziehungen zwischen Trematoden und Nematoden annehmen müssen. Diese Beziehungen brauchen aber nicht als eine Abstammung der Nematoden von den Trematoden aufgefaßt zu werden.

Von den Arthropoden dagegen zeigen sich in allen Organen sehr wesentliche Unterschiede, so daß eine Ableitung der Nematoden von diesen unmöglich erscheint. Wenn sich mit *Peripatus* einige Übereinstimmungen ergeben, so trifft das Punkte, in denen *Peripatus* den anderen Arthropoden gegenübersteht (primitiver ist), nämlich die Ausbildung des Vorderdarms und des Geschlechtsapparats. Fundamentale Unterschiede, wie Muskelbau und -anordnung, Morphologie des Nervensystems und des Exkretionsapparats, sowie Vorhandensein von Chitin, schließt aber eine enge phylogenetische Beziehung zwischen Onychophoren und Nematoden aus. Gegenüber den Tardigraden bietet deren Nervensystem, Muskelanordnung und ihr Ovarialbau scharfe Grenzen gegen die Nematoden.

Unter den Unterschieden zwischen Nematoden und Trematoden würde wohl die Entwicklung des Enddarms bei ersteren einer direkten Ableitung nicht im Wege stehen; dagegen scheinen letztere durch die Anwesenheit von Haftapparaten die Komplikation des Genitalapparats, die sich selbst bei diözischen Formen in der mächtigen Entwicklung der Dotterstöcke ausprägt, sowie in der hohen Entfaltung des Exkretionsapparats den Nematoden gegenüber als die höher differenzierten Formen, so daß wir sie wohl nicht in die direkte Stammreihe der letzteren einreihen dürfen. Wir müssen also die Vorfahren der Nematoden unter den Vorfahren der Trematoden suchen, und hier weisen uns die übereinstimmenden Anschauungen von VON GRAFF und BRESSLAU auf die rhabdocoelen Turbellarien hin.

Ehe wir hier weitergehen, ist es vielleicht zweckmäßig, ein paar Worte über die Gastrotrichen zu sagen, welche ja von BÜTSCHLI als die nächsten Vorfahren der Nematoden angesehen werden. Im ganzen ist ihre Organisation noch zu wenig erforscht, um ein abschließendes Urteil zu erlauben. Der Bau des Pharynx, des Mitteldarmes mit seinen zwei Zellreihen, wie wir sie auch bei Strongyliden und Rhabditiden wiederfinden, das Vorhandensein eines Enddarmes, das Fehlen der Ringmuskulatur, der paarige Genitalapparat, sprechen im ganzen für Beziehungen zu den Nematoden. Die dorsale Ausmündung des Enddarmes, sein feinerer Bau, der Bau der Muskulatur, und was wir vom Nervensystem wissen, scheinen einer solchen Ableitung ungünstig. Sehr eng schließt sich zweifellos der Bau dieser Tiere an den der Rädertiere an, mit

denen auch der feinere Muskelbau und die nur wenigen Unterbrechungen in der Längsmuskulatur auffallend übereinstimmen. Die Rotiferen selbst aber dürfen wir nach der Anschauung ihres besten Kenners DE BEAUCHAMP nicht als ursprüngliche Form ansehen, sondern als eine Endgruppe, welche sich mit den Gastrotrichen von gemeinsamen tubellarienähnlichen Vorfahren ableitet. Jedenfalls, wenn wir die Abstammung der Nematoden von den Gastrotrichen nicht geradezu ablehnen, bleibt uns nur ein non liquet über, da einzelne Punkte der Organisation noch nicht genügend geklärt sind.

Das letztere gilt nun leider auch von derjenigen Gruppe unter den rhabdocoelen Turbellarien, auf die uns die Entwicklung des Genitalapparates ohne weiteres verweist, nämlich den Hystrophoren. Besonders ist es auch hier das Nervensystem, das sich einer Ableitung nicht günstig erweist, da als höchstes erst zwei Paar hintere Stämme aufgefunden sind, in anderen Fällen dagegen, die von großem Interesse wären, eine genügende Kenntnis der hinteren Nervenstämme nicht vorliegt (vgl. VEJDOSKI's Angabe über *Prorhynchus*). Andere Schwierigkeiten sind das Fehlen des Enddarms, die Reduktion des Exkretionsapparats, der Drüsen und Flimmermangel in der Haut der Nematoden. Betrachten wir zunächst das Verhalten dieser Merkmale im Bereich der rhabdocoelen Turbellarien und die Erklärungsmöglichkeit der Differenzen.

Da wir unter den Rhabdocoelen bei den Acoelen noch 3—5 hintere Nervenpaare finden und ebenso der Gruppe der Acoelen und Polycladen mehrfache hintere Nervenstämme eignen, müssen wir dieselben auch wohl für die Urrhabdocoelen annehmen, die wir wohl nach hystrophorem Typus gebildet uns denken würden. Der Enddarm ist vielleicht überhaupt polyphyletisch entstanden und dürfte der Ableitung wohl die geringste Schwierigkeit bieten. Wenn wir endlich mit HUBRECHT den Parasitismus als primär bei den Nematoden annehmen wollen, so würde derselbe uns weitere Bildungseigentümlichkeiten erklären. Finden wir doch durch denselben bei Rhabdocoelen den Exkretionsapparat stark reduziert, so daß in manchen Fällen Wimperflammen nicht nachgewiesen werden konnten, ebenfalls die Rhabditen geschwunden, und das Flimmerkleid zum mindesten etwas verkürzt¹⁾, während uns die Trematoden lehren, daß der Übergang von Turbellarien zum Parasitismus einen völligen Verlust der Bewimperung herbeiführen kann.

¹⁾ Vgl. v. GRAFF p. 2582.

Nach diesen Vorbemerkungen gehen wir die einzelnen Organsysteme vergleichend durch und untersuchen, wie weit sich übereinstimmende Verhältnisse mit denen bei Nematoden bei hysteroophoren Turbellarien oder sonst wenigstens im Bereiche der Rhabdocoelen auffinden lassen. Der Pharynx der Nematoden ist wie der der Trematoden mit der Turbellarienterminologie als Pharynx bulbosus zu bezeichnen, den VON GRAFF dadurch charakterisiert, daß bei ihm der Binnenraum durch ein Muskelseptum vom Mesenchym abgeschlossen ist. Wie diese enthält der Nematodenpharynx außer Muskulatur und Epithel auch Drüsen- und Nervenringe. Bei den Turbellarien kommt der Pharynx bulbosus nur bei den Rhabdocoelida und einigen Aloeocoelen vor, unter den Hysteroophoren bei Prorhynchiden. Die Pharynxtasche zieht sich nach VON GRAFF bald weit am Pharynx nach hinten, bald inseriert sie sich bereits dicht an seiner vorderen Öffnung¹⁾, ein Verhalten, das dem bei Nematoden entsprechen würde. Die Länge des Pharynx bulbosus schwankt nach VON GRAFF außerordentlich, sie kann $\frac{2}{5}$ von der des Tieres erreichen. In einigen Fällen, so auch bei *Prorhynchus hygrophilus* ist ein dreistrahliges Lumen beobachtet²⁾. Eine Epithelversenkung, wie sie für den Nematodenpharynx charakteristisch ist, dürften wir auch bei Rhabdocoelen vielfach finden, wenigstens konnte VEJDOVSKY bei genanntem *Prorhynchus* oberflächliche Epithelkerne nicht nachweisen. Bei dieser Form überwiegt auch die Radiärmuskulatur in auffallender Weise.

