

Bericht des Gesamtvereines über seine Tätigkeit im Jahre 1907.

Zusammengestellt vom redigierenden Sekretär des Vereines
Prof. Dr. K. Fritsch.

1. Versammlung am 18. Jänner 1908.

Herr Prof. Dr. Dimmer hielt einen Vortrag über:

Die Photographie des Augenhintergrundes.¹

Im Jahre 1851 erfand Helmholtz den Augenspiegel (Ophthalmoskop), ein an sich sehr einfaches Instrument, das es uns ermöglicht, eine ganze Reihe von Krankheiten zu erkennen und zu differenzieren, die früher nur unter dem Namen des schwarzen Stars — weil eben die Pupille schwarz blieb — bekannt waren. Nicht allein für die Augenheilkunde, sondern für die gesamte Medizin war das ein sehr bedeutender Fortschritt, denn zahlreiche Augenkrankheiten sind nur die Folge von Allgemeinerkrankungen. Aber nicht nur bei Krankheiten leistet die Augenspiegeluntersuchung vorzügliche Dienste, sondern die Augenärzte bedienen sich desselben auch zur Kontrolle bei der Brillenbestimmung. Das Ophthalmoskop zeigt uns, u. zw. durch die Nummer der Korrekationslinse, mit der wir den Augenhintergrund deutlich sehen, auch den Grad der Kurzsichtigkeit oder der Übersichtigkeit des untersuchten Auges an.

Selbstverständlich hat man sich bald bestrebt, die gesehenen Bilder, die den Ophthalmologen eine neue Welt eröffneten, im Bilde festzuhalten. Ein Meisterwerk war der Atlas von Augenspiegelbefunden, den der Wiener Augenarzt Prof. Eduard v. Jaeger uns geschenkt hat. In neuester Zeit hat der Erlanger Okulist, Prof. Oeller, vorzügliche Darstellungen in seinem Atlas gebracht. Es sind die ersten Bilder,

¹ Hiezu eine Tafel und eine Textfigur.

die in Ölfarben gemalt wurden, während man sonst immer den Augenhintergrund in Aquarellfarben wiedergegeben hat.

Es hat natürlich auch nicht an Versuchen gemangelt, das Bild des Augenhintergrundes durch die Photographie zu fixieren. Die Vorteile der Methode wären offensichtlich die absolute Objektivität des Bildes und die rasche Herstellung, letztere im Gegensatze zur Abbildung mit Zeichenstift und Pinsel, die immer eine ganze Anzahl von Sitzungen erfordert. Ganz besonders würde die Photographie die Verfolgung von Krankheitsprozessen in der Netzhaut oder Aderhaut sehr wesentlich fördern.

Soll die Photographie aber für unseren Zweck brauchbar sein, so muß ein genügend scharfes Bild von einer gewissen Vergrößerung gefordert werden. Ein kleines Bild von wenigen Zentimetern Durchmesser kann ja weiterhin auf photographischem Wege vergrößert werden. Ein kleines Bild bietet aber für die Beleuchtung Vorteile. Ganz unerlässlich ist es, daß das Photographum einen genügend ausgedehnten Teil des Augenhintergrundes darstellt. In dieser Richtung müssen an das Photographum dieselben Anforderungen gestellt werden, wie sie die Bilder unserer Atlanten erfüllen und größere Anforderungen als bei der ophthalmoskopischen Untersuchung selbst, wo man durch Drehungen des Spiegels und durch Bewegungen der Augen die einzelnen Teile des Gesichtsfeldes nach und nach beleuchten kann.

Die Schwierigkeiten sind allerdings recht groß. Zunächst sind es die Reflexe an den brechenden Medien, an der Hornhaut und der Linse, die ausgeschaltet werden müssen. Wenn sie auch schon den Untersucher stören, so würden sie, wenn auch in geringem Grade vorhanden, die photographische Platte unbedingt verschleiern. Eine andere schwierige Aufgabe besteht darin, durch die Pupille des Auges die für eine Momentaufnahme genügende Lichtmenge in das Auge zu leiten, denn nur die Momentaufnahme allein wird eine genügende Schärfe des Bildes gewährleisten. Ferner muß die Beleuchtung eine gleichmäßige sein. Der Kopf und das Auge des Patienten müssen fixiert werden, sodaß die Einstellung vorgenommen werden kann, doch kann diese natürlich nicht mit derselben Lichtmenge

erfolgen wie die Aufnahme. Recht ungünstig ist es, daß der Augengrund zumeist rote Strahlen reflektiert, die auf die photographische Platte nicht wirken, sodaß nur die gleichzeitig reflektierten Strahlen anderer Farben in Betracht kommen und auch da nur für orthochromatische Platten.

Noyes in Amerika hat 1862 die ersten Versuche gemacht, das Augenspiegelbild zu photographieren.

Ohne sämtliche, von mehr oder weniger Erfolg begleiteten Versuche, die seit ihm auf diesem Gebiete gemacht wurden, erwähnen zu wollen, seien nur jene Autoren und deren Versuche hervorgehoben, welche die Photographie des Fundus oculi wirklich gefördert haben. Im Jahre 1864 machte Rosebrugh Aufnahmen vom Augenhintergrunde der Katze, konnte aber beim menschlichen Auge keine Erfolge erzielen. Desgleichen glückten Dor im Jahre 1884 nur Aufnahmen vom Fundus der Katze und des Kaninchens und vom künstlichen Auge von Perrin. L. Howe in Buffalo hat im Jahre 1888 den Fundus des menschlichen Auges mit Platten, die durch Erythrosin empfindlich gemacht waren, aufgenommen. Cohns Verdienst ist es, im Jahre 1888 auf das Blitzlicht aufmerksam gemacht zu haben. Er photographierte den Augenhintergrund eines künstlichen Auges. Während von den bisher Genannten stets die ganze Pupille zur Beleuchtung und auch zur Bilderzeugung benutzt wurde, hatte Bagnéris in Nancy 1889 den glücklichen Gedanken, daß es besser sei, nur die eine Hälfte der Pupille zur Beleuchtung, die andere aber für die Abbildung zu verwenden, ein Gedanke, der später mehrfach weiter benutzt wurde und der auch meinem Apparate zu Grunde liegt.

E. Fick und Gerloff kamen unabhängig von einander fast gleichzeitig auf die Idee, die Reflexe an den brechenden Medien, speziell an der Cornea, durch eine vor das Auge gelegte Wasserkammer auszuschalten, und Gerloff ist es auf diese Weise tatsächlich zuerst gelungen, ein Bild vom lebenden menschlichen Auge zu erhalten, welches scharf und nicht durch Reflexe gestört war, aber freilich nur einen kleinen Teil des Fundus darstellte. Eine ganz andere Anordnung hatte Guilloz (Nancy), dessen Arbeit im Jahre 1893 erschien. Er ließ den Augenspiegel ganz weg und sandte das Licht des Blitzpulvers

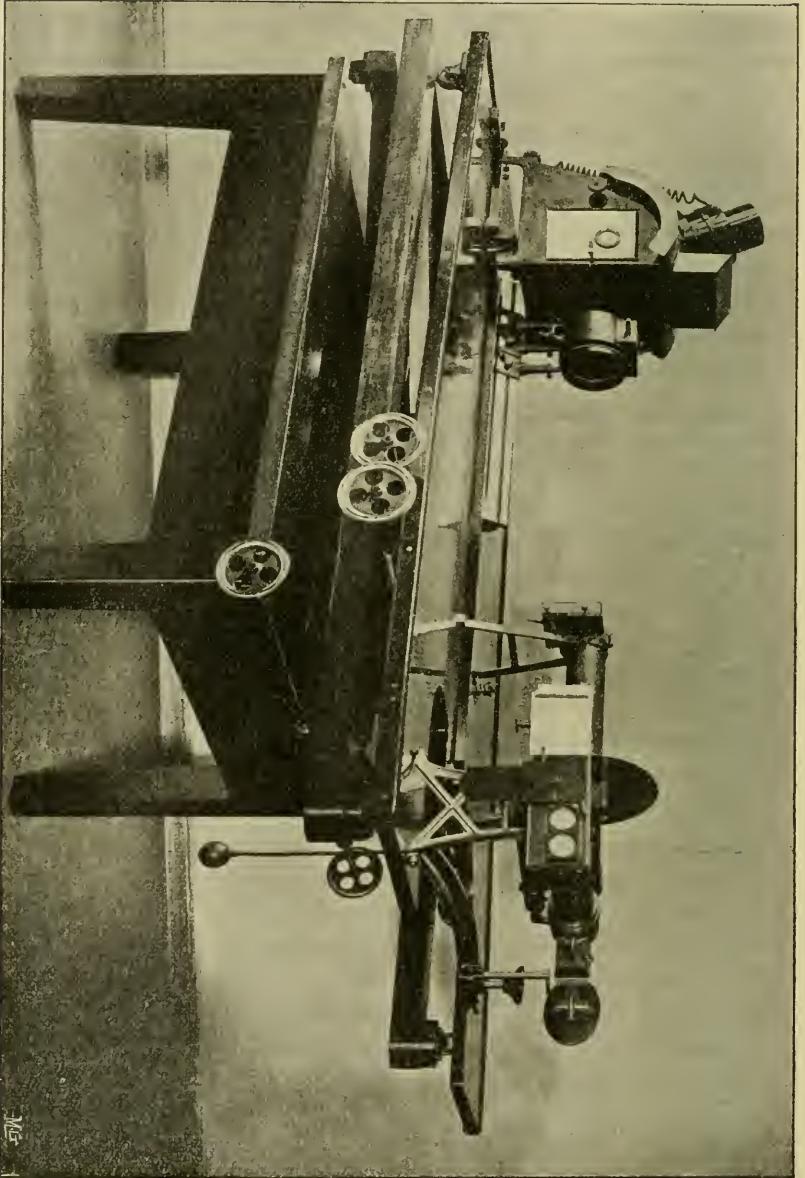
direkt in das Auge, während die Aufnahme des umgekehrten Bildes durch einen speziellen Apparat gemacht wurde. Seine Bilder hatten zwar ein großes Gesichtsfeld, waren aber durch Reflexe sehr erheblich gestört. Die Dissertation von Thorner (1896) brachte einen neuen Apparat, mit dem das umgekehrte Bild des Augenhintergrundes mit Zirkonlicht als Lichtquelle aufgenommen wurde. Er erhielt Bilder des menschlichen Auges; sie zeigten neben sehr lichtstarken Bildern der Reflexe nur einen sehr kleinen Teil des Augenhintergrundes. Borghi stellte 1898 Bilder vom Fundus verschiedener Tiere her, die aber ebenfalls recht mangelhaft waren.

Im Jahre 1899 machte ich meine erste Mitteilung über Versuche zur Photographie des Augenhintergrundes. Ich benützte das Prinzip von Bagnéris und hatte schon damals zwei Objektive benützt, die derart zu einander gestellt waren, daß die Reflexe, die aus der zur Beleuchtung verwendeten Hälfte der Pupille hervorkamen, nicht in das zweite Objektiv gelangten. Nicolaew und Dogiel publizierten dann 1900 (und 1903) Versuche die an Tieren angestellt waren, aber nach der ganzen Art der Anordnung nur bei Tieren gelingen konnten. Die Bilder waren ausgedehnt aber nicht frei von Reflexen. Es ist klar, daß die sehr weiten Pupillen der Tiere die Photographie sehr erleichtern.

Im Jahre 1901 berichtete ich auf dem Heidelberger Ophthalmologen-Kongresse über meine weiteren Versuche, die nun schon erheblich bessere Resultate gezeitigt hatten, wenn es auch noch nicht gelungen war, Momentaufnahmen zu machen, ich mich vielmehr mit kurzen Zeitaufnahmen behelfen mußte. Dagegen konnte ich auf der nächsten Versammlung der Heidelberger ophthalmologischen Gesellschaft 1902 bereits durch Momentaufnahmen gewonnene Bilder vorweisen, die mit einem Apparate gemacht waren, der in allen wesentlichen Teilen jenem entsprach, welcher im folgenden beschrieben werden soll, und der dann später auf dem Internationalen Ophthalmologen-Kongresse in Luzern 1904 zugleich mit neuen damit hergestellten Bildern von mir demonstriert wurde. Im Jahre 1902 hat auch Thorner Bilder vom Augenhintergrunde der Katze veröffentlicht, welche er mit einer Kamera auf-

genommen hat, die an dem von ihm erfundenen und 1899 zuerst beschriebenen reflexlosen Augenspiegel angebracht war. Derselbe Autor hat dann auch 1903 neue Verbesserungen seiner Methode zur Photographie des Augenhintergrundes beschrieben, die wie früher in der Anwendung seines reflexlosen Augenspiegels und einer damit verbundenen photographischen Kamera sowie einer Beleuchtungsvorrichtung für Blitzlicht bestand. Thorners Bilder zeigen aber nur einen schmalen senkrechten Streifen des Fundus von kaum zwei Papillendurchmessern Breite und drei bis vier Papillendurchmessern Länge. Unter Papille wird die Eintrittsstelle des Sehnerven ins Auge verstanden. Die Bilder in dem Atlas von Jaeger stellen den Augenhintergrund in der Ausdehnung von 4—5 Papillendurchmessern (in allen Richtungen), also in Scheibenform dar, so wie man bei der ophthalmoskopischen Untersuchung das Bild freilich nie sieht, da man kaum mehr als einen Papillendurchmesser auf einmal übersieht. Das übrige muß man sich durch sukzessive Drehung des Spiegels nach und nach zu Gesicht bringen.

Bevor ich nun dazu übergehe, den von mir angegebenen Apparat zu beschreiben, muß ich kurz noch auf den Augenspiegel selbst zurückkommen. Der Augenspiegel ist ein belegter Glasspiegel (Konkav- oder Planspiegel), der in der Mitte ein Loch zum durchsehen hat. Stellen wir nun neben und etwas hinter dem zu untersuchenden Auge eine Lampe auf, so können wir durch schiefe Haltung des Spiegels das Licht in die Pupille werfen und unser Auge unmittelbar hinter den Spiegel bringend, in derselben Richtung in das Auge blicken. Von dem vom Augenhintergrunde reflektierten und durch die Pupille austretenden Lichte gelangt nun ein Teil zur Spiegelfläche und wird von dort wieder zur Lichtquelle zurückgeworfen. Ein anderer Teil geht durch das Loch in das Auge des Beobachters und ermöglicht es diesem, den Augenhintergrund zu sehen. Es gibt zwei Methoden der Untersuchung. Bei der einen — Methode des aufrechten Bildes — nähert man sich dem untersuchten Auge so viel als möglich und sieht das Innere wie mit einer Lupe als vergrößertes aufrechtes Bild. Die andere Methode wird so ausgeführt, daß der Untersucher



575

mit dem Spiegel in größerer Entfernung vom Patienten bleibt, mit einer Hand eine Konvexlinse von etwa 6 *cm* Brennweite in der Distanz von etwa 6 *cm* vor das zu untersuchende Auge hält. Es entsteht so in der Luft vor dieser Linse (zwischen der Linse und dem Auge des Untersuchers) ein umgekehrtes Bild des Augeninneren, das der Untersucher durch seine Akkommodation oder durch eine kleine, hinter dem Augenspiegel angebrachte Konvexlinse scharf sehen kann. Diese Methode des umgekehrten Bildes, die dem Prinzipie des zusammengesetzten Mikroskopes entspricht, ist die für die Photographie vorteilhaftere und wurde auch von mir angewendet.

Der ganze Apparat (siehe Figur) ist auf ein Brett montiert, das durch Räder (seitlich sichtbar) in verschiedenen Richtungen bewegt werden kann. Die Lichtquelle ist eine Bogenlampe von 30 Ampères. Vor ihr ist auf einer optischen Bank eine Kondensorlinse und eine Wasserkammer. Dann folgt das Beleuchtungssystem, ein dickes Rohr, an dessen vorderem Ende ein Kasten mit dem Momentverschluß-Apparate sitzt. Das andere Ende enthält ein Beleuchtungsobjektiv und davor einen kleinen, verstellbaren, ovalen, vergoldeten Planspiegel, der das Licht ins Auge sendet. Senkrecht zu dem Beleuchtungssystem steht das Abbildungssystem. (In der Figur verdeckt das Abbildungssystem zum Teil das Beleuchtungssystem.) In dem Abbildungssystem sind zwei Objektive, von denen das eine so abgeblendet ist, daß die Reflexe an den brechenden Flächen des Auges ganz ausgeschaltet werden. Am Ende des Abbildungsrohres ist die Kamera mit einem Reflexspiegel, sodaß man das Bild bis zuletzt sehen kann. Durch Druck auf den Kautschukballon klappt der Spiegel hinauf und mittels eines von einer Akkumulatorenbatterie gespeisten Stromes wird der Verschluß am vorderen Ende des Beleuchtungssystems derart bewegt, daß für einen Moment statt der zur Einstellung benützten rauchgrauen Glasplatte eine freie Öffnung zum Vorschein kommt.

Der Kopf des Patienten wird durch Einbiß in eine mit Wachsmasse belegte Platte (rechts in der Figur sichtbar) fixiert.

Die Versuchsperson sitzt in einem Ausschnitte des obersten Brettes auf der einen Seite des Bügels, der die Ein-

bißvorrichtung trägt. Die Figur gibt die Stellung des ganzen Apparates in der Anordnung für die Aufnahme des rechten Auges. Soll das andere Auge aufgenommen werden, dann wird zunächst das Abbildungsrohr um die Achse des Beleuchtungssystems nach der anderen Seite herumgeschlagen, sodaß dann die hintere Seite der Kamera in der Figur von uns abgewendet wäre. Die Person setzt sich umgekehrt in den zweiten Ausschnitt des obersten Brettes, sodaß sie uns den Rücken kehren würde.

Die Aufnahmen sind wirkliche Momentaufnahmen und die Exposition hat die Dauer von zirka $\frac{1}{20}$ Sekunde. Es hat sich auch herausgestellt, daß eine längere Dauer der Aufnahme meist unbrauchbar ist, da dann das Auge nicht mehr ruhig gehalten wird. Die Momentaufnahmen gelingen aber fast immer. Die verwendeten Platten sind jetzt durchwegs sehr empfindliche orthochromatische Momentplatten (Agfachromoplaten). Niemals wurde irgend eine Schädigung des Auges durch die Aufnahme beobachtet, ja, man kann nach zirka 15 bis 20 Minuten ganz ohne jeden Nachteil zu einer zweiten Aufnahme schreiten, wenn die erste nicht geglückt sein sollte.

Figur 1 auf der Tafel zeigt das Photogramm eines normalen Augenhintergrundes. Wie sichtbar, wird der Augenhintergrund in der Ausdehnung von fünf bis sechs Papillendurchmessern abgebildet. Da die Papille hier in der Größe von zirka 6 mm erscheint, so ist die Vergrößerung eine ungefähr viermalige. Fast dieselbe Vergrößerung zeigen die Figuren 4, 5, 7 und 8, während Figur 6 bei einer geringeren Vergrößerung aufgenommen ist. Figur 2 und 5 zeigt eine Veränderung an der Mitte der Netzhautgrube (Fovea centralis), die durch eine Netzhaut-Aderhaut-Entzündung (Retinochorioiditis) bedingt ist. Figur 3 sind markhaltige Nervenfasern in der Retina (angeboren). Figur 4 die Veränderung (Atrophie der Aderhaut) bei hochgradiger Kurzsichtigkeit, Figur 6 ein Fall von Retinochorioiditis.

Es sei noch bemerkt, daß die hier gewählte Art der Reproduktion durchaus nicht alle feinen Details der Originalaufnahme wiedergibt. Die Bilder sind immerhin so scharf, daß sie ganz gut noch eine weitere Vergrößerung bis auf 8—11 cm Durchmesser vertragen.

Dimmer, Die Photographie des Augenhintergrundes.



Fig. 1.

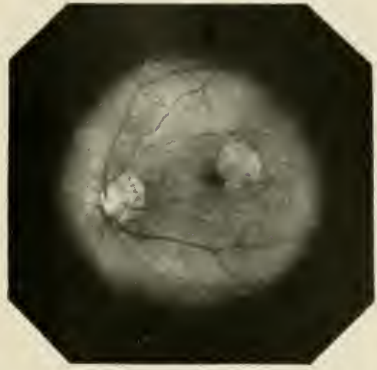


Fig. 2.

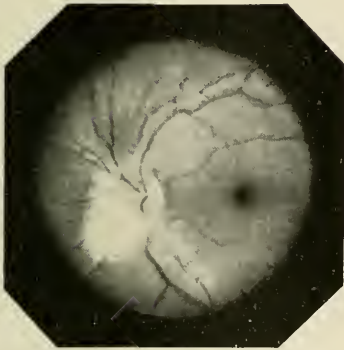


Fig. 3.

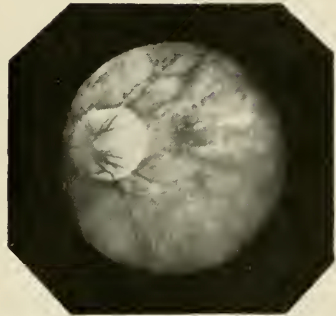


Fig. 4.

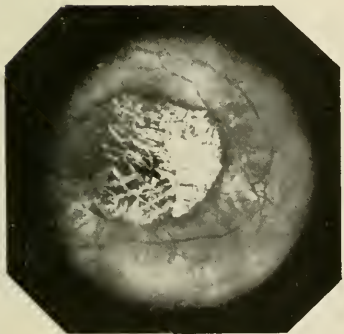


Fig. 5.

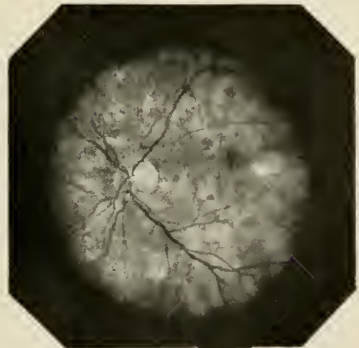


Fig. 6.

Es ist also die photographische Aufnahme des lebenden menschlichen Auges, und zwar in der Ausdehnung von fünf bis sechs Papillendurchmessern, durch meinen Apparat ermöglicht. Gewisse Umstände werden die Photographie des Augenhintergrundes immer erschweren. Dahin gehören vor allem die Netzhautreflexe, die sich bei jugendlichen Individuen bis zum 20. Lebensjahre, stärker allerdings bei noch jüngeren Personen, geltend machen. Sie sind bedingt durch das an der inneren Oberfläche der Netzhaut regelmäßig reflektierte Licht und stellen verschiedene Streifen und Figuren längs und zwischen den Netzhautgefäßen dar. Sie stören jedenfalls unter Umständen die Deutlichkeit gewisser Details, sind aber vorläufig unvermeidlich. Andererseits bezeichnen sie die Grenze der Fovea in recht klarer Weise, da dort nicht durch die Gefäße, wohl aber durch das Relief der inneren Netzhautoberfläche auch Reflexe entstehen.