An den Pharynx schließt sich bei Rhabdocoelen ein Oesophagus an, dessen Zellen flimmerlos und den Epithelzellen des Pharynx dem Habitus nach ähnlich geschildert werden. Auch bei Nematoden läßt sich ein solcher Oesophagus nachweisen, s. p. 234 oben. Dann folgt der Mitteldarm, der zwischen beiden Gruppen beachtliche Differenzen nicht bieten dürfte. Über den Enddarm ist bereits mehrfach gehandelt³⁾. Die Muskulatur der Nematoden erscheint

¹⁾ Derselbe p. 2100, 2107.

²⁾ Die Darstellung habe ich an diesem Punkt etwas anders gefaßt als in Bremen, da Herr Kollege BRESSLAU die Liebenswürdigkeit hatte, mich auf einen Irrtum aufmerksam zu machen.

³⁾ Über die Enddarmdrüsen ist bereits oben eine Homologisierungsreihe aufgestellt. Wir möchten hier noch zwei weitere Hypothesen loswerden. Wäre es nicht einerseits denkbar, daß wir am Exkretionsorgan mehrere Ausmündungen ursprünglich gehabt hätten, wie sie ja im Bereich der Turbellarien vielfach beobachtet werden, in unserem Falle eine unpaare hintere Blase, in die mehrere Räume einmündeten, und paarige oder unpaare vordere? Durch die ektodermale Einstülpung der Kloake wären dann hinten Verhältnisse à la Rädertiere entstanden, daneben

auf den ersten Blick von der der Rhabdocoelen sehr abweichend. Ich war daher selbst sehr überrascht, als ich bei meinen Entdeckungsreisen bei VON GRAFF, nur der Vollständigkeit wegen, mich auch mit der Muskulatur der mich so sehr interessierenden Pro-rhynchiden bekannt machend, auf Verhältnisse stieß, die geradezu zum Vergleich mit den Nematoden herausfordern. Eine Ringmuskulatur ist hier von VEJDOVSKY ¹⁾ nicht eingezeichnet und wird auch nicht im Text erwähnt. Die Längsmuskulatur liegt in einer Schicht und große Myoblasten liegen den Fasern innen auf, so daß ein Bild entsteht, das an meromyare Muskulatur, wenigstens äußerlich, gemahnt. Transversalmuskulatur finden wir nicht abgebildet, dagegen reichlichere dorsoventrale Züge, die ja bei Nematoden auf das Hinterende beschränkt sind. Auf die histologische Übereinstimmung der Leibeshöhlenmuskulatur bei Nematoden und Plathelminthen überhaupt, also auch mit Rhabdocoelen wurde schon oben hingewiesen. Das äußere Epithel ist, wie bei Nematoden, so auch bei Rhabdocoelen häufig synzytial. Ein solches Syzytium gibt VEJDOVSKY ²⁾ auch für *Prorhynchus hygrophilus* an. Kerne konnte er in denselben nicht nachweisen, dagegen fand er einwärts von der Muskulatur einige große Zellen, die mit einem peripheren Fortsatz

aber die vordere Öffnung geblieben. Zerlegung des Gesamtsystems, die bei Plathelminthen ja vorkommt, würde dann einen hinteren, nur aus dem drüsigen Anteil bestehenden Abschnitt, an der Kloake belassen haben, der als Ausgang für die Enddarmdrüsen der Nematoden und vielleicht auch (analog) für die malpighischen Gefäße der Arthropoden gelten könnte, während der vordere, aus beiden Anteilen bestehende Teil in das jetzige Exkretionsorgan der Nematoden übergegangen wäre.

Eine ganz andere Überlegung ist die: Bei den Vorfahren der Nematoden hat die männliche Geschlechtsöffnung wohl weit hinten gelegen. In den hintersten, wohl ektodermalen Abschnitt ist der Darm durchgebrochen, vor dem Penis, der somit, wie bei den Nematoden, vom eigentlichen Genitalkanal entfernt erscheint. (Diese Verhältnisse mögen auch die Reduktion des letzteren, sei es als ein dorsales, sei es als zwei laterale Spikula, begründen.) Die Enddarmdrüsen der Nematoden wären dann den akzessorischen oder Körnerdrüsen der Rhabdocoelen homolog. Beim Auftreten des Gonochorismus blieben sie beim Weibchen erhalten, vielleicht durch Funktionen, die über die einer Hilfsdrüse des männlichen Apparates hinausgehen, oder vielleicht nach dem Prinzip, nach dem sich auch sonst im Tierreich ursprünglich rein männliche sekundäre Sexualcharaktere bei beiden Geschlechtern finden können. Daß sie beim Männchen in der doppelten Zahl ausgebildet sind, spricht vielleicht auch für ihre ursprüngliche Bedeutung als männliche Anhangsdrüsen.

¹⁾ VEJDOVSKY 1895, Zur vergleichenden Anatomie der Turbellarien. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 60, 1895.

²⁾ Derselbe, ebenda p. 144.

das Epithel erreichen. Es dürfte sich hier also um ein versenktes Epithel handeln, wie es auch für Nematoden charakteristisch ist, ferner ist bei genanntem *Prorhynchus* der Drüsenreichtum gering (einzellige Hautdrüsen finden sich ja auch bei vielen Nematoden. Beachtlich ist, daß nach Abbildung (Fig. 75 und 77) VEJDOVSKYS die Drüsen besonders die Seitenlinie einnehmen, auf die sie bei Nematoden beschränkt sind. Rhabditen werden von ihm für *Prorhynchus hygrophilus* nicht erwähnt. Die eigenartigen von HASWELL für *Prorhynchus putealis* angegebenen Drüsenverhältnisse lassen vielleicht auch noch weitere Aufschlüsse erwarten. Die Rückenhaut bei *Prorhynchus hygrophilus* ist flimmerlos, gleicht also in dieser Hinsicht der der Nematoden. Das erscheint besonders beachtlich, da die Spezies nicht parasitiert. Das Exkretionsorgan bietet bei Rhabdocoelen bezüglich Anordnung und Ausmündung allerlei Verschiedenheiten, u. a. kommt auch gemeinsame Ausmündung auf der Ventralseite vor, von je 2 vorderen und 2 hinteren Längsstämmen, die sich rechts und links zu einem querverlaufenden Gang vereinigen, also eine den Nematoden durchaus entsprechende Anordnung, z. B. bei *Rhynchomesostoma*, vgl. VON GRAFF p. 2148. Auch die Exkretionsverhältnisse bei *Prorhynchus stangnalis* zeigen eine gewisse Übereinstimmung, doch münden die beiden Quergefäße noch getrennt aus. Was den feineren Bau des Exkretionssystems der Turbellarien betrifft, so zeigen die Hauptstämme ein dickeres drüsiges Epithel, das vielfach flimmerlos ist, während die Wimpertrichter in ein dünnwandiges Gefäßsystem einmünden¹⁾. Ersteren Anteil können wir vielleicht in den dickwandigen, die Harnblase der Nematoden bildenden beiden Zellen wiederfinden. Die eigentliche Exkretionszelle würde dem dünnwandigen System entsprechen. Die von ihr gebildeten Kanäle zeigen ebenfalls außerordentlich dünne Wandung, die erst dicht am blinden Ende, also der Stelle, die dem Flimmerursprung bei Rhabdocoelen entsprechen würde, eine gewisse Mächtigkeit gewinnt.

Über das Nervensystem wurde oben bereits eingehend gehandelt, über *Prorhynchus hygrophilus* wissen wir durch VEJDOVSKY, daß eine faserreiche dorsale Kommissur zwei zellreiche Seitenteile verbindet, während eine ventrale Kommissur zellig geschildert wird, ein Bild, das dem allgemeinen Eindruck der Verhältnisse bei Nematoden ungefähr entspricht.

¹⁾ Daß hier eine sehr genaue Übereinstimmung mit Rädertieren vorliegt, brauchen wir wohl nicht erst zu unterstreichen.

Als ich schon einmal auf die großen Übereinstimmungen zwischen Rhabdocoelen und Nematoden aufmerksam geworden war, sah ich auch bei den Sinnesorganen nach. „Man kann ja nie wissen.“ Auch hier fand sich einiges Bemerkenswerte. Augen und Otocysten fehlen ja auch vielen Rhabdocoelen. Unter der Überschrift „Grübchenflecken“ finde ich nun für *Mesostoma* nach LUTHER folgende Angabe: (VON GRAFF p. 2197) „Vorn nahe der Körperspitze findet sich bei *Mesostoma ehrenbergii*, links und rechts dorsal dem Seitenrand stark genähert, je eine Stelle, wo das Epithel der Rhammiten sowohl wie der Rhabditen gänzlich entbehrt (XV, 10 wgr.). Die Zellen scheinen hier elastischer zu sein als in der Umgebung; sie sind zuweilen (selten) etwas höher, in der Regel aber flacher als das umgebende Epithel. An Quer- und Sagittalschnitten sind diese Stellen meist etwas eingesenkt, was der Kontraktion von dorsoventralen Muskelfasern (m_1) zuzuschreiben ist, die von hier ventral- und medianwärts ziehen. Innen tritt an diese Stelle ein starker Zweig der unteren vorderen Nerven. Dort, wo er das Epithel erreicht, verbreitert er sich brausenförmig und legt sich dem Integument dicht an (n_1). Es lassen sich Fasern bis zum Epithel verfolgen.“ Diese Schilderung würde für einige Nervenendigungen im Vorderende von *Oxyuris* recht gut passen. Leider ist die Abbildung bei LUTHER nicht sehr deutlich. Die Wimpergrübchen der Rhabdocoelen könnte man sehr wohl mit den Geschmacksorganen der Nematoden vergleichen. Von den Prohynchiden sagt VON GRAFF, daß die Wimpergrübchen bei ihnen zumeist sehr tief eingesenkte Säcke darstellen. Bei *Prorhynchus putealis* öffnen sie sich dicht hinter dem Vorderende des Körpers. Sie enthalten Wimperzellen, Drüsenzellen und Nervenendigungen. Die gleichen Elemente, abgesehen vielleicht vom Flimmern, lassen sich auch im Geschmacksorgan der Nematoden nachweisen, das ja auch bei vielen freilebenden Formen und den Mermitiden, bei denen es als Seitenorgan auftritt, eine recht weite Öffnung hat.

Bezüglich des Geschlechtsapparates finden wir wiederum, was die Ausmündung betrifft, allerlei verschiedene Verhältnisse verwirklicht. Die für die Nematoden charakteristische Lage der weiblichen vor der männlichen Öffnung kommt u. a. auch vor bei Hysterophoren. Ebenso paarige oder unpaarige Ausbildung. Der Bau des weiblichen Geschlechtsapparates bei *Prochynchus hygrophilus* gleicht, abgesehen von seiner Unpaarigkeit, wieder auffallend dem von *Oxyuris*. An den aus undifferenzierten Zellen zusammengesetzten Eierstoff schließt sich eine Zone, in der die äußeren

Zellen zu Dotterzellen differenziert sind. Weiter abwärts ändert der Bau dieses äußeren Epithels seinen Charakter zweimal, was der Schalendrüse und Uterus bei Nematoden entsprechen würde¹⁾.

Die Deckzellen VEJDovski's entsprechen vielleicht dem Bindegewebe und der Muskulatur des Genitalapparates bei Oxyuren. Über den männlichen Apparat ist mir wenig bei Prorhynchiden bekannt. Die Folge von Hoden, *ductus deferens*, *vesicula seminalis*, *ductus ejaculatorius*, wie wir sie bei Rhabdocoëlen weit verbreitet finden, stimmt durchaus mit dem Bau der Nematodengenitalien. Ob die Spicula der Nematoden auf den Cirrhus der Turbellarien zurückzuführen sind, läßt sich wohl zurzeit nicht entscheiden, unmöglich erscheint es mir nicht. Daß das Ei bei Nematoden und Hystenophoren einfach ist, sei hier noch betont. Erstere dürfen wir daher wohl sicher nicht von Formen mit zusammengesetztem Ei, also Rhabdocoelida-Trematoden resp. Alloecoela-Triclada ableiten.

Sehr auffallend und durchgreifend erscheinen die Unterschiede zwischen Plathelminthen und Nematoden im Parenchym, vor allem hielt ich die büschelförmigen Organe für ein unerklärliches Charakteristikum der Nematoden. Nichtsdestoweniger las ich auch über das Bindegewebe der Prorhynchiden nach und fand hier, daß VEJDovski in demselben zweierlei Elemente unterscheidet, einmal Bindegewebszellen, vor denen eigentlich nur der Kern nachweisbar ist, und die im Vorderende zahlreicher, im Hinterende spärlicher vorkommen. Es scheint mir zunächst die Hypothese gerechtfertigt, daß diese Elemente dem eigentlichen Bindegewebe der Nematoden homolog sind, dessen Kerne ja sehr deutlich sind, während das eigentliche Gewebe lange Zeit nicht erkannt ist. Auch sie sind im Vorderende reichlich (10 Stück bei *Oxyuris*) vorhanden, während hinter dem Nervenring nur noch wenige vorkommen. Die andere Art bindegewebiger Elemente schildert VEJDovski als braune, verzweigte Zellen mit grobkörnigem Inhalt. In ihnen können wir wohl auch nach den Abbildungen leicht das Homologon der büschelförmigen Zellen der Nematoden erblicken, die ja auch verzweigt sind. Auch sie besitzen grobkörnigen Inhalt. Von ihrer bräunlichen Farbe kann man sich leicht an der frischen *Ascaris* überzeugen. Die Verzweigung der Zellen ist ja allerdings bei Nematoden eine viel hochgradigere. Immerhin muß ich wieder darauf hinweisen, daß die Differenzierung bei Oxyuren noch keine so auffällige ist wie bei Ascariden. Die Bindegewebsarmut der Nematoden ist es ja vor allem, was ihren

¹⁾ Vgl. VEJDovskY 1895: Z. wiss. Zool. Bd. 60, Taf. VII, Fig. 84—88.