Es sei auch noch erwähnt, daß die photographische Aufnahme des Augenhintergrundes mit meinem Apparate durchaus nicht zeitraubend ist. Ist einmal die richtige Einstellung des Apparates vollzogen, was dadurch bewirkt wird, daß dem kleinen Metallspiegelchen, welches unmittelbar vor das Auge zu liegen kommt, die richtige Stellung gegeben wird, dann bleibt diese Einstellung des Spiegels für alle weiteren Aufnahmen bestehen. Die anderen Manipulationen aber, bestehend in der richtigen Annäherung des ganzen Apparates an das Auge, ferner in der scharfen Einstellung auf der Einstellplatte, sind in Kürze zu erledigen, sodaß in Wirklichkeit von dem Momente an, wo die Person sich in dem Einbiß festgebissen hat, bis zur Aufnahme selbst nur ein kurzer Zeitraum von zirka fünf bis zehn Minuten vergeht. Die Vorbereitungen aber, nämlich die Herrichtung eines Einbisses in die Platte, kann auch ein geschickter Diener ausführen. Die Entwicklung der Bilder wurde mit Edinol vorgenommen. Öfter war noch eine Verstärkung der Platten erforderlich. Auch das Entwickeln der meisten Platten besorgte übrigens der Diener der Augenklinik Michael P f u n d n e r.

Ich danke die ausgezeichnete Ausführung des Apparates, der übrigens auch mit einer Auergaslampe statt der Bogen-

lampe zur Demonstration des Augenhintergrundes verwendet werden kann, der Firma Zeiss und besonders Herrn Dr. Max Köhler. Er hat sehr viel Einzelheiten des Apparates angegeben, andere den von mir angegebenen Anforderungen angepaßt.

Es ist in der Konstruktion des Apparates gelegen, daß die Randteile der Platten, manchmal auch seitliche, dem nasenwärts gelegenen Teile des Augenhintergrundes entsprechende Stellen weniger stark beleuchtet, also relativ unterexponiert sind. Andererseits kommt auch unvermeidlich relative Überexposition bei sehr hellen Stellen (siehe Tafel, Figur 3) vor. Dies macht ein teilweises Abdecken der Platten notwendig, das auf der Glasseite durch Einreiben von Graphitpulver in eine Schicht von Mattlack geschieht, was natürlich an dem Bilde nichts ändern kann.

Ich kann diesen Vortrag nicht schließen, ohne auch der Kollegen zu gedenken, die meine Bemühungen in der liebenswürdigsten und freundlichsten Weise unterstützt haben. Dahin gehörte in Innsbruck der leider seither verstorbene Professor Klemenčič, der mir die Hilfsmittel des physikalischen Institutes zur Verfügung stellte und mir auch manchen Rat erteilte. In Graz fand ich die gleiche Hilfe im Institute für allgemeine und experimentelle Pathologie des Kollegen Professor Klemensiewicz. Manchen Fingerzeig erhielt ich übrigens auch von P. Czermak, Professor der Physik in Innsbruck, und bei der Bestimmung der Geschwindigkeit des Verschlusses erfreute ich mich der Mithilfe von Hofrat Prof. Pfaundler und Prof. Zoth. Allen diesen Herren sowie auch der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, die mich durch Subventionen in meinen Bestrebungen förderte, spreche ich auch bei dieser Gelegenheit meinen besten Dank aus.

Eine ausführliche Monographie über den Gegenstand habe ich 1907 bei Bergmann in Wiesbaden veröffentlicht. Sie enthält auf 10 Lichtdrucktafeln 52 Bilder des Augenhintergrundes im normalen und pathologischen Zustande. Die Herstellung dieser Tafeln wurde mir durch eine Subvention seitens der „Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Kunst und Literatur in Böhmen“ ermöglicht.

Bisher habe ich mit dem auf meiner Klinik aufgestellten Apparate weit über 400 brauchbare Aufnahmen gemacht. Es wird jeder Befund einer Abnormität oder einer Krankheit des Augenhintergrundes durch die Photographie fixiert. Die Bilder wurden auf der photographischen Ausstellung in Graz 1902 (bei welcher Gelegenheit mir die goldene Medaille verliehen wurde), dann beim internationalen Ophthalmologenkongresse in Luzern 1904 und mehrfach auf den Versammlungen der Heidelberger ophthalmologischen Gesellschaft ausgestellt.

2. Versammlung am 1. Februar 1908.

Herr Privatdozent F. Fuhrmann hielt einen Vortrag über:

Die wissenschaftlichen Grundlagen der Konservierung von Nahrungsmitteln im Fabriks- und Hausbetriebe.

Von alters her war man bestrebt, Nahrungsmittel möglichst unter Erhaltung des ursprünglichen Wohlgeschmackes für spätere Zeiten aufzubewahren, zu konservieren. Die dabei geübten Methoden gründeten sich auf eine Reihe von Erfahrungen. Erst den letzten Dezennien war es vorbehalten, die Konservierungsmethoden auf eine wissenschaftliche Grundlage zu stellen. Diese ergaben die zahlreichen Untersuchungen und Versuche in der Mykologie, die sich bekanntlich mit den Lebensvorgängen der Pilze und Bakterien beschäftigt.

Es ist einleuchtend, daß wir diese niederen und niedersten pflanzlichen Organismen nur dann abwehren und abhalten oder dieselben in unseren Dienst stellen können, wenn wir ihre Lebensweise genau kennen. Die moderne Bakteriologie, ein Zweig der Mykologie, lehrt uns, daß bei der Fäulnis und Zersetzung organischer Substanzen eine große Menge der verschiedenen Bakterien tätig ist. Um diese Prozesse zur Gänze würdigen zu können, müssen wir uns über die Bakterien vorerst in großen Umrissen orientieren.

Bakterien sind kleinste, chlorophyllfreie, einzellige pflanzliche Organismen, die sich durch Teilung vermehren. Wie jede andere Zelle besitzen sie eine Zellhaut, einen protoplasmatischen Inhalt mit verschiedenen Einschlüssen und endlich kernartige Gebilde. Sie sind also tatsächlich Zellen. Ihre Ge-

stalt tritt uns nicht mit dem bei höheren Organismen vorkommenden Formenreichtum entgegen. Sämtliche bekannten Bakterien können wir auf zwei Grundformen zurückführen, auf die Kugel und den Zylinder. Man pflegt die Bakterien in drei große Gruppen einzuteilen, die Kugelbakterien, Stäbchenbakterien und Schraubenbakterien, denen sich dann noch die als vielfach gewundene oder geknickte, dünne Fäden auftretenden Spirochaeten anschließen.

Kugelbakterien wurden in zahlreichen Arten bekannt, die sich schon in der Größe der Zellen und in der Eigentümlichkeit, bestimmte Wuchsverbände zu bilden, unterscheiden, abgesehen von ihren physiologischen Verschiedenheiten.

Abbildung 1 zeigt uns eine kleine Zusammenstellung verschiedener Typen aus der Gruppe „Kugelbakterien“. Wir



Fig. 1.

sehen verschieden große, einzeln liegende Kugeln, deren Teilungsprodukte nach der Teilung sich in kurzer Zeit trennen oder in kettenartigen Wuchsverbänden beisammen bleiben. Letztere Eigentümlichkeit beweist, daß die Teilung nur nach einer Richtung des Raumes erfolgt. Sie bilden die Gattung *Streptococcus* Billroth in Migulas System. Die Vertreter der Gattung *Micrococcus* der Kugelbakterien besitzen die Eigentümlichkeit, sich nach zwei Richtungen des Raumes zu teilen. Verbleiben die gebildeten Tochterzellen im Wuchsverbände, so ergeben sich tafelarartige Gebilde, die von vier oder mehr Zellen zusammengesetzt sind. Findet endlich eine Teilung der Zellen nach drei aufeinander senkrechten Richtungen des Raumes statt, so entstehen Wuchsverbände von der Form eines Warenballens. Die sich derart teilenden Kugelbakterien bezeichnet man als *Sarcina*.

Zahlreiche Kugelbakterien erweisen sich, in Flüssigkeiten gezüchtet, als eigenbeweglich. Die Bewegung wird durch feine protoplasmatische Fäden verursacht, die man als Geißeln bezeichnet. Es wurden bewegliche *Micrococci* und *Sarcinen* bekannt, die man dann in der Gattung *Planococcus* und *Planosarcina* vereinigt.

Die Stäbchenbakterien sind verschieden lange,

zylindrische Zellen, die niemals eine schraubige Krümmung aufweisen. Sie teilen sich immer quer zur Längsachse nach einer Längsstreckung. Figur 2 zeigt uns die verschiedenen Formen der Stäbchenbakterien. Dieselbe unterliegt bei ein und derselben Art großen Schwankungen, entsprechend dem momentanen Entwicklungszustande der betreffenden Zelle. Zeitlebens unbewegliche Stäbchenbakterien bezeichnet man als **Bakterien** im engeren Sinne des Wortes, während man die beweglichen Stäbchenbakterien als **Bazillen** zusammenfaßt, sofern sie rings um ihren Körper Geißeln in verschiedener Anzahl tragen. Aus der beistehenden Figur ist ersichtlich, daß es Bazillen gibt, die sozusagen dicht behaart sind und solche, die nur wenige feine Bewegungsorgane besitzen. Endlich finden wir viele Stäbchenbakterienarten, die nur an einem Pole der Zelle ein Büschel von Geißeln tragen und die Gattung „*Pseudomonas*“ bilden. Viele Vertreter der genannten Stäbchenbakterienarten vermögen besonders widerstandsfähige



Fig. 2.

Dauerformen zu bilden, die man als **endogene Sporen** bezeichnet. In der Abbildung 2 sehen wir Stäbchenbakterien, die in ihrem Innern entweder in der Zellmitte oder an einem Pole helle, rundliche oder ovale Stellen aufweisen, die den Sporen entsprechen. Uns interessieren die sporenbildenden Bakterienarten ganz besonders, da die Dauerformen derselben selbst hohe Hitzegrade ohne Schaden überdauern. Aus der Erde wurden Bakterienarten bekannt, deren Sporen selbst mehrstündiges Kochen überleben.

Endlich wurden zahlreiche Arten von Bakterien bekannt, deren Vertreter schraubig gewundene Zellen sind und sich ebenfalls nach einer Längsstreckung quer teilen. Sie bilden die Familie der *Spirillaceae*. Abbildung 3 zeigt uns einige Typen der Vertreter dieser Familie. Sofern sie in keinem Ent-

wicklungsstadium Bewegungsorgane, also Geißeln aufweisen, spricht man von Spirosoma. Tragen sie an einem Zellpol nur wenige Geißel, so bezeichnet man sie als Microspira. Besitzen Spirillaceen ein polares Geißelbüschel, dann stellt man sie in die Gattung: Spirillum. Den Spirillaceen schließt man noch die Gattung Spirochaete an, deren Vertreter schlangenartig mehr oder weniger unregelmäßig gewundene und biegsame, zarte, mitunter sehr lange, fadenförmige Zellen vorstellen. Zu den Bakterien haben wir endlich noch eine Reihe von fadenbildenden Stäbchenbakterien zu rechnen, deren Zellfäden mehr oder minder stark umscheidet sind. Sie scheinen



Fig. 3.

für die Frage der Konservierung von Nahrungsmitteln von nebensächlicher Bedeutung. Auch die Thiobakterien und Purpurbakterien spielen bei der Verderbnis von Nahrungsmitteln nur eine untergeordnete Rolle und können deshalb übergangen werden.

Dagegen nehmen zahlreiche Fadenpilze und Hefen hervorragenden Anteil an der Zersetzung und Vernichtung von Konserven. Es würde viel zu weit gehen, hier alle Arten nur aufzuzählen, geschweige denn zu beschreiben. Es sei nur auf einige Typen der überall vorkom-

menden Schimmelpilze und Hefen hingewiesen.

Die Schimmelpilze bilden im Pilzsystem keine Gattung oder Familie, sondern deren Vertreter gehören verschiedenen Gruppen an und viele von ihnen sind nur Entwicklungszustände höherer Pilze. Sie sind hier nur wegen ihrer Eigenschaft, Schimmelüberzüge auf organischen Substanzen zu bilden, zu einer physiologischen Gruppe vereint.

Wenn wir ein Stückchen Brot befeuchten und an der Luft einige Tage liegen lassen, siedeln sich immer Schimmelpilze an, die mit ihrem verschieden gefärbten Myzel die Oberfläche des Brotes überziehen.

Vor allem vertreten ist die Gattung *Mucor* oder Kopfschimmel. Zuerst wird ein dichter Myzelrasen ausgebildet,

von dem sich später die Träger der Sporenbehälter erheben. Letztere sind kugelförmig und enthalten im reifen Zustande eine Unzahl von kleinen Sporen, die nach dem Zerreißen des Behälters frei werden. Im aufgewirbelten Staub und durch Luftzug werden sie über weite Strecken verbreitet. Gelangen sie auf einen günstigen Nährboden, so keimen sie, bilden wieder zuerst ein Myzel und schreiten dann wieder zur Fruchtbildung. *Mucor mucedo* bildet beispielsweise zuerst ein schneeweißes Geflecht von verzweigten Pilzzellen, Hyphen, die sich später hellbräunlich färben. Die Träger der Sporenbehälter werden sehr lange, oft bis zu 10 cm. Auf ihnen entstehen die kegelförmigen Sporenbehälter oder Sporangien, die in ihrem Inneren die Sporen ausbilden. Die jugendlichen Sporenbehälter sind zuerst gelblich, später grau und in reifem Zustande fast schwarz. Man sieht dann schon mit freiem Auge auf dem lichten Myzelrasen die Köpfchen als dunkle, feine Punkte hervortreten.

Wesentlich anders ist die Entwicklung und Fruktifikation des Pinselschimmels, von dem es zahlreiche Vertreter bei uns überall gibt. Hier bilden sich die Sporen nicht in einem Sporenbehälter, sondern auf einem Träger für den Fruchtstand, dem Sterigmen oder Basidien aufsitzen, von denen die Sporen abgeschnürt werden.

Als Beispiel diene *Penicillium glaucum*, das bei uns überall zu finden ist und sich auf unzulänglich zubereiteten Obstkonserven mit Vorliebe ansiedelt. Der sich zuerst ansiedelnde Pilzrasen ist weiß; später wird er blaugrün und zuletzt meist graubraun. Bei genügendem Luftzutritt werden nun die Sporen ausgebildet. Der mit Querwänden ausgestattete Sporenträger treibt nach oben kurze Zweige, an welchen ebenso wie am Hauptzweig flaschenförmige Sterigmen ausgebildet werden, die die Sporen abschnüren. Unsere Figur 4 zeigt einen Sporenträger neben den Pilzfäden. Man sieht die Zweige und an diesen die Sterigmen, welche eine perlschnurartige Reihe



Fig. 4.

von Sporen abgeschnürt haben. Unter noch nicht vollkommen genau bekannten Umständen bei mangelndem Luftsauerstoff findet sich die unter dem Namen „Schlauchfruktifikation“ bekannte Sporenbildung unter Entstehung eines Sklerotiums mit Askusbildung, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Zu den bei uns sehr häufig vorkommenden Pinselschimmeln gehören einige Aspergillusarten, z. B. *Aspergillus glaucus*. Aus seinem Myzel entwickeln sich nach oben strebende Hyphen, die sich am Ende blasig erweitern, sodaß der fertige Konidienträger einen Stiel und eine Blase aufweist. Auf der Blase entwickeln sich dicht gedrängt zahlreiche Sterigmen, die kleine, einzellige und feine Konidien oder Sporen ab schnüren. Sie sind graugrün und verleihen dem Pilzrasen seine eigentümliche Färbung.



Fig. 5.

Als mitunter unliebsame Gäste in Konserven bemerken wir häufig Hefen oder Sproßpilze, die entweder eine alkoholische Gärung einleiten oder aber Produkte bilden, die die Konserven ungenießbar machen.

Abbildung 5 zeigt uns einige Typen von Hefearten (Saccharomyceten) in vegetativem Zustande bei annähernd 1000facher Vergrößerung. Figur *c* der Abbildung 5 gibt uns eine Hefe wieder, die in ihrer Vermehrungsform Verhältnisse aufweist, die wir schon bei den Bakterien kennen gelernt haben. Die Teilung der Zelle erfolgt nach Längsstreckung durch Einfügung einer queren Wand, also durch Spaltung der Mutterzelle. Wir bezeichnen diese Hefen allgemein als Spalthefen (Schizosaccharomycetes). Unser Bild *e* entspricht der achtsporigen Spalthefe (*Schizosaccharomyces octosporus* Beyerinck). Sie findet sich auf trockenen Weinbeeren aus Griechenland, der Türkei u. s. w., auf Rosinen und erzeugt, in Bierwürze gebracht, eine schwache alkoholische Gärung.

In Bezug auf die Vermehrung verhalten sich die anderen Hefen wesentlich anders, indem sie sich nicht quer teilen,

sondern Sprossen treiben, die ungefähr die Größe der Mutterzellen erreichen und dann entweder frei werden oder Wuchsverbände bilden. Wir benennen sie Sproßhefen (*Saccharomycetes*). In Figur 5 *a* sehen wir eine Brauereihefe, *Saccharomyces cerevisiae* Hansen. Die linke Zelle zeigt einen jungen Sproß. Die einzelnen Zellen sind fast kugelig, nur wenig längsgestreckt. In *b* haben wir wiedergegeben *Saccharomyces ellipsoideus* Hansen, eine Weinhefe, die von Hansen auf reifen Weinbeeren gefunden wurde. Die Zellen dieser Art zeigen in einer am Boden von vergärbaren Flüssigkeiten gewachsenen Vegetation eine ellipsoidische Form. *f* der Figur 5 zeigt uns die Zellen einer in Gärkellern vorkommenden wilden Hefe, die dem Bier einen unangenehm bitteren Geschmack verleiht, aber kräftig Alkohol bildet. Es ist *Saccharomyces Pastorianus* Hansen. Die Zellen dieser Hefe sind ungleichmäßig,

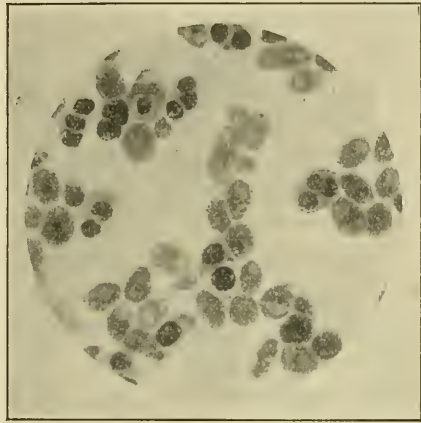


Fig. 6.

wurstförmig und gestreckt, wenn sie als Bodensatz wächst. In der Hautvegetation auf Flüssigkeiten sind die Zellen sehr lang und zu Wuchsverbänden angeordnet. *e* zeigt uns eine sprossende Zelle von *Saccharomyces intermedius* Hansen, die der vorgenannten Art ziemlich ähnlich ist. Die Zellen der in Figur 5 *f* abgebildeten Hefe besitzen eine zitronenförmige Gestalt. Wir finden sie in der Natur sehr verbreitet. Im Sommer und Frühherbst siedelt sie sich auf süßen Früchten (Kirschen, Stachelbeeren, Weinbeeren etc.) an. Bei der Weingärung wirkt sie hinderlich und beeinflusst das Bukett des Produktes ungünstig.

Sobald die Ernährungsbedingungen ungünstige werden, schreiten die *Saccharomyceten* zur Sporenbildung. Die

Sporen werden im Innern der Zelle in verschiedener Anzahl und Größe ausgebildet. Sie erweisen sich gegen Austrocknen und gegen Erwärmen resistent. Ihre Widerstandskraft kommt aber keineswegs derjenigen gleich, wie sie die Sporen der Bakterien aufweisen. Abbildung 6 zeigt uns das Photogramm einer Sproßhefe, deren Zellen die reifen, dunkelgefärbten Sporen enthalten. Wir sehen Zellen mit 1—3 Sporen, deren Größe und Form geringe Verschiedenheiten aufweisen. Sobald die Spore auf ein taugliches Nährsubstrat gelangt, quillt sie etwas und keimt dann aus, um eine neue Vegetation zu bilden.

Auch eine große Anzahl hefeähnlicher und den Hefen sich anschließender Pilze spielen beim Verderben von Konserven keine unwesentliche Rolle. Es würde zu weit führen, hier alle diese Organismen auch nur mit dem Namen aufzuzählen.

Aber nicht nur pflanzliche Organismen sind in der Konservierungstechnik zu berücksichtigen. Auch eine Reihe von Tieren, Würmchen und Insekten, verdirbt häufig die Nahrungsmittel-Konserven.

Nachdem wir in größten Umrissen die großen Gruppen von Lebewesen kennen gelernt haben, die für die Konservierung von Nahrungsmitteln und die Schädigung der Konserven in Betracht kommen, müssen wir uns kurz mit der Physiologie dieser Organismen befassen. Nur dann können wir sie in unsern Dienst zwingen oder uns fernhalten, wenn wir ihre Lebensbedingungen, ihren Lebenslauf und ihre Tätigkeit genau kennen.

Die Bakterien brauchen zur Fristung ihres Lebens eine ihnen zusagende Kohlenstoff- und Stickstoffquelle. Erstere bilden sehr verschiedene Kohlenhydrate, Zucker, einwertige und mehrwertige Alkohole, Salze organischer Säuren etc. Den Stickstoff können sie den verschiedensten Verbindungen entnehmen, vom kompliziert gebauten Eiweißkörper herab bis zu den einfachsten Aminkörpern, wie z. B. kohlen-sauren Ammoniak. In unseren Nahrungsmitteln sind alle jene Körper oder Verbindungen enthalten, die sehr vielen Bakterien als Stickstoff- und Kohlenstoffquelle dienen.

Weiters ist das Sauerstoffbedürfnis der verschiedenen Spaltpilze sehr verschieden. Wir kennen Bakterien, die nur dann ihre Umsetzungen und Zersetzungen, die häufig von

kräftiger Gasbildung begleitet sind, ausführen, wenn ihnen der Luftsauerstoff vollends mangelt. Andererseits gibt es zahlreiche Bakterien, die gerade bei vollem Luftzutritt am besten gedeihen. Diese beiden Extreme sind durch eine sozusagen ununterbrochene Kette von Bakterienarten verbunden, die Sauerstoffspannungen bevorzugen, welche zwischen derjenigen der Atmosphäre und 0 liegen. Übrigens ist diese Eigenschaft der Bakterien sehr variabel und hängt in erster Linie von der Beschaffenheit des Nährsubstrates ab.

Ähnliche Verhältnisse treffen wir bei den Schimmel- und Sproßpilzen wieder, sodaß eine gesonderte Darstellung dieser Verhältnisse für jene entfallen kann.

Zur raschen Vermehrung der Mikroorganismen und der damit einhergehenden Zersetzung des Nährsubstrates ist ein gewisser Wärmegrad notwendig. Die Fäulniserreger, um die es sich bei der Nahrungsmittelkonservierung in erster Linie handelt, haben ihr Temperaturoptimum zwischen 20 und 30° C. Bei 0° findet kaum mehr eine Vermehrung statt.

Weiters lehrt uns die Mykologie, daß sowohl Bakterien als Schimmelpilze als auch Hefenpilze eine größere Erwärmung für längere Zeit nicht zu überleben vermögen. Die meisten vegetativen Formen werden schon innerhalb weniger Stunden bei Temperaturen um 50° C vernichtet, ausgenommen eine Reihe von Mikroorganismen, die in sich selbst erhaltenden organischen Substraten und heißen Quellen ihren Standort haben (thermogene und thermophile Bakterien). Auch vollständiges Austrocknen durch längere Zeit tötet die vegetativen Pilzzellen innerhalb längerer oder kürzerer Zeit. Hier liegen die Dinge äußerst verschieden, selbst bei ein und derselben Art. Ihre Widerstandskraft gegen Erwärmen und Austrocknen ist abhängig von der Beschaffenheit des jeweiligen Nährsubstrates und des Entwicklungszustandes der Zellen selbst. Das eben aus der Spore gekeimte Stäbchen ist entschieden am empfindlichsten für die genannten Eingriffe.