Querschnitt in so auffallender Weise charakterisiert, aber dieser Endeffekt scheint gerade das Ziel der eutelischen Reihe zu sein, finden wir doch auch ähnliches bei Rädertieren und bei Copelaten, wo auch z. B. bei *Oikopleura longicauda* nur mehr eine Bindegewebszelle nachweisbar bleibt.

Im ganzen finden wir also, daß sich alle Organe der Nematoden in ihrer Topographie und Histologie recht gut auf die der Rhabdocoelen, speziell der Hystorophoren Turbellarien beziehen lassen. Am nächsten unter den jetzt lebenden Formen scheint ihnen die Gattung *Prorhynchus* zu stehen, wenigstens nach dem, was wir bisher über die Anatomie dieser Tiere wissen. Wie aber immer in solchen Fällen unsere schönsten Spekulationen durch unfreundliche Tatsachen gekreuzt werden, besitzen die Prorhynchiden doch einige Merkmale, welche mit unserer Überlegung nicht recht stimmen wollen. Dahin gehört vor allem die unpaare Ausbildung des weiblichen Geschlechtsapparats und die Ausmündung des männlichen ganz nahe am Vorderende. Auch sei hier nochmals auf die Unstimmigkeit im Nervensystem verwiesen. Wenn wir uns also auch die Verfahren der Nematoden nicht als Angehörige der Gattung *Prorhynchus* denken können, so würden wir sie doch wohl als primitive hystorophore Turbellarien denken, die dieser Gattung im Bau nahestehen¹⁾. Aber es sei noch darauf hingewiesen, daß, wenn wir uns durch Entwicklung eines Enddarms bei primitiverer Gestaltung des Genitalapparates eine Zwischenform zwischen jenen Hystorophoren und den Nematoden konstruieren wollen, wir zu fast ganz der gleichen Form kommen, wie sie de BEAUCHAMP nach seinen Überlegungen über Rädertiere und Gastrotrichen aufgestellt hat. Diese Übereinstimmung ganz verschiedener Wege scheint doch darauf hinzuweisen, daß es sich hier nicht um reine Phantasie handelt.

Jedenfalls schienen mir diese Überlegungen wert, sie einmal auf dem Zoologenkongreß der Diskussion zu unterbreiten.

¹⁾ Ein primitives Verhalten möchte sich aussprechen in Paarigkeit der Geschlechtsorgane und Ausmündung derselben nach Art von *Macrostomum*, ferner vielleicht im Besitz reicherer (5 Paar) hinterer Nervenstämme.

Natürlich kann man die Nematoden nicht unter die Turbellarien einreihen im System, und so scheint vorläufig ihre Stellung hinter den letzteren, vielleicht neben andern Turbellarienabkömmlingen (wie z. B. bei Claus-Grobben) durchaus gerechtfertigt.

Herr Prof. G. ENTZ jun.:

Cytologische Beobachtungen an *Polytoma uvella*.

(Vorläufige Mitteilung.)

Die cytologischen Verhältnisse der *Volvocineen* — und speziell von *Polytoma uvella* — wurden schon wiederholt untersucht. Nach EHRENBERG, STEIN und anderen älteren Beobachtern hatte die Teilung zuerst BLOCHMANN (1894) eingehender studiert, welcher diese als mitotisch erkannt hat. DANGEARD (1901), der die Mitose so vieler Protisten nachgewiesen hat, beschrieb auch die Teilung von *Polytoma*, fand bei ihr bald 4, bald 6 Chromosomen und glaubt, daß ihre Zahl auf 6 festzustellen sei. Er konnte keine Centrosomen auffinden und glaubt, daß solche überhaupt nicht vorhanden sein können. PROWAZEK (1903) untersuchte sowohl die Struktur der ruhenden Zelle, als auch die Teilung, ohne jedoch in die Einzelheiten sich näher zu vertiefen.

Von anderen *Volvocineen* haben wir auch manche mit moderner Technik gemachte Untersuchungen. Der erste war HARTMANN (1904), der für *Volvox* die in geringer Zahl anwesenden, schleifenförmigen Chromosomen und das Vorhandensein von Centrosomen angab, seine ausführliche Arbeit ist aber leider nicht erschienen, so daß wir außer dieser kurzen Mitteilung keine Details seiner Beobachtungen besitzen.

MERTON (1908) beschrieb die mitotische Teilung von *Pleodorina illinoisensis*, bei welcher ungefähr 12 Chromosomen auftreten. Ein Centrosom konnte er nicht nachweisen.

Eingehend beschäftigte sich REICHENOW (1910) mit *Haematococcus pluvialis*, stellte die mitotische Teilung und 32 Chromosomen fest, fand aber auch kein Centrosom.

Meine auf *Polytoma uvella* bezüglichen Untersuchungen, welche ich in dem Institut für Infektionskrankheiten ROBERT KOCH bei Prof. HARTMANN ausgeführt habe, wurden an gezüchtetem Material gemacht und beziehen sich auf den Bau der *Polytoma*-Zelle, sowie auf die Teilung. Die Resultate dieser Untersuchungen möchte ich hier kurz mitteilen.

Vom Bau der ruhenden Zelle will ich die Geißelinsertion besprechen. Die beiden Geißeln entspringen aus zwei Basalkörnern, welche seitlich miteinander verbunden sein können. Die Basalkörner können nun auch mit dem Kern in verschiedener Weise zusammenhängen, und zwar können von den Basalkörperchen feine

Fibrillen entspringen, welche alle an die Oberfläche des Kernes sich anheften und so eine Art Fibrillenkegel bilden. Zweitens kann von beiden Basalkörperchen ein ziemlich dicker Plasmastrang entspringen, welcher dann auch in einen ähnlichen Fibrillenkegel wie der obengenannte übergeht. Beide Modi werden von PROWAZEK geschildert. Bei einem dritten Modus geht von einem der beiden Basalkörperchen eine ziemlich starke Fibrille — Rhizoplast — aus, welche dann mit dem Kern, und zwar meistens mit einem der Kernmembran von innen anliegenden und mit dem Kernkörperchen durch ein gerades Bindeglied verbundenen Kügelchen in Zusammenhang steht. Dieses Kügelchen ist nach der HARTMANN'schen Deutung als das aus dem Nucleolus ausgewanderte Centriol aufzufassen. Bei einem vierten Modus legt sich der Kern sozusagen direkt an die Basalkörperchen an; endlich kann zwischen Kern und Basalkörperchen eine Verbindung überhaupt nicht mehr vorhanden sein.

Im bläschenförmigen Kern ist das Außenchromatin verschieden angeordnet. Eine deutliche Kernmembran ist vorhanden. An ihrer Innenseite liegt ein Centriol, das durch eine gerade Verbindung mit dem Nucleolus zusammenhängt. Im Plasma fand auch ich Stärkekörner, Volutinschollen, so wie all die Bestandteile der Zelle, welche andere Autoren bereits genau beschrieben haben, so daß ich auf eine eingehendere Schilderung verzichten kann.

Die Teilung scheint durch eine Zerschnürung des obenerwähnten intranucleären Centriols eingeleitet zu werden, dessen Hälften auseinanderweichen, aber durch eine Desmose verbunden bleiben. Nun folgt eine mitotische Teilung, wobei sich das Außenchromatin und der Nucleolus zu einem spiremähnlichen Gebilde umwandeln. Der Nucleolus bleibt während dieses Stadiums zunächst unverändert und konnte nur dann nicht mehr aufgefunden werden, als schon die Chromosomen gebildet waren. Chromosomen fand ich in der Äquatorialplatte 16, in den Polplatten 8.

Doch war dies nicht immer der Fall. DANGEARD traf — wie oben erwähnt — bald 4, bald 6 und glaubt ihre Zahl als 6 annehmen zu müssen. Ich habe nun außer solchen, welche 16 in der Äquatorialplatte und 8 in den Polplatten hatten, auch solche beobachtet, bei welchen 8 Chromosomen in der Äquatorialplatte und 4 in den Polplatten aufzufinden waren. Ob diese interessante Tatsache, daß in diesen Fällen eben die Hälfte der normalen (?) Chromosomenzahl vorhanden ist, mit einer Reduktion etwas zu tun hat, oder ob wir bei *Polytoma* mehrere Rassen mit verschiedenen (haploidalen, diploidalen) Chromosomengarnituren haben, konnte ich

bis jetzt nicht entscheiden, doch möchten DANGEARD'S Angaben mit einer dritten Modifikation mit 6 Chromosomen für verschiedene Rassen sprechen.

Zwischen den beiden Centriolen ist eine Centrodese sowie Lininfäden oft sehr deutlich zu bemerken.

Die Kernmembran bleibt zum Teil ziemlich lange erhalten, verschwindet aber endlich doch. Die Chromosomen sind meist bohnenförmig, doch hatte ich in einigen Fällen auch U- und V-förmig gebogene und dann längere, aber auch schmalere beobachtet.

Die Entstehung der neuen Geißeln beginnt damit, daß sich das Centriol meist noch vor Ausbildung der Kernmembran teilt. Die beiden Hälften bleiben gewöhnlich durch eine Desmose verbunden. Während aber das eine Tochtercentriol stets innerhalb der Kernmembran bleibt und späterhin bei der Teilung als intranucleäres Centriol wirkt, scheint das andere noch eine Reihe weiterer Teilungen durchzumachen, aus denen die eingangs erwähnten Basalkörner, Rhizoplaste und Geißelfibrillen hervorgehen, wie dies bereits für die verschiedensten Flagellaten eingehend beschrieben ist (SCHAUDINN, PROWAZEK, HARTMANN USW.).

Interessant ist bei diesen Untersuchungen bezüglich der Geißelinsertion, daß sie bei ein und derselben Art so verschieden sein kann, wie sonst nur in abweichenden Gruppen (HARTMANN 1913). Die verschiedene Zahl der Chromosomen in einer Art ist mit oder ohne Reduktion auch bemerkenswert, von allgemeinerem Interesse ist aber wohl der klare Nachweis von Centriolen und Centrodese auf sämtlichen in Frage kommenden Stadien. Da ferner von HARTMANN schon vor etwa zehn Jahren (1904) für *Volvoc* analoge Zentren angegeben worden sind, so dürften sie in der ganzen Gruppe der *Volvocineen* in ähnlicher Weise vorhanden und mit geeigneter Technik nachweisbar sein.

Literatur.

1894. BLOCHMANN, F.: Kleine Mitteilungen über *Protozoen*. Biol. Zentralblatt. Bd. 14.
1901. DANGEARD, P.-A.: Etude sur la structure de la cellule et ses fonctions. Le *Polytoma uvella*. Le Botanist. Bd. 8.
1903. PROWAZEK, S. v.: Flagellatenstudien. Archiv für Protistenkunde. Bd. 2.
1904. HARTMANN, M.: Die Fortpflanzungsweise der Organismen, Neubenennung und Einteilung derselben erläutert an *Protozoen*, *Volvocineen* und *Dicyemiden*. Biologisches Zentralblatt. Bd. 24.
1908. MERTON, H.: Über den Bau und die Fortpflanzungsweise von *Pleodorina illinoisenni* KOFOID. Zeitschrift für wiss. Zoologie. Bd. 90.

1910. REICHENOW, E.: Untersuchungen an *Haematococcus pluvialis* nebst Bemerkungen über andere Flagellaten. Arbeiten aus dem kaiserlichen Gesundheitsamte. Bd. 33.
1913. HARTMANN, M.: *Flagellata*. Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Bd. 3.

Erklärung der Figuren auf der Tafel.

Figur 1¹⁾.

Geteiltes Individuum; im unteren abermalige Teilung des Centriols.

Figur 2.

Spindel mit zweimal 4 Chromosomen. Centriolen an beiden Enden der Spindel, das obere ist mit einem Basalkorn durch eine Fibrille verbunden.

Figur 3.

Spindel mit zweimal 8 Chromosomen. Centriolen nicht sichtbar.

Figur 4.

Spindel. Centriolen mit Desmose verbunden, die Desmose zieht durch die Polplatten.

Figur 5.

Geteiltes Individuum, die obere Zelle zeigt die Äquatorialplatte von der Spindel-seite. Desmose gut sichtbar, die untere Zelle zeigt zweimal 4 Chromosomen, in der Äquatorialplatte vom Pole gesehen.

Figur 6.

Geteiltes Individuum, die obere Zelle zeigt die Äquatorialplatte von der Spindel-seite, die untere vom Pole mit zweimal 8 Chromosomen.

Figur 7.

Geteiltes Individuum, die obere Zelle zeigt die Äquatorialplatte von der Spindel-seite, an den Polen deutliche Centriolen und Linien-Fäden, die untere Zelle von der Polseite, mit zweimal 8 Chromosomen.

Figur 8.

Geteiltes Individuum, die obere Zelle von der Spindel-seite, die untere vom Pole, mit 4 Chromosomen in den Polplatten. Im oberen ist auch die Desmose sichtbar.

Figur 9.

Geteiltes Individuum, das obere von der Spindel-seite, das untere von der Polseite mit 8 Chromosomen in den Polplatten.

Figur 10.

In beiden Zellen Centrodesmose im Polplattenstadium, Vorbereitung zur Vierteilung.