Nun sorgen für die Erhaltung der Art besondere Bildungen, die wir als Sporen und Konidien kennen gelernt haben. Die Bakteriensporen sind die resistentesten Dauerformen. Die Konidien der Schimmelpilze sind weit weniger widerstandsfähig gegen

Erhitzen; desgleichen die Sporen der Hefen. In gewöhnlicher Gartenerde, die eine sehr reiche Mikrobenflora enthält, finden sich sporenbildende Bakterienarten, deren Sporen mehrstündiges Erhitzen im strömenden Wasserdampf von 100° C überdauern. Einige von ihnen werden erst nach sechsstündigem Kochen vernichtet.

Gegen Gifte (Desinfektionsmittel) verhalten sich die vegetativen Zellen und Dauerformen ebenfalls verschieden. Diese Verhältnisse brauchen wir aber nicht zu berücksichtigen, da der Zusatz von fäulniswidrigen Salzen u. dgl., gewissen Säuren und Alkohol zu Konserven überhaupt vermieden werden soll. Sie wirken nicht nur auf die Pilzzelle wachstumshemmend oder tödend, sondern haben bei häufigem Genusse ebenfalls schädliche Einflüsse auf den Menschen.

Viel wichtiger ist uns die Kenntnis des Verhaltens der genannten Mikroorganismen gegen eingedickte Nährmedien und stark mit Kochsalz versetzte Nahrungsmittel. Man kann allgemein aussagen, daß mit zunehmender Konzentration die Flora abnimmt, mithin die Haltbarkeit zunimmt.

Endlich dürfen wir nicht außeracht lassen, daß es sehr viele Kleinlebewesen gibt, die uns bei der Haltbarmachung von Nahrungsmitteln äußerst nützlich sind. Sie bilden Stoffwechsel- oder Gärprodukte, die eine weitere Besiedlung durch Mikroorganismen hintanhaltend. Überdies sind sie selbst durchwegs unschädlich für den Menschen. Es sei hier in erster Linie an die natürliche Gärung des Sauerkrautes erinnert, bei der von Bakterien neben anderen Stoffen Milchsäure gebildet wird, die als Desinfektionsmittel weiterhin wirkt und eine spätere Verderbnis durch andere Fäulniserreger hintanhält. Es gibt zahlreiche Nahrungsmittel, die sozusagen durch die Mikrobenflora selbst konserviert und auch wohlschmeckend gemacht werden.

Nachdem wir uns kurz über die Lebensweise der Kleinlebewesen orientiert haben, können wir gestützt auf die in der Mykologie gewonnenen Erkenntnisse Vorkehrungen treffen, die es ermöglichen, mit großer Sicherheit unsere Nahrungsmittel für spätere Zeiten unverdorben aufzubewahren, zu konservieren. Wir wollen hier von den vorher genannten, durch Pilzvegetation haltbar gemachten Nahrungsmitteln vollends absehen.

Die sicherste und für den Menschen unschädlichste Vernichtung der die Nahrungsmittel zersetzenden Mikroorganismen bewirkt die Hitze. Wir kochen unsere Nahrung, wodurch sie wenigstens für einige Tage haltbar gemacht wird. Verlängert wird die Haltbarkeit durch Aufbewahrung im Eisschrank, da wir ja wissen, daß bei niedriger Temperatur die nach dem Kochen in die erkaltete Speise unvermeidlich wieder hineingelangten Organismen sich nur sehr langsam oder überhaupt nicht weiter entwickeln können.

Soll nun ein Nahrungsmittel für lange Zeit konserviert werden, dann müssen wir vorerst dasselbe von jeder Vegetation befreien, also steril machen, und außerdem den überall vorhandenen Mikroorganismen den Zutritt zu denselben dauernd verwehren, es vor einer neuerlichen Infektion schützen. Weiters ist zu berücksichtigen, daß die Sterilisation so zu geschehen hat, daß der Wohlgeschmack der Konserve in keiner Weise beeinträchtigt wird.

Diesen Forderungen entsprechend muß das Nahrungsmittel einer Erhitzung unterworfen werden, die man allgemein durch Kochen ausführt, wenn dabei keine Geschmacksänderung zu befürchten ist. Dies gilt vornehmlich für die Fleischkonserven. Die Obstkonserven erleiden aber durch Kochen sowohl eine Beeinträchtigung des Aussehens, als auch des Geschmackes. Hier wird man entsprechend der verwendeten Obstsorte auf $70\text{--}95^{\circ}\text{C}$ eine gewisse Zeit (30—50 Minuten) erwärmen. Handelt es sich um am Erdboden wachsende Früchte, dann muß ein gewisser Kniff auch die widerstandsfähigsten Bakteriosporen vernichten helfen. Es hat sich gezeigt, daß die eben aus der Spore gekeimten Bakterien gegen Erwärmung sehr wenig widerstandsfähig sind. Schon eine viertelstündige Erwärmung auf 70°C genügt, sie zu töten. Der Mykologe bedient sich zur Keimfreimachung (Sterilisation) der für die Pilze bestimmten Nährstoffe der sogenannten diskontinuierlichen Sterilisation. Dieselbe besteht in in Zwischenräumen von 24 bis 48 Stunden ausgeführten Erhitzungen. Die erste, z. B. viertelstündige Erhitzung bewirkt die Vernichtung aller vegetativen Formen der Mikroorganismen. Nur die Sporen bleiben noch entwicklungsfähig. In der ersten 24stündigen Pause, in der

man die zu sterilisierende Nährsubstanz bei Zimmertemperatur hält, keimen zahlreiche noch lebende Sporen aus. Die nun vorgenommene, kurzdauernde zweite Erwärmung vernichtet sicher die eben gekeimten Organismen. In der zweiten 24 stündigen Pause werden auch die noch immer nicht getöteten Sporen keimen und die nun folgende Erhitzung wird auch sie zerstören. Bei der Konservierung von Obst und Fleisch kann man ebenso verfahren und wird dann mit niederen Hitzegraden ohne Beeinträchtigung des Aussehens und des Geschmacks sehr gut haltbare sterile Konserven erhalten.

Viel schwieriger als die Sterilisation ist die dauernde Sterilerhaltung der Konserven. Besonders die im Hausbetrieb hergestellten Konserven verderben sehr häufig infolge schlechten Verschlusses der Gläser. Die Hausfrauen pflegen übrigens meistens nur Obstkonserven herzustellen. Dazu verwenden sie die verschiedensten Obstsorten, die sie dann in sogenannte Einsiedegläser einlegen. Diese Einsiedegläser werden nun mit Pergamentpapier verschlossen. Die als Einsiedepergamente in den Handel gebrachten Papiere erfüllen die Forderung eines absolut dichten Verschlusmaterials in keiner Weise. Die mikroskopische Untersuchung dieses Materiales ergibt zahlreiche Defekte, durch die im schlimmsten Falle Sporen von Mikroorganismen hindurchgesaugt werden, wenn nach dem Kochen die fertigen verbundenen Gläser zum Abkühlen einfach hingestellt werden. Sind selbst so große Öffnungen nicht vorhanden, so können durch kleinste Risse und Spalten, die sich in diesem billigen Papier immer finden, daraufgefallene Sporen nach dem Auskeimen hindurchwachsen. Die Pilzhyphen überziehen die dem Inhalte zugekehrte Papierseite, bilden wieder Sporen und streuen dieselben auf den Inhalt aus. Hier überzieht dann alsbald ein üppiger Pilzrasen den Inhalt und verdirbt ihn. Noch verwerflicher ist der vielfach geübte Brauch, das Pergamentpapier mit einem Leinenlappen zu unterlegen. In diesem Falle nützt das beste Pergamentpapier nichts, da unter dem Bunde alles hineinkriechen kann.

Weiters ist zu beachten, daß der gesamte Inhalt mit dem oberen Teile des Konservenglases erwärmt werden muß, weshalb das Abkochen in der Weise zu geschehen hat, daß das

Kochwasser die Gläser bis zum Rande umspülen muß. Die Gläser selbst sind immer mit Holzwole oder dergleichen zu unterlegen, damit sie nicht in unmittelbare Berührung mit der Heizfläche des Topfes kommen.

Besondere Sorgfalt ist auf die Reinigung der zur Aufnahme von Konserven bestimmten Gläser zu verwenden. Um die Forderung des Entferns der Mikroben erfüllen zu können, ist es unbedingt notwendig, die Gläser selbst nicht nur peinlichst mechanisch zu reinigen, sondern auch schon vor dem Füllen zu sterilisieren. Dazu sind die gewöhnlichen Bratrohre ausgezeichnet zu verwenden. Die vollständig trockenen Gläser kommen während des Kochens des Mittagmahles in das Bratrohr, das verschlossen wird. Nach einer etwa eine Stunde dauernden Erhitzung wird die Türe ein wenig geöffnet und die Gläser erkalten gelassen. Nach dem Erkalten werden sie herausgenommen, sofort gefüllt und verschlossen.

Daß trotz Außerachtlassung der meisten angegebenen Maßregeln verhältnismäßig wenig Konserven des Hausbetriebes verderben, hat darin seinen Grund, daß die Obstkonserven meistens in sehr zuckerhaltiger Flüssigkeit eingemacht werden. Konzentriertere Zuckerlösungen verhindern jedes Pilzwachstum. Damit geht aber meistens der für die Obstart charakteristische Geschmack größtenteils verloren. Die Kompotte schmecken dann nur süß und nicht wie eine frische Frucht. Außerdem wird auch im Hausbetriebe vielfach mit Konservierungsmitteln gearbeitet, wie Salizylsäure etc. Davon ist dringendst abzuraten. Daß die mit Zucker zu einem dicken Brei verrührten Salsen und Marmeladen dem Verderben nur selten unterliegen, erklärt sich ohne weiteres aus dem Mitgeteilten.

Um nun Früchte ohne übermäßigen Zuckerzusatz und unter Erhaltung des natürlichen Geschmackes sicher zu konservieren, bedarf es einer verhältnismäßig einfachen Einrichtung, wie sie die Firma J. Weck zur Frischhaltung aller Nahrungsmittel in den Handel bringt. Dieselbe besteht aus einem großen Blechtopf mit einem Einsatz und Deckel, der eine Öffnung zur Aufnahme eines Thermometers aufweist. Außerdem werden besondere Gläser in den erdenklichsten Formen für alle Zwecke geliefert, die einen sehr einfachen

aber ausgezeichneten Verschuß besitzen. Fig. 7 zeigt uns den Verschuß einer Weck-Flasche für unvergorene Säfte. Der Hals der Flasche (*F*) ist abgeschliffen. Darauf wird ein Kautschukring gegeben (*G*) und dann der Deckel (*D*) aufgelegt. Selbstverständlich sollen auch diese Flaschen einer peinlichen Reinigung und Sterilisation in heißer Luft nach dem Trocknen unmittelbar vor dem Gebrauche unterworfen werden. Die Gläser besitzen den gleichen Verschuß.

Nachdem die Gläser oder Flaschen mit den Früchten, Gemüse, Säften etc. beschickt sind, wobei zu beachten ist, daß sie nie voll zu füllen sind und immer einen Luftraum von ungefähr 2—3 *cm* Höhe haben müssen, wird der gereinigte Gummiring und dann der Deckel aufgelegt.

Nunmehr kommen die Gläser auf den Einsatz des Blechtopfes. Die Verschußfedern (Blechspangen) werden so eingesteckt, daß sie ein Abgleiten des Deckels der Gläser sicher verhüten und ihn mäßig stark anpressen. Der Einsatz samt den Gläsern kommt nun in den Blechtopf, der soweit mit Wasser gefüllt wird, daß dasselbe über die Gläserdeckeln ragt. Dann wird der Topf geschlossen und das Thermometer eingehängt. Das beigegebene Weckbuch über Konservierung gibt genau die Temperatur und Zeit für die verschiedenen Früchte an. Bei der Erhitzung wird die Luft unter dem Konservenglasdeckel ausgetrieben und der Raum mit Wasserdampf gefüllt. Bei der auf die Erhitzung folgenden Abkühlung kondensiert der Dampf im Konservenglas, wobei ein luftverdünnter Raum unter dem Deckel entsteht. Der äußere Luftdruck preßt nun den Deckel auf das Glas und der zwischengelegte Gummiring dichtet vollständig ab. Solange der Deckel fest anliegt, besteht für die Konserve keine Gefahr, da sie vollständig abgeschlossen ist. War die Sterilisierung ungenügend und haben sich im Innern Mikroorganismen angesammelt, so zeigt sich dies sofort an dem Lockerwerden des Verschlusses, bevor noch eine besonders merkbare Veränderung der Konserve zu bemerken ist. Durch sofortige neuerliche Sterilisation können solche Konserven noch

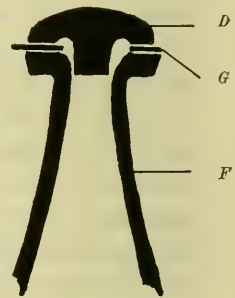


Fig. 7.

gerettet werden. Aus eigener Erfahrung kann die Weckeinrichtung zur Herstellung von Gemüse-, Obst- und Fleischkonserven bestens empfohlen werden.

Die in der Mykologie gewonnenen Forschungsergebnisse werden in weitaus ausgedehnterem Maße im Großbetriebe der fabrikmäßigen Herstellung von Konserven ausgenützt. Für die Herstellung von Obstkonserven und Fruchtsäften haben wir auch hier in Graz oder besser gesagt in der nächsten Umgebung Fabriken, so beispielsweise die Konservenfabrik „Styria“ in Liebenau. Hier finden wir im Großen die verschiedenen Maschinen zur Zube-

ereitung und Verarbeitung der Früchte. Wir sehen in einem großen, lichten, äußerst reinlich gehaltenen Raum eine Reihe von doppelwandigen Kesseln, die mit Dampf geheizt werden. Sie können entweder mit der Hand oder mechanisch beim

Entleeren gekippt werden. Abbildung 8 gibt uns ein Photogramm aus einem Teile des Raumes der Fabrik



Fig. 8.

wieder. Wir sehen einen gekippten und aufrechten kleineren Kessel und einen großen mit maschineller Kippvorrichtung. Sie dienen zur Herstellung von Marmeladen etc.

Die Fabriken benützen zur Herstellung von Fleisch- und Obstkonserven Gefäße von Blech oder Glas, die einen durch Maschinen zugedrückten Verschluss tragen. Unsere Figur 9 zeigt uns ein Stück des Querschnittes von einem Verschlusse, wie ihn Obstgläser besitzen. Voll schwarz gehalten ist der Querschnitt des Glases, dessen oberer Teil etwas ausgeweitet ist. Der Rand ist glatt abgeschliffen. Darauf sitzt der Kork (*K*), dem eine Deckplatte (*P*) aus Blech aufliegt. Letztere wird durch

einen oben eingebogenen Ring (*R*) niedergedrückt. Nach der Füllung des Glases wird der Verschuß aufgesetzt und mit einer besonderen Druckmaschine der Ring (*R*) fest niedergedrückt und gleichzeitig der untere Teil desselben in die Kerbe des Glases eingepreßt. Dadurch hält der Deckel sehr fest. Da der Verschußreifen nur herumgelegt und an den Enden zusammengebogen ist, kann der Verschuß nach Lösung der Umbiegungsstelle sehr leicht zum Öffnen der Konserve abgenommen werden. Die für die sogenannten Konsumkonserven benützten Blechdosen haben einen einfacheren Verschuß. Der Deckel liegt auf einer Zwischenlage aus Kork oder Kautschuk und wird durch Umberteln des oberen Büchsenrandes fest niedergedrückt.



Fig. 9

Zum Sterilisieren benützen die Fabriken große Kessel, die mit Wasser gefüllt und mit Dampf geheizt werden. Die Fabrik in Liebenau besitzt einen Sterilisierkessel, wie ihn Figur 10 wiedergibt. Die gefüllten Konservenbehälter kommen hinein. Dann wird der Kessel mit Wasser vollgefüllt und mittels Dampf erhitzt.

Früchte und Gemüse kommen häufig als Trockenkonserven in den Handel und werden auch im Hausbetriebe durch Trocknen oder Dörren haltbar gemacht. Bei sehr zuckerreichen Früchten genügt eine Verminderung des Wassergehaltes. Es sei beispielsweise an die sogenannten Dörrzweitschen erinnert. Dieselben sind keineswegs vollkommen getrocknet. Gemüse trocknet man möglichst rasch ohne Anwendung höherer Hitzgrade aus. Heute befassen sich schon zahlreiche Konservenfabriken mit der Herstellung solchen Dörrgemüses, das seinen Wohlgeschmack sehr gut behält.

Kurz erwähnt sei noch als Konservierungsverfahren von Fleisch das Einpökeln und Räuchern, wobei im ersten Falle der höhere Salzgehalt die Entwicklung von Fäulnis-mikroben verhindert. Beim Räuchern wird das Fleisch dem Rauche von Hölzern ausgesetzt. Der Rauch enthält als konservierende Substanzen eine Reihe von Produkten der trockenen Destillation (Kreosot, Karbolsäure, Phenol etc.), die

an der Oberfläche niedergeschlagen werden. Außerdem wird auch hier dem Fleische Wasser entzogen.

Bei dem letztgenannten Verfahren der Fleischkonservierung findet aber keine Abtötung der im Innern etwa vorhandenen pathogenen oder fäulniserregenden Mikroben und menschenfeindlichen Parasiten statt. Deshalb ist es nicht rätlich, gepöckeltes oder geräuchertes Fleisch roh zu genießen.

Zum Schlusse sei noch kurz auf die Erkennung verdorbener Konserven hingewiesen. In den Tagesblättern liest man so häufig von schweren Erkrankungen ganzer Familien nach dem Genusse von verdorbenen

Konserven, abgesehen von den Vergiftungen, die durch untaugliche Konservierungsgefäße aus Metall und Zusätzen von giftigen Konservierungsmitteln hervorgerufen werden. Der Inhalt von blechernen Konservbüchsen kann als ungenießbar erkannt werden, wenn die Flächen der Büchsen nach außen aufgetrieben (bom-

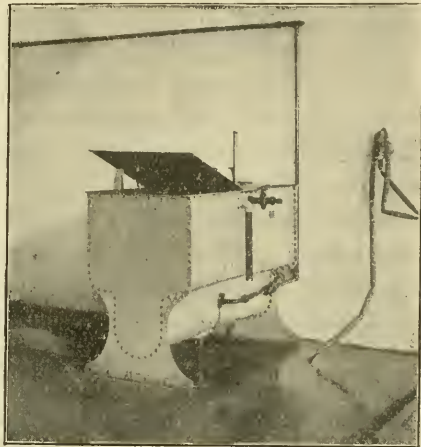


Fig. 10.

biert) sind. Durch die bei der Zersetzung des Inhaltes entstehenden Gase wird im Innern ein hoher Druck erzeugt, der die Blechwände ausbaucht. Solche Konserven sind beim Kaufe sofort zurückzuweisen. Ebenso undichte Konserven, an denen bereits aus kleinsten Öffnungen Inhalt ausquillt. Die in Gläsern bewahrten Konserven müssen ein frisches Aussehen besitzen und die darin befindliche Flüssigkeit darf weder schäumen noch getrübt erscheinen. Beim Öffnen der Büchsen und Gläser darf der Konserve kein übler Geruch entströmen, außerdem muß sie schmackhaft sein und keinen metallischen Beigeschmack

aufweisen. Es gibt allerdings sehr gefährliche Zersetzungen von Fleischkonserven, die man im Anfangsstadium etwas schwieriger erkennen kann. In solchen zweifelhaften Fällen ist es entschieden besser, auf den Genuß vollends zu verzichten. Bei der jetzt eingeführten strengen Betriebskontrolle der Nahrungsmittel-Konserven von Seite des Staates sind die giftigen Konservierungszusätze sehr selten geworden. Bei einiger Vorsicht kann man sich beruhigt der Konserven im Haushalte bedienen.

3. Versammlung am 15. Februar 1908.

Herr Hofrat Professor Dr. Ludwig von Graff sprach über

Leben und Schule in Nordamerika.

Der Vortragende schilderte zunächst die Gliederung der Behörden nach der Verfassung der Vereinigten Staaten von Nordamerika, insbesondere derjenigen, welchen die Ausgestaltung des öffentlichen Unterrichtes obliegt. Er wies sodann auf die Verschiedenheiten im Unterrichtswesen je nach dem Kulturzustande und der Leistungsfähigkeit der einzelnen Staaten hin sowie auf den Bildungshunger des Volkes und auf die Plastizität der Organisation im Gegensatze zu der bürokratischen Schablonisierung in Europa. Es wurden dann die einzelnen Schultypen: Normal School, High School, College, University, geschildert und auf den Unterschied zwischen der Gentleman-Bildung und dem Berufsstudium hingewiesen sowie der Ernst und die Gründlichkeit des letzteren betont. Auch die Coeducation der Geschlechter wurde besprochen, ebenso die Wirksamkeit der Lehrer und der Lehrerinnen. Ein Vergleich mit unseren Verhältnissen ergab teils Vorteile, teils Nachteile der amerikanischen Einrichtungen. Endlich wurden noch University-Extension und Chautauqua in den Kreis der Betrachtungen einbezogen.

4. Versammlung am 29. Februar 1908.

Herr Professor Dr. Franz Wagner Ritter von Kremsthal hielt einen Vortrag

„über das Regenerationsvermögen der Tiere“.

Die hier folgende Abhandlung entspricht zum größeren Teile dem Inhalte dieses Vortrages, enthält aber auch ergänzende Zusätze, welche zum Teil dem am 14. März 1907 in der zoologischen Sektion des Vereines von demselben Vortragenden erstatteten Referate: „Zur näheren Charakteristik der tierischen Regeneration“¹ entnommen sind.

Die Erscheinung der Regeneration im Tierreiche.

Regeneration bedeutet Ersatzleistung für Verlorenes.

Aus dieser Begriffsbestimmung folgt zunächst, daß jede Regeneration notwendigerweise einen Bildungsvorgang darstellen muß, weil — ganz allgemein ausgedrückt — Substanzverlust nur durch Substanzerneuerung ausgeglichen werden kann, letztere aber angesichts der Natur der Organismen — der Tatsache ihrer Organisation — Differenzierungsprozesse nicht zu entbehren vermag. Bei den einfachsten tierischen Lebensformen mag das Maß dieser Prozesse außerordentlich gering sein, völlig fehlen können sie indes wohl nirgends. Für die Beurteilung eines Bildungsvorganges als eines regenerativen erscheint es sodann gleichgiltig, aus welchem Zusammenhange der zu ersetzende Verlust resultiert, was ja ohne weiteres einleuchtet, da derselbe Effekt — Substanzverlust — auf sehr verschiedenen Wegen und mit ebenso verschiedenen Mitteln bewirkt werden kann. Endlich ist noch ein drittes anzuführen, das aber einer kurzen Erörterung bedarf. Ursprünglich und gelegentlich auch heute noch pflegt man mit dem Begriff der Regeneration eine bestimmte Vorstellung von dem Ersatz, dem Regenerate, das an Stelle des Verlustes gebildet wird, zu verknüpfen, nämlich die, daß der geleistete Ersatz völlig oder doch mehr oder weniger der erlittenen Einbuße entspricht und deren Ausfall somit auch funktionell wieder ausgleicht. Nach unserer Definition der Regeneration, zu der die in den letzten zwei bis drei Dezennien mächtig erweiterte Kenntnis der tierischen Regenerationsphänomene mit Notwendigkeit hinführt,

¹ Vgl. Mitteilungen, Band 44, S. 333.

hat eine solche Beschränkung keine Berechtigung mehr, wir müssen vielmehr anerkennen, daß die Beschaffenheit des Regenerates für die Kennzeichnung eines Regenerationsprozesses nicht in Betracht kommen darf, sohin unter den Begriff der Regeneration in unserem Sinne auch diejenigen Bildungsvorgänge fallen, die nicht das ersetzen, was gefehlt hat, sondern etwas davon Verschiedenes produzieren (Heteromorphosen) oder gar sozusagen Entgleisungen darstellen, die Mißbildungen hervorrufen. Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, daß in den letztgenannten Vorkommnissen die Grenzen zwischen physiologischem und pathologischem Geschehen verfließen, d. h. ein an sich gesundes (normales) Vermögen in krankhafte Betätigung ausartet und dadurch Abnormitäten schafft, die, wie wir noch näher sehen werden, für das Leben ihrer Träger mehr oder weniger nachteilig werden können. Auch eine so eminent lebensfreundliche Macht wie die Fähigkeit oder Potenz der Regeneration vermag demnach unter Umständen zum Lebenszerstörer zu werden.

Die Ansprüche der Tierwelt an das Regenerationsvermögen entspringen aus drei Quellen, von welchen allerdings nur zwei für die Gesamtheit der Tiere in Betracht kommen, da die dritte lediglich auf eine verhältnismäßig sehr kleine Gruppe derselben beschränkt ist, übrigens auch noch in anderer Beziehung von den ersteren abweicht, wie wir in der Folge sehen werden. Dem Begriff der Regeneration zufolge muß überall dort das Bedürfnis nach Ersatzleistung gegeben sein, wo Verluste gesetzt sind. Es handelt sich daher, festzuhalten, in welchen Zusammenhängen die tierischen Individuen Einbußen an ihrer Körpersubstanz erleiden.

In erster Linie ist hier das Leben selbst als ein ständiger Verlustsetzer anzuführen: der einfache Ablauf jener Äußerungen, deren Zusammenfassung eben das ausmacht, was wir das Leben eines Individuums nennen, bedingt einen durch Abnutzung verursachten beständigen Verlust an Körpersubstanz, der, soll das (individuelle) Leben (in seiner normalen Bahn) erhalten bleiben, ebenso beständig wieder gedeckt werden muß. Das beste Beispiel dieser Art von Regeneration, die man als physiologische Regeneration zu bezeichnen pflegt,

bietet unsere Oberhaut (Epidermis), deren oberflächlichste Elemente sich fortgesetzt verbrauchen und ebenso fortdauernd erneuert werden. Die physiologische Regeneration ist ihrem ganzen Wesen nach schlechthin ein unerläßliches Korrelat des Lebens selbst, ohne welches dieses zu bestehen und sich zu erhalten einfach unermöglich wäre; sie ist deshalb ausnahmslos in der gesamten Organismenwelt wirksam und stellt somit eine elementare Lebensleistung dar.

Die zweite, auf alle Tiere sich erstreckende Verlustquelle ist der Zufall, wie er sich in den unendlich mannigfaltigen Gefahren und Wechselfällen des Lebens mit oder ohne innere Notwendigkeit, doch stets tatsächlich einstellt. Schon das so weit im Tierreich verbreitete Verhältnis von Raub- und Beutetier liefert zahllose Beispiele für Einbußen an Körpersubstanz, die oft, wie wir sehen werden, ganz erhebliche Dimensionen annehmen können. Gerade aus dem angeführten Verhältnis oder doch wenigstens im Zusammenhange mit demselben hat sich eine Erscheinung im Tierreich zu vielfacher Entfaltung gebracht, deren Ausbildung nur auf Grundlage des Regenerationsvermögens möglich war, die Selbstverstümmelung (Autotomie oder Autoperöse). Daß die regenerative Fähigkeit derartige, aus den Fährlichkeiten des Daseins sich ergebende Verluste zu ersetzen, den Tieren allgemein zukommt, darf wohl ohne Bedenken angenommen werden, wenn auch das Maß dieses Vermögens in manchen Fällen, wie z. B. bei vielen Parasiten, recht geringfügig zu sein scheint. Schon frühzeitig hat man das Regenerationsvermögen der Tiere auf künstlichem Wege zu prüfen begonnen (Spallanzani, Trembley, Bonnet u. a.) und in dem Maße, in dem aus mancherlei Gründen das Interesse an diesem Phänomen wuchs, trat das experimentelle Verfahren umso mehr in den Vordergrund, als es ein Mittel darbot, das von den Vorkommnissen des freien Naturlebens unabhängig machte, in der Versuchsanordnung volle Freiheit gewährte und so zugleich rascher und sicherer zum Ziele führte. Die auf diesem Wege gewonnenen Erfahrungen lehrten uns denn auch eine Fülle von regenerativen Potenzen bei den Tieren kennen, von denen wir sonst wohl nur auf beschwerlichen und zeitraubenden Umwegen Kenntnis

erhalten hätten. Die vom Experimentator gesetzten Einbußen an Körpersubstanz gehören ihrer Natur nach selbstredend auch in die hier in Rede stehende Verlustquelle und ist damit ihre Erwähnung an dieser Stelle gerechtfertigt. Die Ersatzleistungen, die von den durch die Zufälligkeiten des Daseins bedingten Verlusten ausgelöst werden, kann man als *accidentelle* oder *fakultative Regeneration* zusammenschließen.

Die dritte Quelle, aus der Ansprüche, und hier zudem meist ganz beträchtliche, an das regenerative Können des Organismus gestellt werden, liefert die *ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Teilung*, deren Verbreitung sich zwar wohl auf die niederen Tiere beschränkt, innerhalb dieser aber, z. B. bei den Würmern, durchaus keine seltene Erscheinung ist. Das charakteristische Merkmal der Teilung als Fortpflanzungsform liegt bekanntlich darin, daß ein Tier — nehmen wir einen Wurm — in meist zwei, seltener drei und mehr Stücke zerfällt, was in dem als Beispiel angezogenen Falle stets durch eine in der Querebene sich vollziehende Zerschnürung des Wurmkörpers bewirkt wird. Das Resultat dieses Vorganges ist die Produktion von zwei (oder mehreren) Wurmstücken, die indes von sehr verschiedener Beschaffenheit sind, indem beispielsweise bei einfacher Zweiteilung das vordere Teilstück das Kopfende mit allen seinen wichtigen Organen besitzt, aber des Hinterendes entbehrt, das hintere Teilstück dagegen zwar sein Schwanzende hat, aber kein Vorderende besitzt. Damit diese Teilstücke, man nennt sie *Zooide* oder *Teiltiere*, zu normalen und damit lebensfähigen Wurmindividuen werden, bedürfen dieselben des Ersatzes jener Einbußen, die sie durch den Teilungsakt erlitten haben. Die hierauf abzielenden Bildungsvorgänge bedeuten demnach, gleichviel ob sie vor oder nach dem Zerfall vor sich gehen, Ersatzleistung für Verlorenes und stellen somit Regenerationsphänomene dar. Was aber diese Regenerationen von den früher besprochenen unterscheidet, ist, abgesehen von ihrem auf die Fortpflanzung durch Teilung beschränkten Vorkommen, die Eigentümlichkeit, daß es sich hiebei nicht um tatsächliche, sondern nur um ideelle Verluste handelt, hervorgerufen durch die Funktion der Fortpflanzung, also eine normale Äußerung des Lebens selbst. Dieser letztere

Umstand legt nahe, die eben erörterten Ersatzleistungen, die man als propagative Regeneration zusammenfassen kann, der physiologischen Regeneration unterzuordnen, der sie ihrer Verursachung nach ja zweifellos zugehören. Mit der Fortpflanzung notwendig verknüpfte Regenerationserscheinungen finden sich zudem vielfach im Tierreich, sogar bei den höchst entwickelten Formen desselben, den Säugetieren unter den Wirbeltieren; ich erinnere im Hinblick auf diese nur an den Verlust des Uterus-Epithels bei der Geburt der Jungen, dessen unumgänglicher Ersatz durch Neubildung eine typische physiologische Regeneration darstellt (Mensch und viele andere Säuger). Allerdings handelt es sich hier um die den vielzelligen Tieren ausnahmslos zukommende Fortpflanzung auf geschlechtlichem Wege, bei der Propagation durch Teilung dagegen um eine neben dieser bestehenden und nur verhältnismäßig äußerst wenigen Tieren von relativ einfachem Baue eigentümliche Vermehrungsweise, eine Differenz, die jedenfalls nicht außer acht gelassen werden darf.

Nachdem wir im Vorhergehenden die Zusammenhänge kennen gelernt, welche Regenerationsbedürftigkeit hervorrufen, wollen wir nun einen raschen Gang durch die mannigfaltigen Abteilungen des Tierreiches unternehmen, um zu erfahren, inwieweit jene Bedürfnisse in den verschiedenen Tiergruppen befriedigt werden. Selbstverständlich kann es sich hiebei nur um eine kurze Übersicht handeln, die mehr andeutet als ausführt. Zudem darf die physiologische Regeneration völlig beiseite bleiben, da sie, aus dem inneren Flusse des Lebens geboren, wie dieses selbst bei allem Wandel des formalen Geschehens entsprechend den jeweils gegebenen Organisationsverhältnissen im Prinzip doch immer von der gleichen Art ist.

Beginnen wir mit den niedersten Lebewesen, den fast durchwegs im Wasser lebenden Urtierchen (Protozoa), so treffen wir gleich an der Schwelle des Tierreiches auf ein ganz überraschend umfassendes Regenerationsvermögen. Durch zahlreiche Experimente an den verschiedensten Repräsentanten dieser formenreichen Kleinwelt ist festgestellt worden, daß die Regenerationsfähigkeit der Protozoen sozusagen eine unbegrenzte ist, sofern nur eine Bedingung erfüllt ist, nämlich die, daß das

Teil- oder Bruchstück des Ganzen nicht ausschließlich aus Protoplasma besteht, sondern auch Kernsubstanz enthält. Ein schönes Beispiel zur Illustration des Gesagten bietet unter anderen das Trompetentierchen (Stentor), ein großes und verbreitetes Infusor unserer süßen Wässer.¹

Noch weiter, als dies bei den Urtierchen der Fall ist, reicht das Regenerationsvermögen vieler Schwämme (Spongia), indem jedes beliebige Stück, aus dem Schwammkörper entnommen, sich zu einem Ganzen zu vervollständigen imstande ist. Indes ist dieses tatsächlich unbegrenzte Regenerationsvermögen von eigener Art, weil infolge der so wenig individualisierten Organisation der Spongien die regenerativen Bildungsvorgänge bei diesen festsitzenden Tieren mit dem normalen Wachstum derselben geradezu identisch sind. Speziell von den Schwämmen, deren Hornskelett im Haushalte des Menschen Verwendung findet, wissen wir, daß ihr Wachstum ein mehr oder weniger allgemeines, nicht fester lokalisiertes ist, sodaß ihnen, wie bekannt, eine bestimmte Gestalt nicht zugeschrieben werden kann. Da aber der Wert eines Badeschwammes als Handelsartikel, von der Feinheit des Skelettes abgesehen, gerade auch von seiner Form abhängt, so schien die ungeheure Wachstums- und Regenerationsfähigkeit dieser Tiere ein treffliches Mittel an die Hand zu geben, künstliche Schwammzuchten einzurichten. Wenn die hierauf gerichteten Bestrebungen des verstorbenen Grazer Zoologen O. Schmidt nicht von dem gewünschten Erfolge begleitet waren, so fällt die Schuld dafür nicht den Spongien zur Last, sondern den Fischern, die sich durch jene Bemühungen nicht mit Unrecht in ihrem Broterwerb bedroht sahen.

Auch das Regenerationsvermögen der Nesseltiere (Cnidaria) stellt sich den bisher gekennzeichneten ebenbürtig an die Seite. Finden wir doch bei diesen Wasserbewohnern, wenigstens in ihren einfacheren Formen, den Polypen, vielfach tiefgreifende Autotomien, wie solche beispielsweise in dem Abwerfen der sogenannten Polypenköpfchen (Tubularia) in Er-

¹ Näheres darüber bei A. Gruber: Mikroskopische Vivisektion. In: Berichte der Naturforsch.-Gesellschaft zu Freiburg i. B., Bd. 7, Heft 1, 1893. Dasselbst ist auch die einschlägige Literatur zusammengestellt.

scheinung treten. Bedenkt man, daß das sogenannte Polypenköpfchen doch das eigentliche Tier darzustellen scheint, dem gegenüber der bei der Selbstverstümmelung restierende Stiel nicht ins Gewicht fallen kann, so gewinnt man mindestens von der Größe des quantitativen Umfanges des Regenerationsvermögens, das solche Verluste — auch wiederholt — auszugleichen vermag, eine recht eindringliche Vorstellung. So nebensächlich, wie der äußere Anschein annehmen läßt, ist nun freilich der zurückgebliebene Stiel keineswegs, denn auf ihm allein beruht gerade die Fähigkeit zur Regeneration bei diesen Tieren, indem er jene Elemente enthält, welche zum Aufbau des neuen „Köpfchens“ erforderlich sind und diesen bei ihrer Entwicklung zugleich eine Schutzstätte gewährt. Weit geringer, als bei den Polypen, zeigt sich die regenerative Potenz bei den höher organisierten Formen der Nesseltiere, den freilebenden, mit Nervensystem und Sinnesorganen ausgestatteten Quallen (Medusen) ausgebildet. Das klassische und schon seit langen Jahren (Trembley, Rösel u. a.) bis in unsere Tage experimentell bearbeitete Beispiel der Polypen-Regeneration bietet indes unser Süßwasserpolymp (Hydra).¹ Dieses in ausgestrecktem Zustande etwa bis 1 Zentimeter oder wenig mehr messende, schlauchförmige, an seinem freien Ende mit einer von Tentakeln umstellten Öffnung versehene Tierchen kann man, wie wir dies von gewissen Hornschwämmen berichteten, beliebig in Stücke schneiden und jedes der letzteren regeneriert sich zu einer ganzen, allerdings entsprechend kleineren Hydra. Dieses letztere Verhalten stimmt vollständig mit demjenigen überein, das man beim Trompetentierchen (Stentor) beobachtet hat; und wie bei den Protozoën die Regenerationsfähigkeit eine begrenzte ist, so zeigt sich dasselbe auch bei den Hydren, nur daß bei diesen der zu erfüllenden Bedingung bei allem Zerstückeln doch in der Regel unwillkürlich genügt wird, weshalb auch die Erkenntnis des richtigen Sachverhaltes lange verborgen bleiben konnte, woraus dann Anlaß zu Widerspruch und Streit in reichem Maße gezogen wurde. Die Körperwandung der schlauch-

¹ Vergl.: Trembley, Abhandlung zur Geschichte einer Polypenart des süßen Wassers mit hörnerförmigen Armen. Aus dem Französischen übersetzt und mit ein. Zus. herausgegeben von J. A. E. Goeze. Quedlinburg, 1775.

formigen Hydren setzt sich aus zwei Zellenlagen, einer äußeren (Ektoderm) und einer inneren (Entoderm) zusammen, die anatomisch und funktionell verschieden sind. Nur wenn ein Hydrenstück Elemente beider Zellenlagen enthält, ist es regenerationsfähig, sonst nicht; es leuchtet ein, daß diese Voraussetzung von den Experimentatoren in der Regel absichtslos erfüllt wurde. Nicht unmittelbar freilich mit dem Regenerationsvermögen des Süßwasserpolyphen hängen die berühmten Umkehrungsversuche zusammen, die zuerst vom Trembley mit unseren Tieren ausgeführt worden sind und schon seinerzeit berechtigtes Aufsehen erregt haben. Es handelt sich dabei um ein Experiment, durch welches der ganze Körperschlauch einer Hydra so vollkommen umgestülpt wird, daß das Entoderm zur äußeren, das Ektoderm zur inneren Zellenlage wird. Lange hat man auf Trembleys Angaben hin geglaubt, daß dieser künstlich herbeigeführte, die normale Organisation umkehrende Zustand sich dauernd erhalte, also die beiden anatomisch und funktionell differenten Zellenlagen ihre Rollen im Leben der Hydra einfach tauschen könnten. Widerspruch blieb freilich nicht aus, aber es bedurfte doch völlig einwandfreier Beobachtungen, um Trembleys Behauptung zu widerlegen. Diese wurden dadurch erbracht, daß man bei aller Anerkennung der Umkehrungsmöglichkeit zu konstatieren vermochte, daß hinterher stets ein, meist sogar sehr rasches Umklappen der beiden Zellenlagen des Körperschlauches stattfindet, wodurch der ursprüngliche normale Zustand der Organisation wieder hergestellt wird. Hinderte der Experimentator eine umgekehrte Hydra an der Rückkehr zur Norm, so vermochte sie nicht weiterzuleben und ging bald zugrunde. Es bedarf keiner besonderen Darlegung, daß die zu den Experimenten herangezogenen Hydren durch diese unvermeidlichen Einbußen an Körpersubstanz ausgesetzt wurden, sodaß immerhin auch das regenerative Moment bei diesen interessanten Versuchen mittelbar zur Betätigung kommt und ihre Erwähnung an dieser Stelle gerechtfertigt erscheint.

Im Stamm der Stachelhäuter (Echinodermata) ist die Selbstverstümmelung, abgesehen von den Seeigeln (Echinida), eine ganz allgemein verbreitete Erscheinung; Seesterne (Asterida), Schlangensterne (Ophiu-

rida), Haarsterne (Crinoidea) und Seewalzen (Holothurioidea) sind „wahre Meister dieser Kunst“. Diese Tatsache läßt schon auf ein umfassendes Regenerationsvermögen bei diesen Tieren schließen, was denn auch die nähere Untersuchung bestätigt. Fast ausnahmslos wohl ist den See-, Schlangen- und Haarsternen die Fähigkeit eigen, abgeworfene oder sonstwie verlorene Arme (Radien) wieder zu erzeugen; selbst den gleichzeitigen Verlust mehrerer Arme vermögen diese Tiere in der Regel rasch und glatt auszugleichen. Während aber bei den Haarsternen die abgelösten Arme selbst dem Untergange verfallen sind, sind bei den See- und Schlangensterne auch diese vielfach imstande, wieder ein Ganzes aus sich hervorgehen zu lassen, Regenerationen, die jene eigenartigen Gestalten produzieren, die man nach Hückel als „Kometenformen“ der Seesterne bezeichnet hat. Von ganz anderer Qualität sind die Autotomien, welchen wir bei den Seewalzen begegnen. Viele dieser Tiere speien bei Beunruhigung einen großen Teil ihrer Eingeweide, nämlich den ganzen Darm und die rechte freie Wasserlunge, durch die bei diesem Gewaltakt zerreißen die Kloake aus (Holothuria), und zwar so regelmäßig, daß man bei der Konservierung solcher Stachelhäuter, um sie in tadellosem Zustande zu erhalten, die Kloake vorher unterbinden muß, damit ihnen die gewohnte Selbstverstümmelung unmöglich gemacht wird. Die autotomisch verursachten Verluste an Körpermaterial sind demnach bei den Holothuriern gewiß keine geringen und müssen ihrer Art nach tief in das Leben dieser Tiere einschneiden. Trotzdem erfolgt stets Regeneration, die nicht selten schon nach neun Tagen den normalen Zustand wieder herstellt. Andere Seewalzen (Stichopus) haben die Gepflogenheit, sich ihrer Oberhaut durch Verschleimung derselben zu entledigen und der verstorbene Würzburger Zoologe C. Semper berichtete vor Jahren, daß eine Art (Stichopus naso) „geradezu aus der Haut fahren kann“. Ersatzleistung für die abgeworfene Haut tritt immer ein. Es ist ohne weiteres klar, daß so umfangreiche Selbstverstümmelungen, wie die der Stachelhäuter, nur auf dem Boden eines umfassenden Regenerationsvermögens sich ausbilden konnten und ohne dieses trotz ihrer eminenten Nützlichkeit für den Kampf ums Dasein nicht entwicklungsfähig

gewesen wären. Daß wir von den Seeigeln im Gegensatz zu den übrigen Echinodermen keine nennenswerten regenerativen Leistungen mitzuteilen haben, erklärt sich wohl aus der Organisation jener Tiere, indem deren Weichteile in einen allseitig geschlossenen und zudem mit Stacheln besetzten Skelettpanzer eingeschlossen sind, der erneuerungsbedürftige Defekte ebenso hintanhält, wie er den Anlaß zu autotomischer Selbsthilfe ausschaltet.

Die Welt der Würmer (Vermes) offenbart uns auch eine Welt der mannigfaltigsten Regenerationen. Mit Ausnahme der parasitischen Formen findet sich die Fähigkeit zur Ersatzleistung ganz allgemein unter diesen sehr verschiedenartigen Tieren verbreitet und dazu in einem Umfange, der vielfach sich den extremsten Vorkommnissen nähert, die wir bei den Nesseltieren (Cnidaria) kennen gelernt haben. In dem Tierstamm der Würmer ist auch die propagative Regeneration keine seltene Erscheinung, vielmehr zur höchsten Entfaltung gelangt; Strudelwürmer (Turbellaria) und Gliederwürmer (Annelides) liefern in dieser Hinsicht zahlreiche Beispiele. Hat die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Teilung schon zur notwendigen Voraussetzung, daß der (quere) Zerfall eines Wurmindividuums in zwei oder mehrere Stücke die Lebensfähigkeit der letzteren nicht in Frage stellt, so kann es nicht wunderbar erscheinen, wenn wir die Beobachtung machen, daß autotomische Vorgänge in Gestalt von Selbstzerstückelung als Reaktionen mancher Würmer auf äußere Reize hin auftreten. Jedes der auf solchem Wege entstandenen Wurmstücke vermag sich wieder zu einem vollständigen Individuum zu ergänzen, natürlich wieder von entsprechend geringerer Größe. Derartige Regenerationen können bei den Ringelwürmern (Annelides) mit ihrer komplizierten Organisation eine ganz außerordentliche Leistung darstellen. Ein klassisches Beispiel des weitspannenden Regenerationsvermögens der Würmer bieten unsere Regenwürmer, ein denn auch von Experimentatoren besonders geschätztes Objekt. Diese wohlbekanntesten Gliederwürmer besitzen nicht nur eine starke Regenerationsfähigkeit, sondern auch eine kräftige Wachstumsenergie, die über das ohnedies große Maß derselben bei den Anneliden überhaupt noch hinauszugeht.

gehen scheint. Versuche mit diesen Tieren, die auf diese Potenzen eingestellt werden, pflegen denn auch in der Tat fast immer von Erfolg gekrönt zu sein. So ist es gelungen, Verwachsungen verschiedener Stücke desselben Individuums, auch solche von Stücken verschiedener Individuen, ja selbst Verwachsungen von Stücken verschiedener Arten zu erzielen, wobei Regenerationen in hervorragendem Maße mitwirken, so daß derartige Kunstprodukte Wochen und Monate, sogar Jahre am Leben erhalten werden konnten. Was bedeutet solchen Effekten gegenüber die Erneuerung eines abgeissenen Hinterendes? So unbegrenzt, als es nach dem Gesagten scheinen möchte, ist das Regenerationsvermögen der Würmer nun freilich nicht, auch nicht in den extremsten Fällen. Zunächst vermindert wohl allgemein die progressiv zunehmende Kleinheit der Teilstücke auch in entsprechendem Maße die Aussichten der Regenerationsfähigkeit; dies äußert sich vielfach schon darin, daß die zwar eintretende Ersatzleistung doch nicht mehr imstande ist, den Verlust zur Gänze oder doch annähernd zu decken, weiterhin indes unterbleibt sie vollständig und die betreffenden Bruchstücke gehen zugrunde. Aber auch außerhalb dieses Zusammenhanges gibt es Schranken, über welche hinaus Regeneration versagt. Ohne näheres Eingehen auf die Organisation der Würmer, insbesondere der Anneliden, auf die es in erster Linie ankommt, läßt sich indes diese Abhängigkeit nicht kurz darlegen. Ich muß mich daher an dieser Stelle damit begnügen, nur anzudeuten, daß dabei die Zahl und Qualität der Segmente (Metameren) und die Körperregion, aus der sie entnommen sind und die ja für die Beschaffenheit der Segmente meist entscheidend ist, die bedingenden Momente repräsentieren.