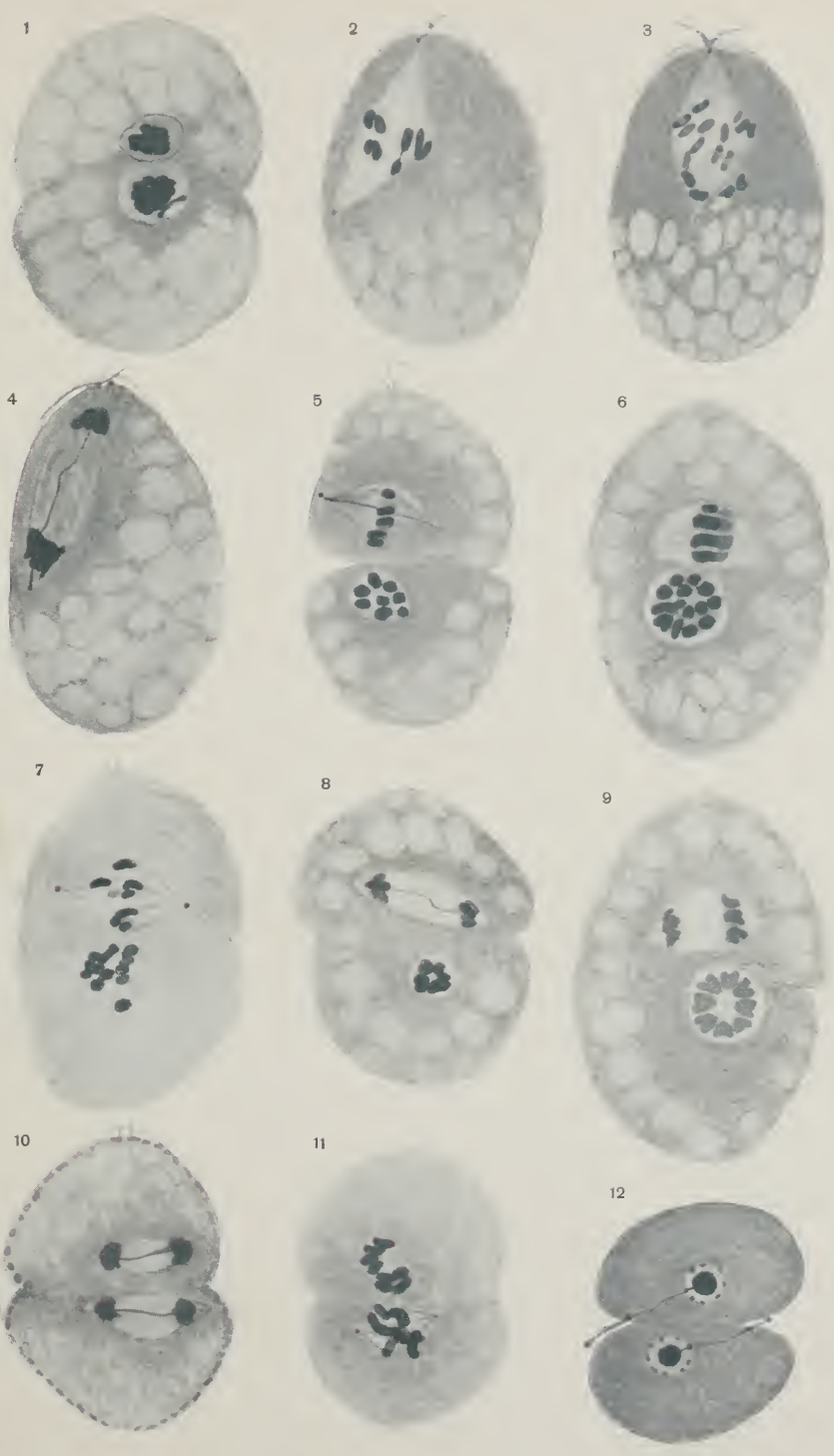
Figur 11.

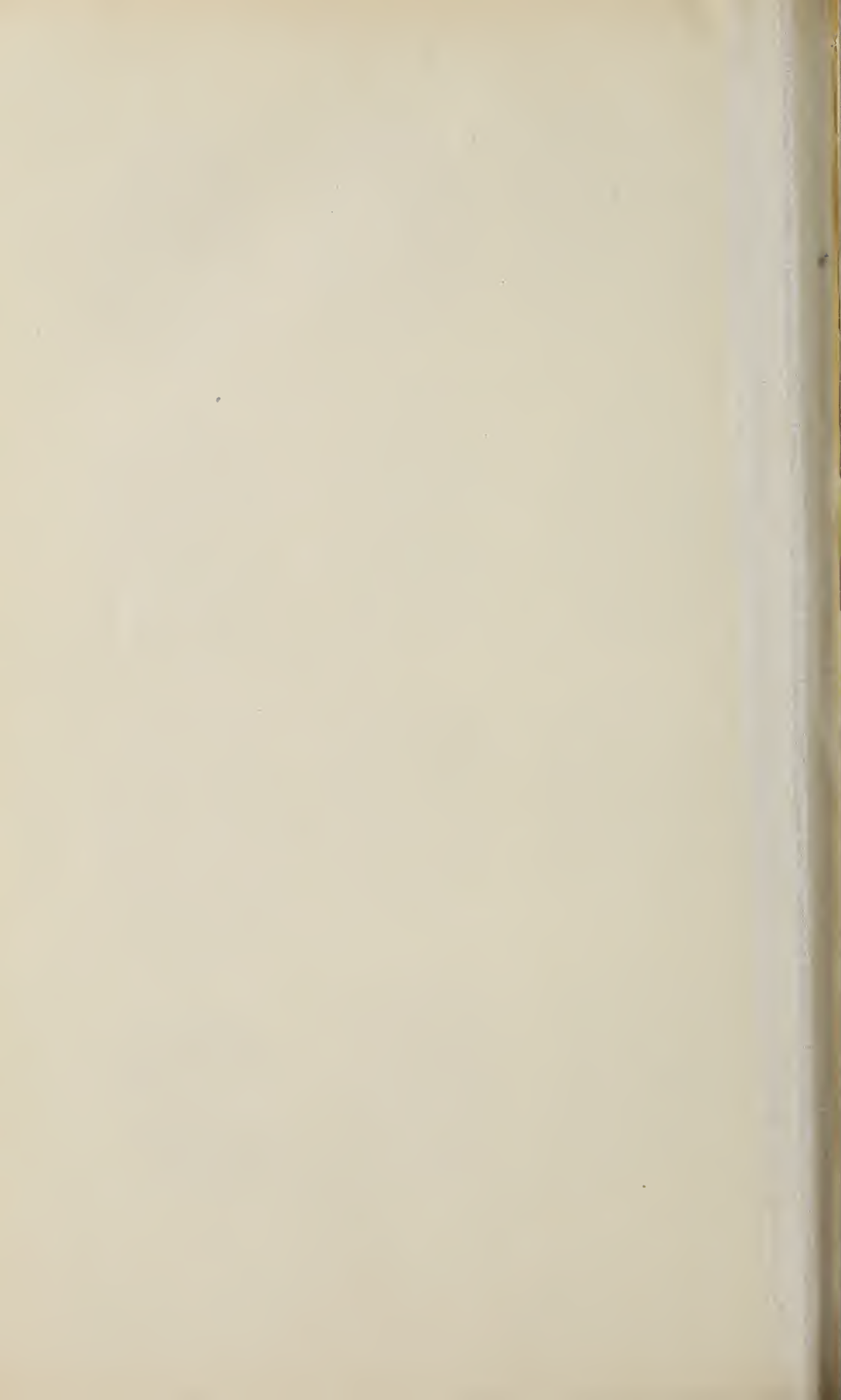
Vorbereitung zur Vierteilung, in beiden Zellen zweimal 4 Chromosomen in der Äquatorialplatte. Die obere Zelle vom Pole, die untere von der Seite, in dieser sind auch die Centriolen zu erkennen.