Im Stamm der Gliedertiere (Arthropoda) sind regenerative Phänomene zwar keineswegs selten, aber sie zeigen bereits ein erheblich anderes Bild, als die bisher betrachteten, das Vermögen zur Ersatzleistung erscheint auf bestimmte Teile des Körpers beschränkt, und zwar sind es die dem eigentlichen Leibe des Tieres, dem Rumpfe, äußerlich eingelenkten gegliederten Anhänge, die bekanntlich funktionell zu den verschiedenartigsten Verrichtungen Verwendung finden

können; nur für diese also vermag der Arthropodenorganismus regenerativ zu wirken, innerhalb seiner Grenzen aber nicht selten in fast unerschöpflicher Betriebsamkeit. Was dem Regenerationsvermögen der Gliedertiere in extensiver Hinsicht gebricht, ersetzt es so einigermaßen durch seine Intensität. Ich entsinne mich, einmal von einem Krebse gelesen zu haben, dem die Fischer nur die Scheeren abbrachen, worauf sie das verstümmelte Tier wieder ins Meer warfen, sicher, daß die zugefügten Verluste glatt wieder ersetzt werden. Krebse mit regenerierten Scheren sind überhaupt keine Seltenheiten. Bei den tracheaten Arthropoden, insbesondere den Spinnen und Insekten, sind es die Beine, die wie dem Verluste so auch dem Ersatze unterliegen. Bei solcher Sachlage wäre es geradezu seltsam, wenn spontanes Abwerfen von Beinen, also Autotomie der Extremitäten, nicht weite Verbreitung unter diesen Tieren gefunden hätte. Ja in einzelnen Fällen finden sich zur Ausführung der Selbstverstümmelung sogar gewisse, diese erleichternde Einrichtungen ausgebildet, deren Existenz an sich ein beredtes Zeugnis für die eminente Nützlichkeit des regenerativen und autotomischen Vermögens unserer Tiere abgibt.

Während wir bei den Arthropoden das Regenerationsvermögen, wenn auch schon auf bestimmte Organe, die gegliederten Leibesanhänge beschränkt, doch noch in recht beträchtlicher Verbreitung vorfinden, sind Erscheinungen von Ersatzleistung unter den Weichtieren (*Mollusca*) sozusagen Seltenheiten; jedenfalls handelt es sich bei diesen Tieren niemals um ein auch nur annähernd allgemeineres Vorkommen in gedachter Hinsicht, vielmehr sind es durchaus vereinzelte Fälle, in welchen regenerative Prozesse in nennenswertem Maße zutage treten. Das beste Beispiel für Mollusken-Regeneration bietet unsere bekannte, vielfach auch als Leckerbissen geschätzte, zu den Lungenschnecken (*Pulmonata*) gehörige Weinbergschnecke (*Helix pomatia*), deren hohe Regenerationskraft schon Spallanzani im 18. Jahrhundert durch zahlreiche Experimente zu ermitteln wußte. Dieses, mit auf Stielen sitzenden Augen versehene Tier (sowie auch manche andere Arten von Lungenschnecken) vermag die abgeschnittenen Sehorgane, ja selbst ganze Stücke des Kopfes mit Gehirn,

Fühlern und Augen wiederzuerzeugen. Letztere, gewiß umfassende Fähigkeit ist indes keine absolute, wie Spallanzani meinte und nach ihm, allerdings unter stetem Widerspruch anderer Forscher, noch so manche Experimentatoren behaupteten. Wie im Falle der Hydra mußte eben schließlich auch hier Wasser in den Wein getan und anerkannt werden, daß jene regenerative Leistungsfähigkeit an eine Bedingung gebunden ist, und diese besteht darin, daß nicht der ganze nervöse Zentralapparat bei dem operativen Eingriff entfernt wird.

So wären wir bei den Wirbeltieren (*Vertebrata*) angelangt und da muß gleich die zunächst auffällige Tatsache konstatiert werden, -daß diese höchstorganisierten Geschöpfe im großen und ganzen das geringste Regenerationsvermögen besitzen; insbesondere zeigen die Warmblüter unter ihnen, die Vögel und Säugetiere, kaum mehr als die Fähigkeit der Wundheilung, von dem ganz vereinzelt Vorkommnis einer Schnabel-Regeneration bei Vögeln (Storch) abgesehen. Besser steht es bei den Kaltblütern. Die Amphibien liefern da, namentlich in ihren geschwänzten Formen, den Wassersalamandern (*Triton*), mancherlei Beispiele, insoferne Extremitäten, Kiemen, Schwanz mehr oder weniger, zum Teile freilich nur im Larvenleben regenerativ ersetzt werden können. Bloß auf die Extremitäten beschränkt erweist sich die Reproduktionsfähigkeit der ungeschwänzten Lurche (Frosch) und auch das sogar lediglich auf die erste Zeit des Larvenlebens. Daß auch die Fische Ersatzleistungen darzubieten imstande sind, haben experimentelle Untersuchungen der jüngsten Zeit zur Genüge gelehrt (Schwanzflosse). Was schließlich die Reptilien betrifft, so braucht hier nur auf das ja allbekannte Schulbeispiel vom Eidechschwanz hingewiesen zu werden. Mehr könnte auch von dieser Klasse der Wirbeltiere nicht berichtet werden.

Unsere flüchtige Umschau im weiten Reich der Tiere ist beendet. Es fragt sich nun, was lehren uns die gewonnenen Erfahrungen? Die mitgeteilten Tatsachen lassen ohne weiteres erkennen, daß das allgemeine Regenerationsproblem eine recht komplexe Größe ist; schon die tausendfältigen Beziehungen des Regenerationsphänomens zu den verschiedenartigsten Gebieten unseres biologischen Wissens be-

deuten ebensoviele Einzelfragen im Rahmen des Ganzen und laufen in letzter Linie auf das Grundproblem aller Biologie, die Frage nach dem Wesen des Lebens selbst hinaus. Soweit kann selbstredend hier nicht gegangen werden. Ich muß mich bescheiden, nur einige Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge aufzudecken, die wenigstens einigermaßen spruchreif sind. Die tierische Regenerationslehre als selbständige biologische Disziplin ist ja kaum erst drei Dezennien alt, und, so viel auch in dieser Zeit darin geleistet worden ist, weit mehr bleibt noch zu tun übrig. Und überhaupt: wo wäre die Natur für den Menschen je erschöpfbar!

Wenn wir die tierischen Regenerationsphänomene in ihrer Gesamtheit vergleichend überblicken, so macht sich ein Umstand sofort deutlich bemerkbar und das ist das allgemeine Verhältnis zwischen dem Bau der Tiere und deren Regenerationsvermögen: je einfacher die Organisation, desto umfassender die Fähigkeit zur Ersatzleistung und umgekehrt. Bei den niederen Tieren, den Protozoën, Spongien, Nesseltieren, Stachelhäutern und Würmern fanden wir die höchsten Stufen regenerativen Könnens ausgebildet, bei den Wirbeltieren dagegen, diesen kompliziertest gebauten Tierformen, ist jene so überaus nützliche Fähigkeit in die engsten Schranken gebannt und innerhalb der Vertebraten selbst sehen wir die Giltigkeit des aufgestellten Satzes neuerlich bestätigt, indem dem Fortschritt der Organisation vom Fisch aufwärts ein Rückgang der Regenerationsfähigkeit parallel geht, bis diese bei den Säugetieren nahezu völlig erlischt. Eine Mittelstellung gewissermaßen zwischen diesem entgegengesetzten Verhalten von Organisation und Regeneration bei den niederen und höchsten Tiergruppen nehmen die Gliedertiere mit ihrem zwar umfänglich ziemlich eng begrenzten, sonst aber doch noch recht weit verbreiteten Regenerationvermögen ein. Die gekennzeichnete Relation zwischen Organisation und Regeneration kann nun zunächst nur der allgemeine Ausdruck einer Abhängigkeit sein, die nach der Natur der Sache durchaus eindeutig ist: Das Maß der Regenerationsfähigkeit eines Tieres ist abhängig von der Organisationshöhe desselben. Wenn es von dieser allgemeinen Gesetzmäßigkeit nicht

wenige Ausnahmen gibt, so liegt dies nur zum geringeren Teil an der Unvollkommenheit, die begreiflicher Weise unserer vergleichenden Beurteilung und Wertung der Organisationszustände anhaften muß; in der Hauptsache sind es andere Motive. In der Tierwelt treffen wir die verschiedenartigsten Bauverhältnisse, die sich untereinander gar nicht so schlechthin vergleichen lassen, verwirklicht; man denke nur an die Organisation eines Echinoderms, eines Gliedertieres, eines Mollusks und eines Vertebraten, um von anderen und spezielleren zu schweigen; da liegt eine Frage äußerst nahe: Ist denn für alle diese differenten Organisationszustände, ganz abgesehen von ihren im einzelnen oft kaum zu vergleichenden Komplikationsgraden, derselbe Verlust auch immer dasselbe, m. a. W. bedeutet der Verlust des ganzen Gehirns bei einem Ringelwurm und bei einer Schnecke den gleichen Eingriff in die Lebensfähigkeit dieser Tiere? Die Natur selbst gibt die Antwort darauf: Nein, denn der Ringelwurm kann das Gehirn wieder erzeugen, die Schnecke aber nicht. Und wer vermöchte zu beweisen, daß die Schnecke höher organisiert ist als der Ringelwurm oder umgekehrt, dieser höher als jene? Sie sind verschieden gebaut und jedes in seiner Weise angemessen, nichts weiter. Es muß also für die Ausprägung des Regenerationsvermögens noch eine speziellere, von der Organisation bedingte Abhängigkeit geben als jene für das Große und Ganze festgestellte vom Grade der anatomischen Komplikation. In der Tat weisen alle Erfahrungen darauf hin, daß das Maß der Regenerationsfähigkeit im Speziellen von der Besonderheit der Bauart des Tieres in hohem Grade abhängig ist, und wir müssen dementsprechend unseren früheren Satz dahin erweitern, daß wir sagen: Das Maß der Regenerationsfähigkeit eines Tieres ist im allgemeinen abhängig von der Organisationshöhe, im besonderen von speziellen Bauverhältnissen desselben. Ein Beispiel mag das illustrieren. Von den Stachelhäutern haben wir vernommen, daß Selbstverstümmelung und Regeneration allgemein verbreitete Erscheinungen bei denselben sind; Seesterne aller Art, Haasterne und Holothurien verhalten sich da bei aller Verschiedenheit in der Betätigungsweise jener Potenzen durchaus gleich;

ausschließlich die Klasse der Seeigel weicht von dieser Linie ab und das so sehr, daß, was bei dem Gros der Echinodermen allgemeine Regel ist, bei den Seeigeln überhaupt nicht oder doch nur ganz ausnahmsweise vorkommt. Der Fall spricht besonders eindringlich, denn es handelt sich dabei um Tiergruppen desselben Stammes, also um Organismen, die im Prinzip denselben Bauplan zeigen. Ich habe schon oben darauf hingewiesen, daß es die Besonderheit des Baues ist, die das differente Verhalten der Echiniden bedingt, indem deren Weichteile von einer mit Stacheln bewehrten Skelettkapsel allseitig umschlossen werden. Nun dient die Kapselwand aber keineswegs nur dem Schutze der zarten Weichteile, sondern auch zur Fixierung lebenswichtiger Organe, die gewissermaßen an der Innenfläche der Kapselwandung suspendiert werden (Darm). Man stelle sich nunmehr vor, was geschieht, wenn durch irgend einen äußeren Eingriff der Skelettkapsel eines Seeigels ein Defekt zugefügt wird, und man wird sofort verstehen, daß eine derartige Verletzung oder Verlustsetzung der Organisation des Tieres nach nicht reparabel sein kann, sondern lebenszerstörend wirken muß. Konzentration der Organisation erweist sich überhaupt als Hemmung für regenerative Fähigkeiten; ein charakteristisches Beispiel dafür bieten die Weichtiere. Besonders eindringlich macht sich aber dieser Zusammenhang klar, wenn wir das Widerspiel betrachten: Organisationszustände mit größerer oder geringerer Selbständigkeit von Teilen gegenüber dem Ganzen. Schon die Seesterne können hier herangezogen werden, denn die sogen. Arme dieser Tiere besitzen eine gewisse Unabhängigkeit vom Ganzen, zumal bei den Schlangenternen, sind überdies in mehrfacher Zahl vorhanden, sodaß Verluste derselben ebensowenig nachhaltig störend in die Organisation wie in die Lebensbetätigung dieser Tiere werden einzugreifen vermögen. Unter denselben Gesichtspunkt fallen auch die Gliederwürmer mit ihrer außerordentlichen regenerativen Leistungsfähigkeit. Der Bau dieser Tiere erscheint gekennzeichnet durch die Zusammensetzung des Körpers aus einer meist großen Anzahl von Segmenten, Gliedern oder Ringeln (Metameren), die, abgesehen vom Vorderende, dem sog. Kopfabschnitt untereinander im Wesentlichen gleich sind. Dem-

nach wiederholt sich die Organisation eines solchen Metamers ins Vielfache und, da jedes der zahlreichen Glieder den gleichen Anteil an den wichtigsten Organen (Darm, Nervensystem, Blutgefäßsystem, Segmentalorgane etc.) besitzt, so erscheint ein solches Maß von Selbständigkeit jedem einzelnen Segment und damit erst recht einem Komplex von solchen gewährleistet. Und diese Unabhängigkeit äußert sich eben in der großen Regenerationsfähigkeit dieser Tiere, von welchen selbst kleine Bruchstücke alle Organe enthalten, die zum Leben und dadurch auch zur Ersatzleistung erforderlich sind. Daß bei den Ringelwürmern auch das Vorderende, der sog. Kopf leicht — wenn auch, und das stimmt wieder mit unserer Auffassung überein, nicht so leicht wie das Hinterteil — reproduziert wird, sieht großartiger aus, als es ist, denn eben aus der Eigenart des Baues dieser Tiere resultiert, daß ihrem Vorderende nicht jene überragende Bedeutung zukommt, die markantere Kopfbildungen bei anderen Tieren, z. B. den Wirbeltieren, übrigens auch schon den Arthropoden, charakterisiert (Verhältnis von Hirn und Bauchmark bei den Anneliden). Lehrreich für den uns hier interessierenden Zusammenhang sind die Gliedertiere, wengleich bei diesen Konzentration und Komplikation der Organisation im Grunde wohl zusammenfallen. Wie die Ringelwürmer segmentiert, zeigen die Arthropoden sich von jenen aber dadurch verschieden, daß ihre Segmentierung im Gegensatz zu jener gleichartigen (homonomen) ungleichartig (heteronom) gestaltet ist, wodurch eine Sonderung des Leibeskontinuums in differente Abschnitte (Körperregionen) verursacht wird; diese Differenzierung ist am schärfsten bei den Insekten ausgeprägt, indem hier Kopf, Brust (Thorax) und Hinterleib (Abdomen) unterschieden werden müssen, wobei es sich nicht etwa bloß um eine untergeordnete äußere Gestaltsverschiedenheit handelt, sondern um äußerst tiefgreifende Organisationscharaktere. Der Kopf umschließt das Gehirn, trägt die Sinnesorgane, Mundwerkzeuge etc., der Thorax die Extremitäten und die Flugorgane, wo solche ausgebildet sind, und das Abdomen beherbergt die vegetativen Apparate (Darm, Geschlechtsorgane etc.). Da gibt es keine Verluste, die nicht das Ganze empfindlich schädigen und damit dem Untergange über-

liefern würden. Die einzigen Teile, die allenfalls ohne unmittelbare Gefahr entbehrt werden können, sind tatsächlich nur die Extremitäten, denn deren Verbindung mit dem eigentlichen Arthropodenleibe ist eine verhältnismäßig so lockere, daß der Verlust derselben keine tiefere Störung in der Gesamtorganisation zu bewirken braucht.

Das Gesagte muß genügen, um klar zu machen, was wir unter der allgemeinen und besonderen Abhängigkeit der Regeneration aus dem Motive der Organisation der Tiere verstanden wissen wollen. Indes erkennt man aus der vergleichenden Betrachtung der tierischen Regenerationsphänomene noch einen anderen Zusammenhang, der wieder ein Abhängigkeitsverhältnis darstellt, aber von ganz anderer Art ist. Die schon dargelegten Abhängigkeiten sind anatomisch-physiologische, die nunmehr zu besprechende Relation ist spezifisch biologischer (oekologischer) Natur. Zum Verständnis der letzteren ist es nötig, daß wir uns vorwiegend an die Regenerationserscheinungen der Tiere im freien Naturstande halten und von den künstlich auf experimentellem Wege produzierten Ersatzleistungen einstweilen absehen. Bei einer solchen Überschau offenbart sich bald die interessante Tatsache, daß das Regenerationsvermögen nach Umfang und Inhalt mit der Lebenslage der Tiere vielfach in einem ganz bestimmten Zusammenhang steht. Das verbreitetste oekologische Verhältnis, in dem verschiedene Tiergruppen zu einander zu stehen pflegen, ist, wie schon früher bemerkt wurde, das von Raub- und Beutetier. Die dadurch gesetzte Lebenslage der unzähligen Beutetiere — und oft ist dasselbe Tier beides zugleich, nach einer Seite hin Raubtier, nach der anderen Richtung selbst Beutetier — setzt dieselben zeitlebens den Angriffen ihrer Verfolger aus, welchen zu entgehen lediglich schleunigste Flucht zu ermöglichen vermag. Je nach der Organisation der Beutetiere wird nun die Aussicht auf Erfolg von Seiten des Angreifers verschieden sein, in der Regel aber werden die vom eigentlichen Körper am weitesten abstehenden und daher dem Räuber zuerst zum Erfassen sich anbietenden Teile der Beute dem feindlichen Angriffe ausgesetzt sein. Wären solche Teile unauflöslich mit dem Leibe verbunden, so würde das

Beutetier schon dem ersten Angreifer unfehlbar zum Opfer fallen, und wären sie ohne jene feste Verbindung, also der Autotomie fähig, aber nicht regenerierbar, so würde der unmittelbaren Gefahr zwar einmal oder mehreremale entronnen sein, aber mit dauernden Schädigungen, die weiterhin ihren Träger umso sicherer dem Rachen des Feindes auslieferten. Ausreichend wirksamen Schutz gegen feindliche Insulte ist da nur ein kräftiges Regenerationsvermögen zu geben imstande, das je nach dem Grade, in dem ein Teil oder Organ gefährdet erscheint, für diese besonders ausgeprägt ist, selbstverständlich innerhalb der Grenzen, die Organisation und Lebensfähigkeit ziehen. Ähnlich liegen die Dinge dort, wo Tiere nach der Natur ihres Aufenthaltsortes gewissen Fährlichkeiten ausgesetzt sind wie den Einflüssen von Brandung, von Ebbe und Flut u. s. w. In der Tat fallen eine ganze Reihe regenerativer Vorkommnisse im Tierreich mehr oder weniger unter die gekennzeichnete oekologische Abhängigkeit: Die Regenerationsfähigkeit für die Arme der See-, Schlangen- und Haarsterne, für verschiedenartige Leibesanhänge der Gliedertiere (Scheren, Beine, Fühler), den Schwanz der Eidechsen, die Köpfehen der Polypen und zu einem guten Teile gewiß auch das Regenerationsvermögen der Würmer, insbesondere der Anneliden; gewiß eine stattliche Reihe, die zudem keineswegs erschöpfend ist. Sehr charakteristisch für das in Rede stehende Abhängigkeitsverhältnis ist die Tatsache, daß die Intensität der Fähigkeit zu Ersatzleistungen bei vielen Tieren für bestimmte Organe oder ganze Teile des Körpers geradezu in dem Grade entwickelt ist, in welchem dieselben nach der Lebenslage ihrer Träger der Gefährdung oder dem Verluste ausgesetzt sind. So vermag, um nur ein paar Daten zur Illustration herauszugreifen, ein verbreiteter Annelid des Süßwassers, der *Lumbriculus*, das verlorene Hinterende bis zu vierzehnmal zu erneuern, und von einem Polypen (*Tubularia larynx*) wissen wir, daß die Reproduktion des Köpfehens sechsmal, und zwar in der kurzen Zeit von sieben Wochen bewerkstelligt werden konnte. Ähnlich verhält es sich mit der Intensität des auf gewisse Organe beschränkten Regenerationsvermögens der Arthropoden und anderer Tiere. Zusammenfassend dürfen wir demnach wieder

eine feststehende Gesetzmäßigkeit konstatieren und dieselbe in dem Satze aussprechen: Das Maß der Regenerationsfähigkeit eines Tieres ist auch abhängig von der oekologischen (biologischen) Bedeutung der Teile oder Organe desselben für dessen spezielle Lebenslage.

Mit den erörterten Abhängigkeitsverhältnissen stehen sicherlich mancherlei Erfahrungen auf dem Gebiete der tierischen Regeneration im Zusammenhange, die auf den ersten Blick befremden müssen. Auf diese Seite der Sache kann hier nun freilich nicht weitläufig eingegangen werden, ich will deshalb nur zwei Tatsachengruppen kurz berühren.

Ein Vergleich der im natürlichen Lauf der Dinge vorkommenden Regenerationen mit den auf künstlichem (experimentellem) Wege hervorgerufenen lehrt uns bei einigen Tieren die auffällige Erscheinung kennen, daß aus letzterem Anlasse eine ganz außerordentliche Reproduktionsfähigkeit ausgelöst wird, während die betreffenden Tiere im freien Naturstande regenerationsbedürftige Defekte gar nicht zu zeigen pflegen. Dabei ist auch die Organisation dieser Tiere in keiner Weise von der Art, daß aus ihr, etwa wie bei den Anneliden, ein solches Vermögen sozusagen a priori hergeleitet werden könnte. Ich meine die meist wenig bekannten, ausschließlich Meeresbewohner und, soweit uns dieselben hier interessieren, festsitzende Formen umfassenden Manteltiere (Tunicata). In einer Abteilung der Manteltiere, bei den sogenannten Seescheiden (Ascidia), hat sich herausgestellt, daß das künstlich geweckte Regenerationsvermögen in einem Grade entwickelt sein kann (*Clavellina lepadiformis*), der dem von Würmern und Nesseltieren kaum nachsteht. Auffällig von Anfang an war freilich dabei wohl die Erfahrung, daß der regenerative Vorgang selbst gar sehr aus dem Rahmen der Regenerationsprozesse bei den anderen Tieren herausfiel. Während nämlich bei diesen ganz allgemein die Organisation des restierenden Tierkörpers („Stammstück“) im wesentlichen erhalten bleibt und so die Grundlage bildet, von der aus die Regeneration in die Wege geleitet wird, erfolgt bei jenen Ascidien zuerst eine vollständige Rückbildung der

Organisation (Reduktion) des Stammstückes, worauf das ganze neue Individuum je in entsprechend geringerer Größe als völliges Novum aus dem durch die Reduktion produzierten indifferenten Bildungszustande hervorgeht. Diese gewissermaßen auf totaler Verjüngung der Organisation beruhende Ersatzleistung, die man als *regulative Regeneration* bezeichnet könnte, steht in der Tat allen übrigen Regenerationsweisen so schroff gegenüber, daß es fraglich erscheinen mag, ob hierin nicht ein grundsätzlich andersartiger Vorgang vorliegt. Sei dem wie ihm wolle, jedenfalls handelt es sich in unserem Falle um eine Fähigkeit, die nicht durch Organisations-Abhängigkeiten bedingt ist, sondern aus einem ganz anderen Zusammenhange fließt. Viele Ascidien (Synascidia) und so auch speziell *Clavellina lepadiformis* zeigen die Eigentümlichkeit, daß sie normal einer Überwinterungs-Degeneration unterworfen werden, die sich analog jenen regulativen Regenerationen vollziehen, sodaß diese im Grunde nichts anderes darstellen als künstlich erzeugte Neubildungen auf Grund eben jenes Vermögens zu Überwinterungs-Degeneration, ein Erwerb, der gewiß nur im Zusammenhange mit bedeutender Regenerationsfähigkeit gewonnen werden konnte, durch seinen gesetzmäßigen Eintritt aber accidentelle Regenerationsbedürfnisse hintanhält und so einen Mangel vortäuscht, der in Wirklichkeit nicht besteht. In diesem Sinne aufgefaßt, verliert das hier erörterte Phänomen seine Singularität und findet natürliche Beziehungen zu anderen Vorkommnissen, wie dem regelmäßig wiederkehrenden Abwerfen der Polypenköpfchen oder dem periodischen Verluste der Polypide nicht weniger Moostierchen (Bryozoa).

Die zweite Tatsachenreihe, die wir nicht unerwähnt lassen wollen, betrifft die *Parasiten*. Von diesen kann im allgemeinen ausgesagt werden, daß ihnen regenerative Fähigkeiten fehlen. Woher kommt dieses Unvermögen? Wenn sich diese Frage auch dermalen nicht mit einer gewissen Bestimmtheit beantworten läßt, so dürfte es doch wohl nicht aussichtslos sein, wenn man versuchte, in der Lebensweise und Organisation der Schmarotzer ursächliche Motive für jenes negative Verhalten ausfindig zu machen. Mit Absicht habe ich dabei die Lebensweise zuerst genannt, denn es will mir scheinen, daß dieser

Faktor der entscheidende sei. Das Schmarotzertum ist, zumal wenn wir das große Heer der Binnenschmarotzer (Entoparasiten) in Betracht ziehen, wohl die spezifischste aller durch eigenartige Besonderheiten ausgezeichneten Lebenshaltungen. Der Aufenthalt im Inneren anderer Tiere, das Angewiesensein auf bestimmte Wirte und in diesen wieder auf bestimmte Organe, die ausschließliche Beschränkung auf eine Nahrungsquelle u. s. w. bedeuten ebensoviele Attribute einer Spezialisierung, die einerseits mit der Ausschaltung der Gelegenheit zu Defekterwerbungen die Regenerationsbedürftigkeit eliminiert, andererseits eine — wenn ich mich so ausdrücken darf — so konzentriert einseitige anatomisch-physiologische Qualifikation bedingt, daß aus der Organisation des Schmarotzers heraus regeneratives Vermögen wohl kaum erwartet werden kann.

Wir haben bisher nur von dem Begriff der Regeneration, den Anlässen, die Regenerationsbedürftigkeit verursachen, der Verbreitung und dem Umfang des Regenerationsvermögens sowie der Abhängigkeit desselben von Organisation und Lebenslage gehandelt, es obliegt uns nun, das, was durch Regeneration geschaffen wird, also die Produkte der letzteren, die Regenerate näher zu betrachten.

Wie schon eingangs bemerkt wurde, pflegte man in früherer Zeit mit dem Begriff der Regeneration auch stillschweigend die Voraussetzung zu verbinden, daß der Ersatz dem Verluste gleich oder doch annähernd gleich sei, eine Einschränkung, die sich heute nicht mehr aufrecht erhalten läßt, denn wir wissen jetzt längst, daß die Beschaffenheit des Regenerates in vielen Fällen von der Qualität des Verlustes mehr oder weniger, ja selbst gänzlich abweichen kann. Die Natur dieser Differenzen ist sogar sehr mannigfaltig. Immerhin kann es indes als Regel gelten, daß das Regenerat den Defekt ausmerzt, wobei es im Grunde einerlei ist, ob der anatomische Aufbau dabei bis ins einzelne reproduziert wird oder nur in den Hauptzügen sich erneuert, sofern nur die Leistungsfähigkeit des Ersatzes außer Frage steht (normale Regeneration). Beim Eidechschenschwanz z. B. unterbleibt bei der regenerativen Neubildung die Produktion einer richtigen Wirbelsäule im neuen Schwanzteil, der Bau des Regenerates bleibt also hinter der Organisation des verlorenen

Stückes zurück; er wird nur soweit durchgeführt, als es für die funktionelle Betätigung unerlässlich ist, ein Beleg für die Ökonomie der Natur, die den in diesem Falle recht bedeutenden Aufwand für die volle Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes scheut und geschickt auf einfachere Weise dem gegebenen Übelstande zu begegnen versteht. Wohl seltener als die Unterproduktion ist bei der normalen Regeneration die Überproduktion, d. h. in der Regel so viel, daß an Stelle des Verlorenen das doppelte, ausnahmsweise wohl auch einmal ein Mehrfaches der Einbuße regeneriert wird (Superregeneration). Hieher gehören die auf regenerativem Wege entstandenen überzähligen Finger und Zehen, ebenso die mehr oder weniger vollständige regenerative Verdoppelung von Extremitäten, ferner die Zwei- und Mehrfachbildungen von Köpfen und Schwänzen und ähnliche Vorkommnisse. Im freien Naturstande sind Superregenerationen allerdings nicht gerade häufig, auf künstlichem Wege dagegen lassen sie sich bei geeigneten Objekten verhältnismäßig leicht erzielen und sogar im Hinblick auf die Beschaffenheit ihrer Produkte beeinflussen. So kann man, um wenigstens ein Beispiel anzuführen, bei gewissen Strudelwürmern (*Planaria*) mehrköpfige oder mehrschwänzige Regenerate sozusagen jederzeit durch eine bestimmte Versuchsanordnung hervorbringen. Es leuchtet ein, daß superregenerative Neubildungen, namentlich dann, wenn sie die mit dem Verluste ausgefallene Funktion nicht oder nicht voll zu ersetzen vermögen — und das ist wohl zumeist der Fall — als Mißbildungen erscheinen. In der Tat haben wir in der Superregeneration eine Art Mittelding zwischen normaler und typischer teratologischer Regeneration vor uns; letztere produziert nämlich lediglich Neubildungen, die weder in dem Rahmen der Organisation des regenerierenden Tieres selbst sich einfügen lassen, noch im normalen Aufbau anderer Tiere vergleichbare Analoge finden; sie sind durchaus Fremdbildungen. Das künstliche Hervorrufen von Monstrositäten im weitesten Sinne des Wortes mag der oberflächlichen Betrachtung als wissenschaftliche Spielerei erscheinen, tatsächlich ist damit eine Erkenntnisquelle gefaßt worden, die auch für das Studium der Ursachen, die das regenerative Geschehen bestimmen, bedeutungsvoll ist.

Von besonderem Interesse in theoretischer Hinsicht ist schließlich eine Gruppe von Regeneraten, deren Kenntnis erst der jüngsten Zeit angehört, ich meine die sogenannten Heteromorphosen (heteromorphe Regeneration). Das Charakteristische dieser Art von Ersatzleistung besteht darin, daß an Stelle des verlorenen Organes zwar etwas anderes reproduziert wird, dieses andere ist aber ein mehr oder weniger normal gebautes und daher wohl auch stets funktionsfähiges Gebilde, das entweder dem betroffenen Tiere nach seiner Organisation immerhin angehört oder doch einem bei verwandten Formen vorhandenen Organe entspricht. Für das erstere Verhalten liefert ein Krebs, die Garneele (*Palaemon*) das geeignetste Beispiel; dieses Tier regeneriert an Stelle eines abgeschnittenen Auges ein anderes Sinnesorgan, das seinem Baue nach im Wesentlichen eine Antennula darstellt, wie sie diesem Arthropoden selbst normal eigen ist (aberrative Regeneration). Das letztere Verhalten illustriert die Krebschere. Wir haben schon davon berichtet, daß gerade für dieses Organ vielfach eine sehr starke Reproduktionsfähigkeit besteht. Man hat nun beobachtet, daß bei der Regeneration von Scheren bei gewissen (russischen) Flußkrebsen (*Astacus*) der Bau der Ersatzschere mehr oder weniger von dem der verlorenen Schere differiert, und zwar in einer bestimmten, gleich näher zu bezeichnenden Richtung. Von den verschiedenen *Astacus*-Arten, die in Rußland einheimisch sind, hat sich herausgestellt, daß *Astacus leptodactylus* höchst wahrscheinlich die Stammform aller russischen Flußkrebsformen repräsentiert, während der wohlbekannte gemeine Flußkrebs (*Astacus fluviatilis*) als eine jüngere, aus jener hervorgegangenen Spezies zu betrachten ist. Die Scherenformen der beiden genannten Arten zeigen in ihrer typischen Gestaltung sehr charakteristische Unterschiede, bei der Regeneration aber stellt sich die merkwürdige Erscheinung ein, daß die von *Astacus leptodactylus* reproduzierten Scheren genau wieder nach dem Typus ihrer Art, die von *Astacus fluviatilis* erzeugten Ersatzscheren dagegen von der ursprünglichen Form abweichend, und zwar ganz unverkennbar in der Richtung nach dem Typus von *Astacus leptodactylus* abweichend, gebaut sind. Kurz gesagt: *Astacus leptodactylus*

regeneriert leptodactylus-, *Astacus fluviatilis* aber nicht fluviatilis-, sondern ebenfalls leptodactylus-Scheren. Hält man damit zusammen, daß bei den hier in Rede stehenden Vorkommnissen nicht die Schere allein, sondern die betreffenden Extremitäten an einer zudem präformierten Nahtstelle verloren zu gehen pflegen, so läßt sich nicht in Abrede stellen, daß es sich bei unserer Sache um eine relativ alte Einrichtung handeln muß, die möglicherweise erst von *Astacus leptodactylus* erworben, jedenfalls aber von diesem auf *Astacus fluviatilis* vererbt worden ist. In dem skizzierten Zusammenhange erscheint die Regeneration von leptodactylus-Scheren von Seiten des *Astacus fluviatilis* notwendigerweise als ein Rückschlag auf die Stammform, als ein Atavismus (atavistische Regeneration). Es muß einstweilen dahingestellt bleiben, ob nicht auch die aberrative Regeneration in derselben Weise aufzufassen ist, was zwar keineswegs unwahrscheinlich ist, aber sicherlich triftigerer Beweise bedarf, als zur Zeit vorliegen.

Nachdem wir im vorstehenden gewissermaßen Ausgang und Resultat der Regenerationsprozesse erörtert haben, läge es nahe, diese Prozesse selbst etwas näher anzusehen. Das ist nun freilich nicht möglich, denn eine solche Darstellung müßte bei den tiefgreifenden Verschiedenheiten im Baue der zahlreichen Objekte notgedrungen äußerst umständlich werden. Jede Tiergruppe verhält sich da entsprechend ihrer Organisation und gemäß der Natur des Verlustes anders; man denke nur an die Unterschiede, die dem Wesen der Sache nach zwischen der Regeneration eines Polypenköpfchens und der eines Eidechschwanzes oder eines Seesternarmes oder eines Arthropodenbeines u. s. w. bestehen müssen. Allgemeingiltiges ist unter diesen Umständen kaum feststellbar; was sich in dieser Hinsicht aussagen läßt, ist — cum grano salis — etwa folgendes: Die regenerativen Prozesse werden in der Regel durch einen Vorgang, den man als Wundheilung bezeichnen kann, eingeleitet. Verschuß der Wundfläche gegen die Außenwelt und Säuberung der Wunde von Fremdkörpern und unverwendbaren Resten der eigenen Leibessubstanz sind dabei die wesentlichsten Aufgaben. Ist im Wundareal auf diese Weise glatte Bahn für die Regeneration geschaffen, so setzt diese mit der Produktion

von indifferentem Zellenmaterial ein, das zum Aufbau der Regenerationsknospe, wie man das junge Regenerat zu nennen pflegt, zu dienen bestimmt ist. Es folgt die Differenzierung der produzierten Zellenmassen, zunächst meist in organogenetischer, weiterhin auch in histogenetischer Beziehung, wobei die alten Organe und Gewebe des Stammstückes in sehr wechselndem Ausmaße zur Mitwirkung herangezogen werden. Die letzte Etappe der Regeneration endlich zielt auf die formale Egalisierung des Regenerates zur gesetzmäßigen Norm ab und umfaßt keineswegs immer nur einfache Größenzunahme bedingende Wachstumsvorgänge, sondern vielfach auch Gestaltungsprozesse, wie denn die Erlangung der definitiven Färbung zu meist den Schlußpunkt des ganzen Geschehens zu repräsentieren pflegt. An der von der Norm abweichenden Färbung bleiben daher auch regenerierte Teile eines Tieres als solche in der Regel am längsten kenntlich.

Durch das eben Mitgeteilte erweist sich die Richtigkeit unserer eingangs gemachten Aussage, daß jede Regeneration einen Bildungsvorgang darstellt. Bei dem Ausmaße, das die Regenerationsfähigkeit zahlreicher Tiere auszeichnet, bieten die Ersatzleistungen derselben ebensoviele mehr oder weniger umfassende Organogenesen dar, die sich den Organbildungen auf embryonalem (ontogenetischem) Wege an die Seite stellen. Lange Zeit hat man, von der Meinung ausgehend, es könne für die Entwicklung eines Organes (oder Organteiles) im Tierreich nur eine Bildungsweise geben, nämlich die embryonale, stillschweigend angenommen, daß auch die regenerative Neubildung dieselben Bahnen wandle wie die Ontogenie, d. h. hier wie dort dasselbe Organ aus den gleichen Grundlagen hervorgehe. Die Forschung der jüngsten Zeit hat gelehrt, daß, so sicher jene Übereinstimmung im großen und ganzen zutreffen mag, dieselbe doch keineswegs eine ausnahmslose ist. Die Embryonalentwicklung mit ihrer festgefüigten, starren Gesetzmäßigkeit entbehrt der Freiheit, deren sich die Natur bei der regenerativen Gestaltung zum Besten ihrer Geschöpfe zu erfreuen vermag.

Werfen wir zum Schlusse noch einen Blick auf das Ganze

der tierischen Regeneration, so ist zunächst festzustellen, daß Regenerationsfähigkeit eine durchaus allgemeine Eigenschaft des tierischen Lebens ist. Das bezeugt die physiologische Regeneration, die mit dem Leben selbst gegeben ist. Was aber die fakultative Ersatzleistung angeht, zumal diejenige im freien Naturstande, so ist das Gros derselben in Ansehung ihrer biologischen Abhängigkeit wohl sicher als Anpassung an die Lebenslage zu betrachten, wie dies zuerst von Weismann dargelegt worden ist.¹ Daß daneben Regenerationsmöglichkeiten bestehen, die heute im Naturleben keine Rolle spielen, aber künstlich zur Betätigung gebracht werden können, ist aus Eigentümlichkeiten der Organisation im weitesten Sinne dieses Wortes wohl unschwer zu verstehen; sie bedeuten keinen Widerspruch gegenüber jener anderen Auffassung, denn gerade die früher erörterten Abhängigkeitsverhältnisse geben Spielraum für beide. Aus demselben Gesichtspunkte ist auch der Mangel an (accidentellen) Regenerationsvermögen, der trotz der eminenten Nützlichkeit des letzteren für die Selbsterhaltung so vielen Tieren, und gerade den höchststehenden, eigen ist, zu beurteilen. Restlos freilich ist damit auch diese Seite des komplexen Regenerationsproblems keineswegs erledigt.

Endlich habe ich — last not least — noch einer Eigenschaft aller normalen Regenerationen zu gedenken, nämlich ihrer zielstrebigem Zweckmäßigkeit. Diese ist denn auch in unserer Zeit zum Anlaß geworden, das Regenerationsphänomen als entscheidendes Beweismittel für vitalistische Erklärungsversuche heranzuziehen. Wenn es auch in keiner Weise meine Absicht sein kann, hier auf die letzten Probleme des Lebens eingehen zu wollen, so ist die Sache doch zu wichtig, um sie einfach zu übergehen. Ein paar Bemerkungen wenigstens mögen daher noch gestattet sein. Zunächst kann wohl kaum zugegeben werden, daß gerade die Erscheinung der Regeneration in irgend einer Hinsicht aus dem Rahmen der allgemeinen Lebensprobleme, wie Individualität, Selbsterhaltung, Zeugung

¹ Vergl. A. Weismann: Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung, Jena 1892, Seite 124 u. ff. — und: Vorträge über Descendenztheorie etc., Jena 1902, Bd. 2, Seite 1 u. ff.

und viele, viele andere herausfiele und deshalb eine Erklärung sui generis erheischte. Aber wollte man selbst für alle diese Probleme das prinzipielle Zugeständnis einer vitalistischen Erklärungsberechtigung einräumen, was wäre damit gewonnen? Nicht die Lösung einer Frage, denn weder das psychoteleologische Prinzip des Neolamarckismus, noch die gewiß mit großem Scharfsinn wiedererweckte Aristotelische Entelechie oder was sonst noch in dieser Richtung an Erklärungsformeln im Laufe des letzten Jahrzehnts produziert worden ist, sind imstande, wirkliche Erklärungen zu bieten. Gerne glauben wir der Versicherung, daß es bei all diesen „Prinzipien“ durchaus mit natürlichen Dingen zugehe, und zweifeln keinen Augenblick daran, daß die „Lebensautonomie“ ebenso natürlich und in ihrer Wirkungsweise gesetzmäßig gedacht sei, wie wir dies in der physikalisch-chemischen Welt zu tun gewohnt sind. Aber was nützt eine Erklärung, die tatsächlich doch keine ist, denn nicht eines jener Prinzipien kann seinem Wesen und Wirken nach verständlich gemacht werden, an die Stelle des einen Unbekannten tritt vielmehr ein anderes, das nicht minder rätselhaft ist wie jenes. Gewiß, wir müssen bekennen, die mechanistische Naturerklärung vermag dermalen die in Rede stehenden Probleme nicht zu lösen und ob sie es in Hinkunft können wird, ist heute nicht mit zwingenden Argumenten zu entscheiden möglich. Aber das sieht schlimmer aus, als es in Wirklichkeit ist. Ich habe schon bei einer anderen Gelegenheit einmal der Ansicht Ausdruck gegeben¹, daß der altneue Streit zwischen Mechanismus und Vitalismus nach dem ganzen Zustande unseres biologischen Wissens (heute noch ebenso wie einst) nur eine Angelegenheit der wissenschaftlichen Methodik und nicht der wissenschaftlichen Erkenntnis sein könne. Welche Annahme da aber die fruchtbarere war und ist, die vitalistische oder die mechanistische, das lehrt jedem Unbefangenen deutlich genug die Geschichte der wissenschaftlichen Biologie. Ich sehe keinerlei Anlaß, von diesem Standpunkte abzugehen, und muß gestehen, daß mir auch in der Biologie den letzten Dingen gegenüber angemessener als die herrlichsten und geistvollsten

¹ Siehe: Zoologisches Zentralblatt, Bd. 12 (1905), Seite 615.

Hypothesen das ehrliche Eingeständnis erscheint, daß wir auf diese vitalsten Fragen eine zureichende Antwort zu geben derzeit außerstande sind. „Die Natur ist doch das einzige Buch“ — schrieb Goethe 1787 aus Neapel — „das auf allen Blättern großen Gehalt bietet.“ Ich meine, es gibt der Blätter genug in diesem Buche, die uns noch unbekannt sind, aber weit näher liegen, als just gerade das — letzte Blatt.

5. Versammlung am 14. März 1908.

Herr Professor Dr. Robert Kremann sprach:

Über die katalytischen Erscheinungen.

Ich habe heute die Ehre, Ihnen über ein Kapitel meines speziellen Forschungsgebietes, über die katalytischen Erscheinungen zu berichten.

Von allen mehr oder minder abstrakten Kapiteln der physikalischen Chemie werden gerade die katalytischen Erscheinungen ein allgemeines Interesse verdienen, da, wie wir im folgenden sehen werden, vielerlei Berührungspunkte zu finden sein werden mit dem täglichen Leben, der Technik, ja selbst mit dem Lebensprozeß in unserem eigenen Organismus.

Bevor wir nun auf das eigentliche Kapitel katalytischer Erscheinungen übergehen, gestatten Sie mir einige einleitende Bemerkungen. Es ist Ihnen ja gewiß allen geläufig, daß jede Erscheinung zu ihrer Vollendung eine gewisse Zeit braucht. Diese Zeit wird natürlich bei der Fülle der uns im Leben entgegnetretenden Erscheinungen in den allerweitesten Grenzen variieren, verschiedener Größenordnung sein.

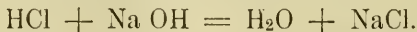
Die eine Erscheinung, z. B. das Niederbrennen eines Holzhaufens braucht zu ihrer Vollendung eine geraume Zeit, während die Zeit, während welcher eine Sternschnuppe unserem Auge am Firmament sichtbar ist, nur eine relativ geringe ist. Selbst Erscheinungen, die wir im gewöhnlichen Leben als momentane zu bezeichnen gewohnt sind, brauchen zu ihrem Verlaufe eine gewisse Zeit, wenn auch nur eine so kurze, daß wir den zeitlichen Verlauf mit unseren Sinneswerkzeugen nicht ohne weiteres wahrnehmen können und daher den Verlauf als momentanen charakterisieren.

Ich brauche ja bloß an die Tatsache erinnern, daß wir eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes kennen. Dieselbe ist im Verhältnis zu den Geschwindigkeiten anderer Erscheinungen eine so enorm große, daß wir den Zeitpunkt des Entstehens einer Lichterscheinung mit dem Zeitpunkte, in welchem wir uns der Lichterscheinung bewußt werden, identifizieren, die Lichterscheinung als eine momentane Erscheinung empfinden, obwohl wir wissen, daß zwischen beiden eben erwähnten Zeitpunkten eine gewisse, wenn auch enorm geringe Zeit verstreicht.

Ebenso wie wir ganz allgemein die allergrößte Mannigfaltigkeit in den Zeitverhältnissen aller uns entgegretenden Erscheinungen beobachten, so ist dies im besonderen auch bei allen chemischen Erscheinungen der Fall.

Jede chemische Reaktion braucht zu ihrer Vollendung eine gewisse Zeit. Die einen Reaktionen eine so kurze Zeit, daß wir die Reaktion als eine momentan verlaufende bezeichnen, die anderen brauchen eine geraume Zeit, sodaß es gelingt, den zeitlichen Fortschritt der Reaktion bequem zu verfolgen, und wieder andere verlaufen an und für sich so langsam, daß ein Menschenleben nicht ausreichte, den Fortschritt der Reaktion zu konstatieren, hätten wir nicht Mittel in der Hand, die Geschwindigkeit solcher Reaktionen zu beschleunigen.