Figur 12.

Zwei aus der Teilung hervorgegangene Zellen, in beiden ist die Geißel in Entwicklung begriffen, weshalb an ihrem Ende ein kleines Körperchen zu beobachten ist. Das Basalkorn verbindet mit dem Centriol ein Rhizoplast.

¹⁾ Alle Figuren beziehen sich auf Teilung von *Polytoma uvella*, sind nach mit Heidenhain's Eisenhämatoxylin gefärbten Abklatschpräparaten, mit Abbé'schem Zeichenapparat entworfen. Vergrößerung. Zeiß Apahr. 2 mm, n. A. 1.3, comp. Acular 18. Plasmastruktur etwas schematisch, Geißeln zum Teil weggelassen, oder nur angedeutet.





Herr Dr. PRELL (Tharandt):

Deutsche Proturen (Demonstration).

Aus Deutschland sind Proturen schon kurz nach der Entdeckung der interessanten Gruppe in Norditalien bekannt geworden. Während aber BERLESE bereits im Jahre 1908, also zwei Jahre nachdem SILVESTRI's erste Proturenarbeit erschienen war, für Italien nicht weniger als 10 Spezies beschreiben konnte, sind bis jetzt in Deutschland erst 4 aufgefunden worden. Von diesen gehören 2 dem Genus *Eosentomon* (Fam. *Eosentomidae*) und je 1 den Genera *Acerentomon* und *Acerentulus* (Fam. *Acerentomidae*) an. Nur aus Deutschland bekannt ist *Eos. germanicum* PR., welches dem tiroler *Eos. Ribagai* BERL. nahe verwandt ist; sein Vorkommen ließ sich für Hamburg, Marburg a. L., Freiburg i. B. nachweisen. Bemerkenswert ist, daß diese sonst recht seltene Art in dem heißen Sommer von 1911 bei Marburg sehr häufig auftrat und seither wieder fast völlig verschwand, ein Hinweis vielleicht darauf, daß es sich hier um eine südliche Form, möglicherweise sogar nur um eine Lokalrasse von *Eos. Ribagai* handelt. Das etwas kleinere *Eos. transitorium* BERL. ist das bei uns häufigste Protur: von Norwegen und Finnland im Norden bis nach Oberitalien und Korsika im Süden ist es gefunden worden; an manchen Orten (z. B. in der Umgebung von Dresden) ist es an ihm zusagenden Stellen so zahlreich vertreten, daß es an Volksdichte alle mit ihm gemeinsam vorkommenden kleineren Arthropoden (Collembolen, Milben) weit übertrifft; gelegentlich muß man aber tagelang suchen, ohne ein einziges Exemplar zu finden. *Acerentomon Doderoi* SILV. hat etwa dasselbe Verbreitungsgebiet, ist aber im Norden recht selten, um dann im Süden die vorherrschende Art zu werden. Von *Acerentulus* ist nur München als deutscher Fundort bekannt.

Was die Fundstellen selbst anlangt, so kommen als solche alle feuchten Lokalitäten in Frage, an denen vegetabilische Reste ohne wesentliche Mitwirkung mycelbildender Pilze zerfallen. Da die Tiere außerdem sich mit Vorliebe in enge Spalten verkriechen, so sind sie am häufigsten unter flachen auf Moos oder Humus ruhenden Steinen, unter der Rinde modernder Baumstümpfe und in deren Rinde selbst, wobei die spaltenreiche Borke von Kiefern einen besonders günstigen Aufenthaltsort abgibt. Gegen Trockenheit sind alle Proturen sehr empfindlich; sie scheinen sich daher bei eintretender Dürre tiefer in den Boden zurückzuziehen, während der kühlen und feuchten Jahreszeit mehr oberflächlich zu leben. Gegen

Nässe sind sie durch ihren undurchlässigen Chitinpanzer recht gut geschützt; kann man sie doch in Wasser und besser noch in RINGER'Scher Flüssigkeit länger als eine Woche lebend erhalten, während sie in der feuchten Kammer meist rasch eingehen.

Diese Undurchlässigkeit des Exoskelettes ist bei der Fixierung und Färbung von Proturen sehr hinderlich. Im allgemeinen empfiehlt sich daher die Verwendung erwärmter Fixationsmittel — Sublimat-eisessig oder FLEMMING'S Gemisch. Für Totalpräparate ist es zweckmäßig, wenn man die Tiere vorher mit Kokain lähmt, um sie völlig ausgestreckt zu erhalten. Die aufgestellten Präparate von *Ac. Ribagai* und *Eos. germanicum* sind teils nach Sublimat-Fixation mit Alaunkarmin (wobei ein vorheriges Anstechen erforderlich ist) unter wiederholtem Wechsel mehrtägigen Färbens und Differenzierens in salzsaurem Alkohol tingiert, teils in FLEMMING'Scher Lösung osmiert. Die Skelettpräparate sind mit Wasserblau gefärbt oder mit Silber imprägniert. Zur Anfertigung von Übersichtspräparaten eignen sich nur erwachsene Individuen, da bei jüngeren der stark entwickelte Fettkörper fast alles verdeckt.

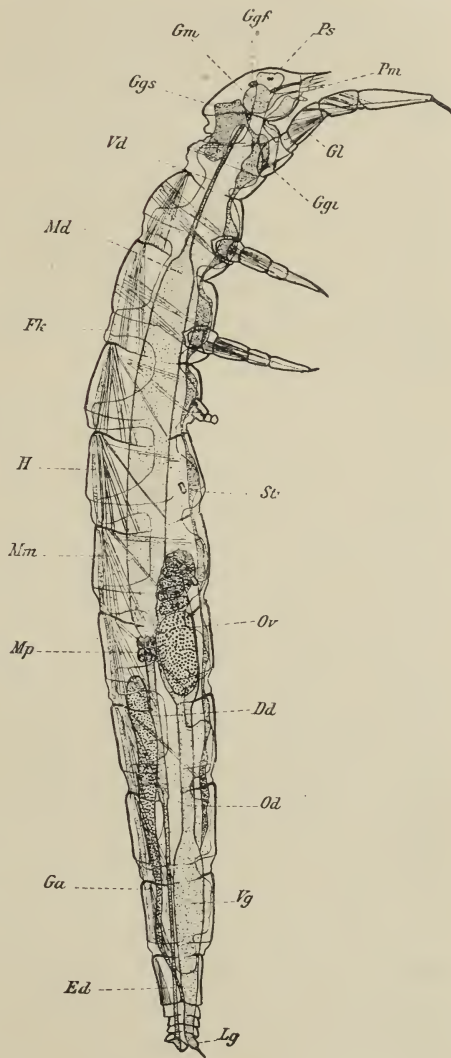
An derartig behandelten Präparaten läßt sich Organisation der Proturen recht gut verfolgen.