Bringe ich z. B. Salzsäure mit Natriumhydroxyd (Ätznatron) zusammen, so tritt eine Reaktion ein, der Vorgang der Neutralisation. Es bildet sich unter Wasseraustritt Kochsalz. Da ich wohl Kenntnis der einfachsten chemischen Formeln voraussetzen darf, können wir ihn formulieren:



Natriumhydroxyd hat, wie alle anderen Alkalien, die Fähigkeit, den organischen Farbstoff Phenolphthalein zu röten, während Säuren HCl, NaCl und Salze diese Fähigkeit nicht haben. Wenn ich also NaOH durch Phenolphthalein färbe, so wird die Farbe verschwinden, wenn durch die Salzsäure alles NaOH verbraucht wurde zur Chlornatriumbildung. Ich will Ihnen diesen Versuch vorführen. (Versuch.)

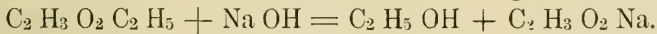
Sie sehen, der Vorgang verläuft so ungemein rasch, daß wir ihn zeitlich nicht verfolgen können; wir haben es also beim

Neutralisationsvorgang mit einer momentan verlaufenden Reaktion zu tun.

Bringe ich z. B. Essigsäure mit Aethylalkohol, Weingeist zusammen, so tritt ein der Salzbildung ganz analoger Vorgang ein. Es wird aus beiden Stoffen Wasser austreten und es bildet sich aus restierenden Bruchstücken der Essigsäure und des Aethylalkohols ein Stoff, der mit anorganischen Salzen, wie Kochsalz, eine gewisse Analogie hat, ein zusammengesetzter Äther oder Ester. Diese Bildung von Estern unter Wasseraustritt erfolgt ganz allgemein aus allen Stoffen von Alkoholnatur und allen Säuren. Ich will nur bemerken, daß die Ester des Alkohols: Glyzerin, mit Stearinsäure, Palmitinsäure und Ölsäure, als Palmitin, Stearin und Olein bezeichnet werden, welche drei Ester zusammen die Bestandteile der tierischen Fette ausmachen.

Die Geschwindigkeit, mit der sich solche Ester bilden, ist enorm geringer als die der Neutralisation. Zur Vollendung braucht diese Reaktion mehrere Tage.

Bringen wir solche Ester, z. B. Essigsäureaethylester mit NaOH-Lösung zusammen, dann tritt eine Reaktion ein, die den Ester spaltet, und zwar in Alkohol und essigsäures Natrium.



Ganz analog verläuft diese Spaltung auch bei Olein, Palmitin und Stearin. Da Gemenge der Natronsalze der Säuren Öl-, Stearin- und Palmitinsäure unsere gewöhnlichen Natrouseifen sind, bezeichnet man den Vorgang als den der Verseifung und ist diese Bezeichnung auf die Spaltung sämtlicher Ester durch Alkalien übergegangen. Also auch die früher formulierte Spaltung des Essigsäureaethyl-Esters bezeichnen wir als Verseifung. Die Verseifung erfolgt bei Zimmertemperatur etwa in einem Tage vollständig.

Ich habe hier durch Phenolphthalein gefärbte Natronlauge. Ich gebe eine Lösung von Essigäther zu, Sie werden sehen, daß während unserer Besprechung keine Farbänderung eintritt. (Versuch.)

Ich sagte schon, daß wir chemische Vorgänge, die enorm langsam verlaufen, beschleunigen können. Vor allem bewirkt dies Temperatursteigerung. Ich setze einen ganz analogen Versuch an wie früher, nur mit dem Unterschiede, daß ich ihn in

ein kochendes Wasserbad, also rund 80° höher stehen lasse. Sie werden sehen, daß nach kurzer Zeit Entfärbung, also vollständiger Verbrauch der vorhandenen Natronlauge eingetreten sein wird. (Versuch.)

Es ist also ein ganz allgemeines Gesetz, daß Temperaturerhöhung die Geschwindigkeit chemischer Vorgänge erhöht, Temperaturniedrigung selbe verlangsamt. Es tritt ungefähr im allgemeinen Verdoppelung der Reaktionsgeschwindigkeit schon bei Erhöhung um 10° ein. Einige Rechenbeispiele mögen Ihnen den ungeheuren Temperatureinfluß, auf chemische Reaktionen, dokumentieren. Wir brauchen diese Vorstellungen zum Verständnis des späteren.

Braucht eine Reaktion bei 20° 15 Minuten, so braucht sie bei 30° 7.5 Minuten, bei 10° jedoch 30 Minuten.

Geht eine Reaktion bei 170° in 15 Minuten vor sich, so ist bei Erniedrigung um 100° eine $2^{10} = 1024$ mal längere Zeit, d. i. in unserem Falle 11 Tage, nötig. Bei 20° , also Erniedrigung der Temperatur um 150° , würde ungefähr ein Jahr nötig sein zur Vollendung des Vorganges.

Sie sehen, wir können durch Temperaturänderung die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen in den allerweitesten Grenzen variieren.

Wir haben jedoch noch ein anderes Mittel in der Hand, die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen zu ändern, in erster Linie zu erhöhen. Es gibt nämlich eine Reihe allerverschiedenster Stoffe, welche die Eigentümlichkeit haben, die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen merklich zu erhöhen, ohne daß sie scheinbar an der Reaktion teilnehmen. Solche Stoffe nennen wir Katalysatoren, die durch dieselben beschleunigten Reaktionen katalytische Reaktionen. Für die Katalysatoren ist es charakteristisch, daß relativ sehr geringe Mengen unverhältnismäßig große Mengen der reagierenden Stoffe stark beschleunigen können.

Wir kommen auf diese Tatsache, die ein Charakteristikum der Katalysatoren ist, noch zurück.

Selbstverständlich wird Ihnen ja von vornherein der Umstand sein, daß die katalytische Wirkung proportional ist der Menge des Katalysators, daß also größere Mengen des Kataly-

sators eine größere Beschleunigung bewirken werden als kleinere. Ich erinnere Sie wieder an die Bildung von Estern aus Säuren und Alkoholen. Ich erwähnte, daß diese Reaktion mäßig schnell verläuft. Durch Zugabe von relativ geringen Mengen von Salzsäure oder Schwefelsäure tritt eine merkliche Beschleunigung ein, und zwar ist sie proportional der Menge der zugesetzten Säure. Säuren wirken also hier katalytisch beschleunigend.

Kochen wir den gebildeten Ester mit Wasser, so zerfällt er unter Wasseraufnahme in Alkohol und Säure. Wir haben es hier mit einer sogenannten umkehrbaren Reaktion zu tun.

Es hängt von den Mengen der reagierenden Stoffe ab, in welchem Sinne sie verläuft: Ist viel Alkohol oder viel Säure im Überschuß da, dann tritt in der Hauptsache Esterbildung ein, ist viel Wasser da, tritt Esterzerfall ein.

$C_2H_3O_2C_2H_5 + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5OH + C_2H_3O_2H$. Es bildet sich ein Gleichgewichtszustand aus.

Wenn wir solchen Ester in wässriger Lösung stehen haben, so bemerken wir, daß es lange Zeit dauert, bis nur geringe Mengen des Esters zersetzt sind. Es ist eben gegenüber dem Kochen mit Wasser infolge der Herabsetzung der Temperatur die Reaktionsgeschwindigkeit des Esterzerfalles herabgesetzt worden. Gleichwohl können wir durch Zusatz von Säuren diese Reaktion katalytisch beschleunigen, sodaß sie auch bei Zimmertemperatur rasch verläuft.

Säuren sind also auch für den Esterzerfall Katalysatoren.

Ich bin auf diesen Fall näher eingegangen, um Ihnen zeigen zu können, daß die allgemeine Regel gilt, daß, wenn eine zu einem Gleichgewichtszustande führende Reaktion durch einen bestimmten Katalysator beschleunigt wird, auch die andere zum Gleichgewichte führende Reaktion durch denselben Katalysator beschleunigt wird.

Ist der eben besprochene Fall der Esterbildung und des Esterzerfalles mehr theoretischer Natur, so wollen wir uns nun im folgenden mit mehr der Praxis entnommenen katalytischen Erscheinungen beschäftigen.

Rohrzucker können wir jahrelang in wässriger Lösung stehen lassen, ohne daß eine Veränderung eintritt. Geringe

Mengen von Säuren bewirken ziemlich rasch „Inversion“ des Rohrzuckers, d. i. Spaltung in Fruchtzucker und Traubenzucker.

Auch hier wirkt die Säure als Katalysator, sodaß der Prozeß in einigen Tagen zu Ende ist.

Knallgas, d. i. ein Gemenge von zwei Volumteilen Wasserstoff und Sauerstoff, wie es durch Elektrolyse von Wasser erhalten wird, können wir jahrelang stehen lassen, ohne daß wir eine merkliche Bildung von Wasser beobachten.

Bringen wir jedoch Platinschwamm, äußerst fein verteiltes Platin in das Gasgemenge ein, so erfolgt infolge der katalytischen Wirkung des Platinschwammes die Wasserbildung momentan, also explosiv. (Versuch.)

Die Wasserbildung erfolgt nämlich aus Knallgas unter Wärmeentwicklung. Bewirkt nun aus einer Stelle des Gasgemisches der Platinschwamm eine katalytische erhöhte Reaktionsgeschwindigkeit, so wird hiedurch die Temperatur gesteigert, die Reaktionsgeschwindigkeit auch hiedurch erhöht, der Katalysator wirkt natürlich weiter und so wird durch die wechselseitige Wirkung beider beschleunigender Ursachen die Geschwindigkeit so enorm gesteigert, daß explosive Vereinigung eintritt.

Säure beim Rohrzucker und Platin beim Knallgas bewirken also anscheinend das Eintreten von ansonsten nicht verlaufenden Reaktionen. Nach dem eingangs Gesagten wird es Ihnen leicht verständlich erscheinen, daß nicht das Eintreten der Reaktion als solcher bewirkt wird, sondern es sich nur um **Beschleunigung** so langsam verlaufender Reaktionen handelt, daß man ihren Fortschritt bei gewöhnlicher Temperatur nur nicht beobachten kann, selbst nach jahrelangem Observieren.

Daß aber wirklich Reaktion erfolgt auch ohne Katalysator, beweisen die Versuche von V. Meyer und Raum.

Auch bei 300° konnte nach wochenlangem Stehen von Knallgas kein Wasser nachgewiesen werden. Als aber die Versuche jahrelang fortgesetzt wurden, konnten nach dieser Zeit Wassermengen, wenn auch nur kleine, nachgewiesen werden.

Wie stark die Geschwindigkeit der Knallgasbildung mit der Temperaturabnahme abnimmt, mögen Ihnen von Bodenstein gelieferte Daten beweisen.

Bei 689° ist die Knallgasbildung unter Anwendung von

Platinschwamm als Katalysator 163 Einheiten, zirka 200⁰ tiefer bei 412⁰ beträgt sie unter gleichen Versuchsbedingungen nur mehr 0·28 Einheiten, die Reaktionsgeschwindigkeit ist also rund 600mal geringer.

Platinschwamm ist ein Katalysator *καταλύτες*.

Fast alle Gasreaktionen werden durch Platinschwamm katalytisch beschleunigt.

Auf einen Fall, der enorm technische Bedeutung hat und eine große Umwälzung in einem Zweige der chemischen Industrie, der Schwefelsäureindustrie hervorrufen wird, sei hiemit aufmerksam gemacht.

Früher erzeugte man die Schwefelsäure, wie Ihnen vielleicht bekannt ist, nach dem sogenannten Bleikammerprozeß, indem man Sauerstoff in Form von Luft, SO₂ und Wasserdampf und Sticcoxyde in Bleikammern einleitete.

Unter dem katalytischen Einfluß der Sticcoxyde vereinigte sich O mit SO₂ zu SO₃ und dieses mit Wasser zu H₂SO₄. Die direkte Vereinigung von SO₂ mit Sauerstoff ohne Katalysator zu SO₃, der wesentlichen Reaktion der Schwefelsäurefabrikation, erfolgt eben bei gewöhnlichen Temperaturen auch bei 400⁰ z. B. noch zu langsam, um sie technisch verwertbar zu machen.

Läßt man aber SO₂ und Luftsauerstoff über Platinschwamm bei 400⁰ streichen, erfolgt die Vereinigung fast momentan und Schwefeltrioxyd scheidet sich ab, welches dann mit Wasser Schwefelsäure liefert. Heute erfolgt die Schwefelsäurefabrikation in den meisten Fällen nach diesem „Kontaktverfahren“. (Versuch.)

Wir kommen im spätern hierauf noch zurück.

Die Wirkung der bekannten Gasselbstzünder beruht ja auch auf einer katalytischen Wirkung von Platinschwamm.

Am Platinschwamm wird die Reaktionsgeschwindigkeit der Verbrennung von Leuchtgas durch Luftsauerstoff lokal erhöht, Wärme entwickelt, der Platindraht glüht und entzündet die Gasflamme.

Viele andere Reaktionen werden, auch solche in wässriger Lösung, durch Platinschwamm katalytisch beschleunigt. So z. B. der Zerfall von Hydroperoxyd, Wasserstoffsperoxyd in Wasser

und Sauerstoff. (Versuch.) Die Fülle solcher katalytischer Erscheinungen ist enorm groß und ich will noch ein aus dem praktischen Leben genommenes Beispiel erwähnen. Die Bildung von Firniß aus Leinöl erfolgt durch Oxydation des letzteren durch Luft-sauerstoff. Diese Reaktion wird durch kleine Mengen von Oxyden des Pb und Mn erfahrungsgemäß beschleunigt, weshalb man dem Leinöl zur Firnißbildung meistens kleine Mengen dieser Oxyde zusetzt.

Eine der wichtigsten katalytischen Erscheinungen beobachten wir beim Gärungsprozeß. Buchner zeigte bekanntlich, daß die Gärung, d. i. der Zerfall von Fruchtzucker in Alkohol und Kohlensäure, nicht durch die Hefepilze selbst erfolgt, sondern durch ein eiweißähnliches Stoffwechselprodukt derselben, die Zymase.

Die Zymase bewirkt hier eben als Katalysator Beschleunigung an und für sich mit enorm geringer Geschwindigkeit vorsichgehenden Zerfalles von Zucker in Alkohol und Kohlensäure.

Solche eiweißartige Stoffe, die durch den Stoffwechsel von Lebewesen entstehen und die Eigenschaft haben, gewisse, an und für sich langsam verlaufende Reaktionen katalytisch zu beschleunigen, nennen wir Enzyme. Von ihnen wissen wir eigentlich nicht viel; wir kennen sie nicht viel mehr als durch ihre Wirkung. Doch diese ist interessant genug.

Die früher erwähnte Inversion von Rohrzucker erfolgt nicht nur durch Säuren allein, sondern auch durch ein bestimmtes Enzym, die Invertase. Ein anderes Enzym, das beim Keimen der Gerste gebildet wird, die Diastase, bewirkt Spaltung von Stärke in Dextrin und Zucker, wodurch erst die Stärke vergärbar wird.

Die Verseifung der tierischen Fette erfolgt in unserem Organismus durch ein Enzym, das Trypsin. Für die Klasse von Katalysatoren, für Enzyme ist charakteristisch, daß sie eine gewisse auswählende Wirkung haben. Sie wissen, daß es neben der alkoholischen Gärung eine Milchsäure, eine Buttersäure, eine schleimige Gärung gibt, für deren Eintritt je eine ganz bestimmte Pilzart nötig ist. Wir werden vom theoretischen Standpunkte dies dergestalt erklären können, daß eben jede

Pilzsorte ein ganz bestimmtes Enzym produziert, das seinerseits nur eine ganz spezifische Wirkung hat. Es verdient ferner hervorgehoben zu werden, daß die Wirkung der Enzyme nicht an das organische Lebewesen gebunden ist. Es handelt sich bei der Beschleunigung langsam verlaufender Reaktionen nur darum, den geeigneten Katalysator zu finden. Und dieser braucht bei den letztgenannten Reaktionen durchaus kein Enzym zu sein, das katalytisch beschleunigt.

Wir können bei der Inversion des Rohrzuckers die Invertase, bei der Verzuckerung der Stärke die Diastase durch Säuren ersetzen.

Ja, man hat Versuche angestellt, die Zymase bei der alkoholischen Gärung durch anorganische Katalysatoren zu ersetzen. Jedenfalls ist es theoretisch nicht ausgeschlossen, bei mancher chemischen Reaktion, die in unserem Organismus durch Enzymwirkung verläuft, das Enzym durch geeignete, rein anorganische Katalysatoren zu ersetzen. Ich möchte an dieser Stelle auf den prinzipiellen Unterschied aufmerksam machen zwischen der Reaktionsbeschleunigung durch Wärmezufuhr einerseits, durch Katalysatoren andererseits.

Im ersten Falle führen wir Energie in Form von Wärme zu. Der Katalysator kann nicht durch Energiezufuhr wirken, was schon daraus erhellt, daß ganz kleine Mengen desselben unverhältnismäßig große Mengen der reagierenden Stoffe zum Umsatz scheinbar **veranlassen**. So kann Invertase nach Thompson die 200.000fache Menge Rohrzucker invertieren, Diastase das 2000fache an Stärke verzuckern, und geringe Mengen Platin bewirken monatelang die Bildung von Schwefeltrioxyd in den Schwefelsäurefabriken nach dem Kontaktverfahren. Der Katalysator wirkt also nicht durch Energiezufuhr reaktionsbeschleunigend. Katalysatoren werden daher nur freiwillig verlaufende chemische Reaktionen beschleunigen können, indem sie den „chemischen Widerstand“, der sich durch freiwilligen Verlauf entgegenstellt, vermindern. Sie können sich die Wirkungsweise des Katalysators in groben Zügen vorstellen, indem Sie ihn mit ein paar Tropfen Schmieröl vergleichen, die den infolge großer Reibungswiderstände langsamen Gang einer Maschine beschleunigt.

Sie können die katalytischen Erscheinungen den Auslösevorgängen zur Seite stellen.

Wasser erstarrt bei 0° zu Eis. Auch unter 0° können wir Wasser in flüssigem Zustand erhalten, wenn wir, abgesehen von anderen Vorsichtsmaßregeln, dafür Sorge tragen, daß kein Kriställchen von Eis mit dem Wasser unter 0° , dem überkalteten Wasser, wie wir es nennen, in Berührung kommt.

Denn dieses würde sofort die Überkaltung aufheben, die einem instabilen Zustande entspricht und den stabilen Gleichgewichtszustand, d. i. Umwandlung in Eis herbeiführen.

Ebenso ist es mit irgend anderen Stoffen, die unter ihrem Erstarrungspunkt flüssig erhalten werden können.

Ich habe hier geschmolzenes essigsäures Natron, das weit unter seinem Erstarrungspunkte noch flüssig ist; gebe ich eine Spur festen Salzes zu (Versuch), so wird momentan Kristallisation eintreten. Wie hier ein freiwillig verlaufender Vorgang sich abspielt, ein Vorgang, der von einem instabilen Zustand in einen stabilen führt, so ist dies auch bei den Katalysatoren. Sie bewirken den Übergang eines nicht stabilen chemischen Systems in ein stabiles und es stellen so die Auslöseerscheinungen eine besondere Unterabteilung katalytischer Erscheinungen dar.

Verehrte Anwesende! Wir sind ausgegangen von der Betrachtung, daß Temperaturerhöhung Geschwindigkeitserhöhung bei chemischen Reaktionen bewirkt, Temperaturerniedrigung Verzögerung. Wir sahen, daß wir die Geschwindigkeit freiwillig verlaufender chemischen Reaktionen auch ohne Energiezufuhr erhöhen können durch Katalyse. Es erhebt sich die Frage, ob wir durch Katalysatoren auch chemische Geschwindigkeiten herabsetzen können. Dies ist in der Tat der Fall. Ist auch die Zahl der negativen Katalysatoren, wie wir diese nennen, gegenüber den früher besprochenen positiven ungleich kleiner, so sind doch mehrfach solche Fälle beobachtet worden.

So wird die Oxydation von weißem Phosphor, die sich durch Leuchten zu erkennen gibt, durch geringe Mengen organischer Stoffe herabgemindert, d. h. das Leuchten des Phosphors hört auf.

Spuren von Nikotin, Benzin, Cyankalium verlangsamen

die Oxydation gewisser oxydierbarer Salze. Bitte auf den Umstand zu achten, daß diese negativen Katalysatoren auch für den menschlichen Organismus Gifte sind. Wir kommen darauf noch zurück.

Eine besondere Klasse von negativen Katalysatoren sind die sogenannten Antikatalysatoren. In diesen Fällen handelt es sich nicht um Verzögerung einer von selbst rasch verlaufenden Reaktion, sondern um Verminderung der Reaktionsgeschwindigkeit einer katalytisch bewirkten Reaktion. Es handelt sich hier um die Konkurrenz zweier entgegengesetzt wirkender Katalysatoren.

Diese Antikatalysatoren haben eine große Rolle bei der Einführung katalytischer Prozesse in der Technik gespielt.

Es zeigte sich, daß geringe Mengen von Fremdstoffen den Katalysator bald unwirksam machten. Beim Schwefelsäure-Kontaktverfahren bewirkten geringe Spuren von As_2O_3 , die mit den Röstgasen der arsenhaltigen Kiese mitgerissen wurden, daß das katalytisch wirksame Platin unwirksam wurde.

In gleicher Weise machten sich solche Vergiftungserscheinungen bei der Katalyse des Knallgases bemerkbar. Ebenso bei der Zersetzung von Hydroperoxyd. Sie sehen hier am Parallelversuch, daß bei Anwesenheit von KcN bedeutend weniger O sich abgeschieden hat.

Es ist von hohem Interesse, daß die meisten hier wirkenden negativen und Antikatalysatoren, Blausäure, Arsensäure, auch die Wirkung von Enzymen vergiften. Die genannten Stoffe sind aber auch Gifte für den menschlichen und tierischen Organismus, ein Umstand, der von besonderer Bedeutung ist und eine Stütze bildet für die früher ausgesprochene Ansicht, daß die Lebensfunktionen im Organismus Enzymwirkungen, also katalytischen Prozessen zuzuschreiben seien, die durch die als Antikatalysatoren wirkenden Gifte verzögert, ja ganz aufgehoben werden können. So erklärt sich auch die Disproportionalität der geringen Mengen von Giften zu ihrer Wirkung. Geringe Mengen von Giften heben die Lebenstätigkeit auf. Ebenso schwächen ganz geringe Mengen von Blausäure die katalysierende Wirkung von Platin. So setzen 10^{-9} g KcN in 1 cm gelöst die Wirkung von $6 \cdot 7$ g Platin auf die Hälfte herab.

Stoffe, die ihrerseits wieder die Giftwirkung aufheben, kennen wir in den in der Medizin angewendeten Antitoxinen.

Unter Berücksichtigung aller nun gewonnenen Ergebnissen der Erforschung katalytischer Erscheinungen können wir die Definition der Katalyse dahin zusammenfassen: Unter Katalyse verstehen wir die Abänderung der Geschwindigkeit einer von selbst, also unter Energieabnahme verlaufenden Reaktion durch einen an der Reaktion selbst nicht teilnehmenden Stoff, der im Verhältnis zu den reagierenden Stoffen nur in unverhältnismäßig geringen Mengen vorhanden ist.