Das Darmsystem besteht aus einem einfachen, den Körper in gerader Linie vom Mund zum After durchziehenden Darne, an welchem sich unschwer der sehr dünne Vorderdarm, ein von hohem, großzelligem Epithel ausgekleideter Mitteldarm, welcher beim lebenden *Eosentomon* olivbraun gefärbt ist, bei *Acerentomon* durch seinen Inhalt weiß erscheint, und ein Hinterdarm unterscheiden läßt, welcher aus einem etwas kürzeren Dünndarme und dem längeren und schlankeren Enddarme besteht.

Als *Vasa Malpighii* fungieren 6 Gruppen von je 2 großen Drüsenzellen, welche durch stark reduzierte Ausführungsgänge mit dem proximalen Ende des Hinterdarmes in Verbindung stehen. Sie sind am Totalpräparate mit Leichtigkeit zu sehen. Von sonstigen Drüsen sind zunächst die Kopfdrüsen zu erwähnen, von denen 2 maxillare und 1 labiale vorhanden sind; die letztgenannte ist bei *Eosentomon* besonders auffällig durch ihre Auflösung in zahlreiche, zum Teil in den Prothorax verlagerte Acini mit oft dunkelgefärbten Einschlüssen (KORSAKOW). Außerdem besitzen alle Proturen noch große, am 8. Abdominalsegmente mündende „Wehrdrüsen“, deren zähklebriges, fadenziehendes Sekret unter Hochschlagen des Abdomens über den Kopf zur Verteidigung nach Staphylinenart abgegeben wird. Das dorsale Herz beginnt im 8. Abdominalsegment und läßt

sich als Aorta bis in den Thorax hinein verfolgen. Am zentralen Nervensystem lassen sich deutlich ein großes Oberschlundganglion, ein mit dem Prothorakalganglion verschmolzenes Unterschlundganglion und weitere 8 Rumpfganglien unterscheiden, deren letztes eine Verschmelzung aus 3 Ganglien erkennen läßt. Die Erscheinung, daß die Nervenfasern nur äußerst schwer Farbstoffe annehmen, scheint zu einer irrtümlichen Deutung geführt zu haben: KORSAKOW beschreibt für den Thorax von *Eosentomon* je 2 Ganglien, während eines der aufgestellten Präparate zeigt, daß es sich dabei nur um einzelne Anhäufungen von Nervenzellen in einem gemeinsamen großen Ganglion handelt. Von den Ganglien des sympathischen Systemes ist am Totalpräparat das Ganglion frontale zu erkennen. Von Sinnesorganen fehlen die Augen völlig; gut sichtbar dagegen sind, besonders an den Skelettpräparaten, die zierlichen Sensillen am Tarsus des ersten Beinpaars, sowie die paarig an den Seiten des Kopfes gelegenen „Pseudoculi“, welche mit dem Postantennalorgan der Collembolen homologisiert werden.

Die ♂♂ besitzen ein Paar einfacher tubulöser Hoden mit kurzen blasenförmigen Vasa deferentia und lang aufgewundenen, fein mit Chitin ausgekleideten Ductus ejacula-



Figur 1.

Acereatomon Döderoi Silv., ♀ (Marburg, V. 12), kaum schematisiert.

Dd Dünndarm, *Ed* Enddarm, *Fk* Fettkörper, *Ga* abdominale Wehrdrüse, *Ggf* Ganglion frontale, *Ggi* Unterschlundganglion, *Ggs* Oberschlundganglion, *Gl* Labialdrüse, *Gm* Maxillardrüse, *H* Herz, *Lg* Legeapparat, *Md* Mitteldarm, *Mm* Muskulatur, *Mp* Vasa Malpighii, *Od* Ovidukt, *Ov* Ovarium, *Pm* Maxillartaster, *Ps* Pseudoculus, *St* Stylopod, *Vd* Vorderdarm, *Vg* Vagina.

torii, die getrennt in den Spitzenteilen des Penis münden; dieser selbst kann zwischen dem 11. Segment und dem Telson ausgestreckt werden. Beim ♀ besteht der Sexualapparat aus zwei großen panoistischen Ovarien, welche ventral an der Basis des Abdomens liegen. Die anfangs paarigen Ovidukte vereinigen sich später zu einer gemeinsamen Vagina, welche durch einen komplizierten, dem männlichen Kopulationsorgane recht ähnlich gebauten Legeapparat hinter dem 11. Segment nach außen mündet. Gewöhnlich findet sich ein großes, durch dichte Dotteranhäufung undurchsichtiges Ei im Uterus; das abgelegte Ei ist bisher noch nicht aufgefunden worden. Irgendeine Periodizität in der Fortpflanzung scheint nicht vorzuliegen, da man ♀ ♀ mit legereifen Eiern sowie Jugendformen in allen Stadien zu jeder Jahreszeit antrifft.

Das sehr komplizierte Muskelsystem tritt an den Totalpräparaten nur in Gestalt einiger fächerförmig von den Präsegmentalleisten ausstrahlender Bündel, sowie der langen Tergocoxalmuskeln hervor. Der Fettkörper erwachsener Tiere besteht aus zwei lateralen Längsstreifen, von denen segmental und in den Kopf Läppchen abgehen. Betreffs des Rumpfskelettes, welches nur an Mazerationspräparaten klar zu erkennen ist, sei erwähnt, daß sich daran eine Rückenschuppe und eine Bauchschuppe, sowie eine dorsale und eine ventrale Pleure unterscheiden lassen, deren jede wiederum in vier Unterabschnitte gegliedert zu sein pflegt. Das Telson besteht aus einer Dorsal-, einer Ventral- und zwei Lateralschuppen, welche den After umschließen. Die Extremitäten des Kopfes ähneln — Antennen fehlen gänzlich — den Mundteilen der Collembolen außerordentlich. Von den thorakalen dient das verlängerte erste Paar als Tastorgan; wie bei den anderen lassen sich daran die gewöhnlichen Abschnitte des Insektenbeines unterscheiden, die Vorder-tarsen sind bei *Eosentomon* zweigliedrig. Die abdominalen Extremitäten, Stylopoden, schließlich, welche an den ersten 3 Hinterleibssegmenten auftreten, sind bei den Eosentomiden sämtlich zweigliedrig, während die beiden letzten Paare bei den Acerentomiden einfache Stummeln sind. Die terminal an den zweigliedrigen Beinen befindlichen Bläschen dienen wahrscheinlich der Respiration. Cerci oder sonstige distale Abdominalextrimitäten fehlen. Das vielverzweigte, commissurenlose Tracheensystem, das in seinem Vorkommen auf die Eosentomiden beschränkt ist, läßt sich am Dauerpräparat nur in den beiden Stigmen am Meso- und Metathorax nachweisen.

Sehr eigentümlich ist die Tatsache, daß das jüngste Stadium der Proturen nur 9 Abdominalsegmente besitzt, deren Zahl sich im Laufe der postembryonalen Entwicklung auf 12 vermehrt. Es ist diese Anamerie zweifellos ein phylogenetisch primitives Merkmal und spricht, da sie bei anderen Insekten nicht vorkommt, dafür, daß man die Proturen (zusammen mit den wohl in einem oligomeren Jugendstadium neoten gewordenen Collembolen) als „Anamerentoma“ den übrigen, holomeren Insekten gegenüberstellen darf.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: [Fünfte Sitzung 197-257](#)