Wenn Sie nun nach der Theorie der katalytischen Erscheinungen fragen, so kann ich Ihnen nur mit drei Erklärungsversuchen antworten, von denen jeder seine Existenzberechtigung besitzt. Eine umfassende Theorie ist heute noch nicht zu geben.

Die einen Autoren sehen in der Wirkungsweise des Katalysators das Spiel von Zwischenreaktionen. Nehmen wir an, es reagiert ein Stoff A unter Bildung von einem Stoff B. Ein Stoff c sei als Katalysator vorhanden. Die Theorie nimmt an und konnte in einzelnen Fällen auch nachweisen, daß die Geschwindigkeit der Bildung eines Zwischenkörpers aus A und dem Katalysator c, sowie dessen Zerfall in B und den nun wieder wirksamen Katalysator c nach dem Schema: $A + c \rightarrow \text{Zwischenkörper} \rightarrow B + c$ rascher verlaufen, als die direkte Reaktion zwischen A und B.

Zur Erörterung der zweiten Theorie, die von Euler aufgestellt wurde, müssen wir einige vorbereitende Worte einschalten.

Wir nehmen an, daß in verdünnter wässriger Lösung Salze, Säuren und Basen als Ionen vorhanden sind, also nach dem Schema: $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$, $\text{Na OH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ zerfallen sind.

Es ist erwiesen, daß bei dem katalytischen Esterzerfall, sowie in allen anderen Fällen, in denen Säuren als Katalysatoren wirken, es die Wasserstoffionen sind, die katalytisch wirken.

Ebenso wirken bei der Verseifung der Ester durch Alkalien nicht die Natronlauge, sondern die Hydroxylionen.

Euler stellte nun die Theorie auf, daß die katalytische Wirkung dadurch zustande komme, daß durch den Katalysator

die Konzentration der reagierenden Jonenarten erhöht würde. Jedenfalls wird diese Theorie die Lösungsmittel-Katalysen gut erklären. Die Verseifung der Ester erfolgt in alkoholischer Lösung etwa 1000mal langsamer als Wasser, vor allem weil in alkoholischer Lösung das NaOH eben nur wenig dissociiert ist. Geringe Mengen von Wasser, etwa ein Prozent, erhöhen die Verseifungsgeschwindigkeit um das Zehnfache, indem das Wasser die Jonenbildung begünstigt. Ferner verdient hier die interessante Tatsache hervorgehoben zu werden, daß Radiumstrahlung die Wasserbildung aus Knallgas katalytisch beschleunigt. Radiumstrahlen jonisieren nur Gase. Also auch hier wird die erhöhte Reaktionsgeschwindigkeit der Erhöhung der Konzentration der reagierenden Jonenarten zuzuschreiben sein.

Schließlich sei noch der Theorie gedacht, welche vor allem bei jenen Reaktionen zutreffen dürfte, in denen z. B. Platinschwamm als Katalysator wirkt, also besonders bei den Gasreaktionen. Diese Theorie nimmt an, daß sich die reagierenden Stoffe an der Oberfläche des Katalysators, also hier Platin verdichten, eine Art feste Lösung bilden und in diesem gewissermaßen konzentrierten Zustande rascher reagieren. Für den großen Wahrscheinlichkeitswert dieser Annahme spricht der Umstand, daß die Esterbildung, wenn wir ihre Geschwindigkeit nicht mit Alkohol und Säure im flüssigen, sondern bei so hohen Temperaturen studieren, daß beide Stoffe, sowie die Reaktionsprodukte Ester und Wasser im gasförmigen Zustande sich befinden, 1000fach langsamer verläuft. Wie also beim Übergang reagierender Stoffe aus dem Zustande der Lösung in den gasförmigen Zustand die Reaktionsgeschwindigkeit abnimmt, so nimmt sie nach obiger Erklärung zu, wenn Gase aus dem gasförmigen Zustande in den der Lösung, im besonderen Fall in den der festen Lösung übergehen. Auf einer ähnlichen adsorbierenden Wirkung, wie sie für solche eben besprochene Katalysatoren angenommen wird, beruht ja auch die Ihnen allen gewiß bekannte Verwendung von fein verteilter Kohle zum Reinigen von Trink- und Abwässern.

Diese Annahme von Oberflächenwirkung bei katalytischen Erscheinungen würde denn auch zwanglos die Wirkung von Antikatalysatoren dahin erklären, daß sich über den Katalysator

gewissermaßen eine unwirksame Haut bildet, die ihn seiner Wirkung entzieht. So würde sich die geringe Menge der Antikatalysatoren erklären, die eine weit größere Menge von Katalysatoren unwirksam machen kann.

Sie werden den Eindruck empfinden, daß die Fülle katalytischer Erscheinungen keine der erwähnten Theorien ganz umfassen kann. In einem Falle wird die eine, im andern Falle wieder eine andere Theorie das Richtige treffen.

Verehrte Anwesende! Wir sind am Schlusse unserer Betrachtungen angelangt. Ich will mich der bescheidenen Hoffnung hingeben, daß unsere gemeinsame Wanderung durch das Gebiet der katalytischen Erscheinungen Sie mit dem Wesen dieser Erscheinungen vertraut gemacht hat, soweit es in der kurzen Zeit eben möglich ist, und Ihnen die allgemeine Bedeutung dieses speziellen Teiles der chemischen Geschwindigkeitslehre für die wissenschaftliche Chemie einerseits, für Biologie und Technik andererseits dargetan hat.

6. Versammlung am 28. März 1908.

Herr Privatdozent Dr. Otto Porsch aus Wien hielt einen Vortrag:

Neuere Untersuchungen über die Insektenanlockungsmittel der Orchideenblüte.

Überblickt man die auf die Anlockungsmittel der Blumen bezüglichen blütenbiologischen Darstellungen, so muß man in den meisten Fällen die Überzeugung gewinnen, daß die auf Insektenbestäubung angewiesenen Pflanzen den durch Farbe oder Geruch oder beides an Ort und Stelle gelockten Insekten in den Blüten bloß Honig oder Pollen darbieten. In unserer heimischen Flora trifft diese Behauptung für die überwiegende Mehrheit ihrer Vertreter ja auch tatsächlich zu. Für die Familie der Orchideen und namentlich deren tropischen Vertreter bedarf jedoch diese landläufige Vorstellung einer wesentlichen Erweiterung. Denn im Verhältnis zum großen Formenreichtum derselben (nach Pfitzer zirka 6—10.000 Arten) fehlt bei einem sehr ansehnlichen Bruchteil ihrer Vertreter bei sonstiger,

zum Teile sogar sehr bedeutender Augenfälligkeit der Blüte in Farbenton und Farbenabstufungen, starker Geruchsentwicklung, sowie sonstiger weitgehender morphologischer, entomophiler Anpassungen jede Spur einer Nektarabsonderung im Bereiche der Blüte. Es liegt daher die Frage nahe, auf welche Weise diese Pflanzen die für die Arterhaltung wichtigen Bestäuber als Ersatz des fehlenden Honigs verköstigen, resp. entschädigen.

Nach den uns gegenwärtig vorliegenden Untersuchungsergebnissen können wir diese Frage kurz dahin beantworten: Bei einer großen Zahl in ihren sämtlichen Blütenmerkmalen hochgradig entomophil angepaßter, im Bereiche der Blüte honigloser¹ Orchideen finden sich in Stellvertretung des fehlenden Honigs folgende vier Honigersatzmittel:

1. Pollenimitation.
2. Blütenwachs.
3. Futterhaare.
4. Futtergewebe.²

Diesen teilweise schon seit lange bekannten Tatsachen wurde bisher in den allgemeinen Darstellungen über die Anlockungsmittel der Blumen keineswegs diejenige Beachtung geschenkt, die sie auf Grund ihrer allgemeinen biologischen Bedeutung verdienen. Dies dürfte zum größten Teile darin seine Erklärung finden, daß die speziellen anatomischen und mikrochemischen Anpassungen dieser Honigersatzmittel, wenige Einzelfälle ausgenommen, bis heute so gut wie nicht untersucht geblieben sind. Weiters wirkte auch der Umstand mit, daß die allgemeinen, auf die Insektenanlockungsmittel der Blumen bezüglichen Darstellungen sich in erster Linie auf die

¹ Ich sage hier absichtlich „im Bereiche der Blüte honigloser Orchideen“, weil eine große Zahl derselben extraflorale Nektarien besitzen, durch welche Ameisen und andere kleine, für die Bestäubung nicht in Betracht kommende Insekten von den Blüten abgelenkt werden.

² Nicht einbezogen wurden hier jene Fälle, wie unsere heimischen Orchis-Arten, bei denen der flüssige Honig aus dem nektarreichen Gewebe zwischen der äußeren und inneren Epidermis des Spornes von den Insekten (hier Hummeln) erst erbohrt werden muß; denn hier handelt es sich ja tatsächlich um Ausbildung bloß tiefer in den Geweben eingeschlossenen Honigs.

heimische, nach dieser Richtung hin beststudierte Flora beziehen. Ich will daher im folgenden versuchen, die wichtigsten Honigersatzmittel der Orchideen nach den in der Literatur vorliegenden Angaben, sowie zum größeren Teile nach den Ergebnissen meiner eigenen, in extenso teilweise noch nicht publizierten Untersuchungen¹ kurz zu erläutern.

1. Pollen-Imitation.

Der erste und eingehendste Nachweis von Pollenimitation bei Orchideen geht auf Janse zurück, welcher dieselbe für *Maxillaria Lehmanni* Rehb. f. und *M. venusta* Linden et Rehb. f. nachwies. Außerhalb der Orchideen wurde dieselbe Tatsache von Penzig für die Rubiacee *Rondeletia strigosa* Benth. erwiesen. Weitere diesbezügliche Angaben machten Fritz Müller und Saunders über die Orchideengattung *Polystachya*.² Bezüglich letzterer Gattung ergab meine Nachuntersuchung ebenso wie für *Maxillaria Lehmanni* eine volle Bestätigung der vorliegenden Angaben.

In allen bisher bekannten Fällen kommt die frappante Pollenähnlichkeit dadurch zustande, daß das Labellum (bei *Rondeletia* der Blütenschlund) mit einer dicken, mehligem

¹ Vergl. v. Wettstein, Vegetationsbilder aus Südbrasilien, Wien 1904, p. 30. Porsch, Die Anlockungsmittel der Blumen im Lichte neuerer Forschung. Mitteil. d. naturwiss. Ver. d. Universität Wien, II, 1904, p. 52. Beiträge zur „histologischen Blütenbiologie“ I. Über zwei neue Insektenanlockungsmittel der Orchideenblüte. Österr. bot. Zeitschr. 1905, Nr. 5 ff., II. Weitere Untersuchungen über Futterhaare. Dasselbst 1906, Nr. 2 ff. Orchidaceae in v. Wettstein, Ergebnisse der botanischen Expedition d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. nach Südbrasilien. Denkschr. d. Wiener Akad. LXXIX. 1908. Futtergewebe als Honigersatz, Verhandl. d. Ges. deutscher Naturforscher und Ärzte, 78. Versammlung in Stuttgart, Leipzig 1907, II. Teil. 1. H., p. 288–290. Die Honigersatzmittel der Orchideenblüte. Erläuterungen zu Kny's botan. Wandtafeln, XII. Abteil., Taf. CXI und CXII, Berlin 1908.

² Janse, Imitierte Pollenkörner bei *Maxillaria spee*, Bericht d. deutsch. botan. Gesellschaft, IV, 1886, p. 277. Penzig, Note di biologia vegetale, II, Sopra un nuovo caso d'imitazione di polline. Atti della Soc. Lig. di Sc. nat. e geogr. VI. F. Müller, briefl. Mitteil. an H. Müller in dessen „Befruchtung der Blumen“. Leipzig 1873, p. 86. Saunders Refugium botanicum II, 1869, Taf. 80–81.

Schicht zahlloser einzelner plasma- und stärkereicher Zellen bedeckt ist, welche in ihrer Gesamtheit für das unbewaffnete Auge eine gelbe oder gelblichweiße flockige Masse bilden. Wie die mikroskopische Untersuchung ergab, handelt es sich hiebei um losgelöste Zellen vielzelliger Haare. In jüngeren Entwicklungsstadien sind diese Zellen rosenkranzförmig aneinandergereiht und bilden später nach ihrer Loslösung die den Pollen vortäuschende Insektenlockspeise. Wie groß die Pollenähnlichkeit derselben sein kann, dürfte aus der folgenden, auf *Maxillaria Lehmanni* bezüglichen Schilderung Janses hervorgehen. Janse sagt (l. c. p. 279): „Die Ähnlichkeit mit gewöhnlichem Pollen, wie er sich z. B. an erst vor kurzem geöffneten großen Antheren von Monokotylen, wie *Tulipa*, *Iris* u. a. zeigt, war so frappant, daß mein erster Gedanke war, daß ich in dieser Pflanze eine Orchidee sah, der die Pollinien fehlten, welche aber anstatt derer freie Pollenkörner gebildet hatte, wie in der großen Mehrzahl der anderen Blumen. Diese Meinung mußte aber sogleich fallen, als ich gleich nachher ohne Mühe das normale *Gynostemium* mit den beiden völlig normal gebildeten Pollinien zu Gesichte bekam.“ In demselben Sinne spricht sich Penzig bezüglich *Rondeletia* aus, welcher mitteilt, daß er in der Meinung, Pollen für ein Pollenpräparat eingesammelt zu haben, erst durch die genaue mikroskopische Untersuchung auf den wahren Sachverhalt aufmerksam wurde.

2. Blütenwachs.

Die Ausbildung von Blütenwachs, respektive dessen Bezug seitens der Insekten wurde zuerst von v. Wettstein bei *Ornithidium divaricatum* Barb. Rodr. in Südbrasilien am natürlichen Standorte der Pflanze direkt beobachtet. Wie mir der Autor freundlichst mitteilte, wurde er durch die Beobachtung, daß ein Insekt mit einem weißen Gebilde von der sonst wenig auffälligen Blüte dieser Art wegflog, auf die Tatsache überhaupt erst aufmerksam. In Diagnosen wurde die Wachsabscheidung überdies für zwei weitere Arten der Gattung (*O. flavoviride* Barb. Rodr. und *O. ceriferum* Barb. Rodr.) von Barbosa Rodrigues und Cogniaux beschrieben.

Die anatomische und mikrochemische Seite der Frage wurde von mir und Dr. Fahringer eingehender untersucht.¹

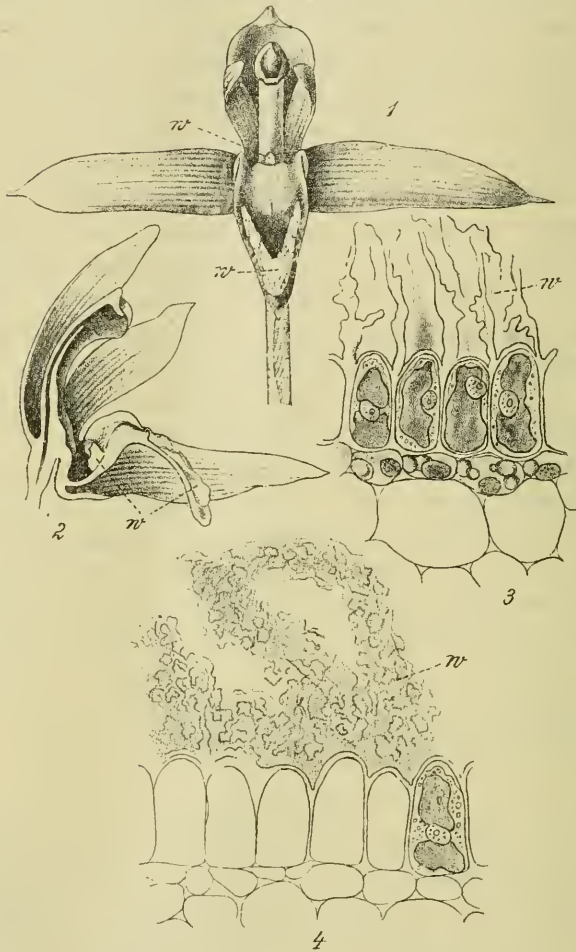


Fig. 1. *Ornithidium divaricatum* Barb. Rodr.

1. Ganze Blüte, von vorne gesehen; w = Wachsbelag. 2. Längsschnitt durch die Blüte; c = Callus. w = Wachs. 3.—4. Teil eines Querschnittes der Wachs sezernierenden Region des Labellums; e = die Wachs liefernden Epidermiszellen, w = von diesen ausgeschiedene Wachsschichten.

¹ v. Wettstein, Vegetationsbilder aus Südbasilien, 1904, p. 30. Barbosa Rodrigues, Gen. et spec. Orchid. nov. II. 1881, p. 209. Cogniaux in Flora brasil. III. 6. 1904—06, p. 96—97. Porsch, l. c. 1905.

Wie aus Figur 1 ersichtlich, wird das Wachs (*w*) an zwei Stellen des Labellums abgesondert, nämlich an der Basis desselben unterhalb der kahlen herzförmigen Schwiele (*c*) und in der vorderen Hälfte des Mittellappens in Gestalt eines römischen V. Dabei hebt sich die in verschiedenen großen Schollen aufsitzeude, im Leben weiße Wachsmasse von dem chokoladebraunen Grundton des Labellums und den grünen Sepalen und Petalen deutlich ab. Daß es sich tatsächlich um vegetabilisches Wachs handelt, konnte ich sowohl durch die chemischen Reaktionen, Löslichkeitsverhältnisse und das optische Verhalten, sowie durch die Art der Sekretion nachweisen, welche seitens der Epidermiszellen (*e*) in der für Wachs charakteristischen Weise erfolgt (vergl. Fig. 3 der nebenstehenden Textabbildung). Die Blüte liefert also denjenigen Stoff, welchen sich die Insekten sonst für ihren Zellenbau selbst bereiten müssen, als Anlockungsmittel fix und fertig, und zwar an solchen Stellen des Labellums, daß der normale Bezug desselben seitens der Insekten der Pflanze die Fremdbestäubung sichert.

3. Futterhaare.

Bei vielen Arten der verschiedensten tropischen Orchideengattungen (*Maxillaria*, *Bifrenaria*, *Oncidium*, *Pleurothallis*, *Spiranthes* und vielen anderen) wird die Rolle des fehlenden Honigs durch eigene Haarbildungen vertreten, welche ich auf Grund des Studiums ihrer histologischen und mikrochemischen Anpassungen als „Futterhaare“ bezeichnete. Mit Rücksicht auf den beschränkten Raum dieser Erläuterungen gebe ich hier nur die genaue Besprechung der Futterhaare der in Fig. 2 abgebildeten *Maxillaria rufescens* Lindl. und eine kurze Charakteristik der allgemeinen Bautypen der übrigen Fälle und verweise bezüglich aller weiteren Details auf meine oben zitierten Originalarbeiten.

Der allgemeine Blütenbau von *M. rufescens* Lindl. ergibt sich aus Fig. 2 (1—2) von selbst. Das dreilappige, im Leben goldgelbe und dunkel schmutzig purpurn gefleckte Labellum wird im Mittelfelde zu zwei Drittel seiner Längenausdehnung von einer samtartigen, hell- oder schmutziggelben Erhebung (*c*) eingenommen, welche parallel zur Längsachse

derselben verläuft (Fig. 2, 2—3). Die mikroskopische Untersuchung dieses „Callus“ der deskriptiven Systematik ergibt,

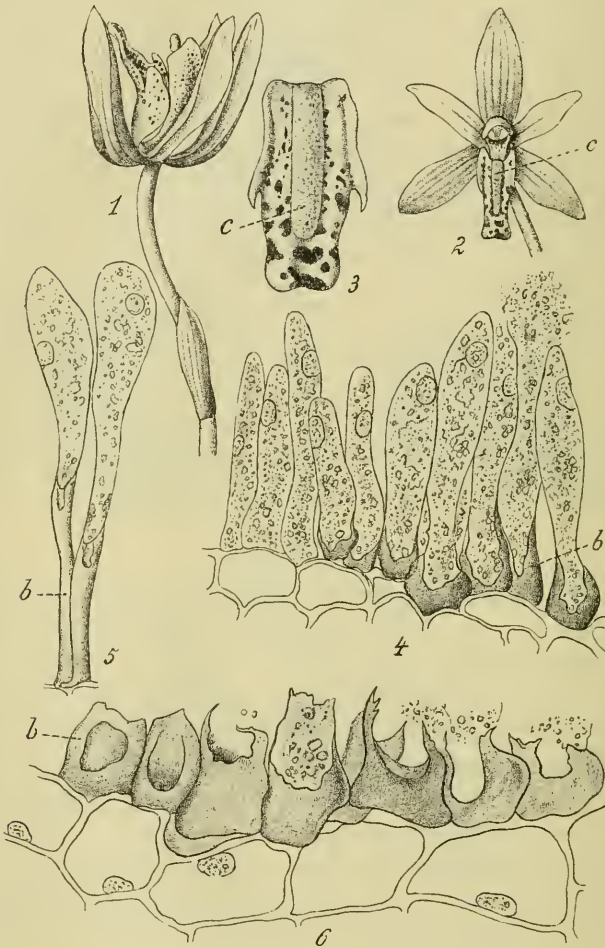


Fig. 2. *Maxillaria rufescens* Lindl.

1. Ganze Blüte von der Seite. 2. Dieselbe von vorne; c = Futterhaarcallus.
3. Labellum mit dem Futterhaarcallus (c).
- 4.—6. Futterhaare; b = basale Membranverdickungen.

daß derselbe aus Tausenden von Futterhaaren besteht, welche so dicht aneinander gedrängt stehen, daß man nicht nur bei

Beobachtung mit dem freien Auge, sondern selbst bei stärkerer Lupenbeobachtung eine solide, einheitlich samtglänzende Längschwiele vor sich zu haben glaubt. Die einzelnen Haare sind einzellig, keulen- oder schlauchförmig, gerade oder schwach gekrümmt (Fig. 2, 3—4). Die in der Mitte stehenden Haare sind am längsten; gegen den Rand zu nehmen sie etwas ab. Von besonderem Interesse sind ihr Inhalt und ihre Membran.

Die Haarzelle ist dicht mit Plasma gefüllt und enthält zahlreiche, verschieden große und verschieden gestaltete, stark lichtbrechende Körperchen, zwischen denen in großer Zahl kleine Fettkügelchen suspendiert sind. Wie die Behandlung mit Salpetersäure, Millon'schem und Raspail'schem Reagens, Jodpräparaten, Pikrinsäure, eiweißfärbenden Farbstoffen u. s. w. ergibt, stellen diese Einschlüsse chemisch konzentrierte Eiweißkörper dar. Ebenso ergab sich die Fettreaktion der Fettkügelchen bei Behandlung mit Osmiumsäure und Alkannatinktur; dagegen waren weder Stärke noch Zucker nachweisbar. Die Futterhaare dieser Art sind also im entwickelten Zustande vollgepfropft mit Eiweiß und Fett, führen dagegen weder Stärke noch Zucker, stimmen also in ihren plastischen Inhaltsstoffen vollständig mit den Müller'schen und Belt'schen Körperchen überein.

Ein weiteres Interesse beansprucht die Membran der Futterhaare. Derjenige Teil der Haarzelle, welcher die Hauptmasse der Nahrungsstoffe einschließt, ist so auffallend dünnwandig, daß sich die Membran bloß bei Anwendung stärkerer Vergrößerungen überhaupt erst deutlich doppelt konturiert erweist. Sie besteht nach ihrem Verhalten gegenüber Chlorzinkjod, sowie Jod und Schwefelsäure aus reiner Cellulose. Den denkbar schärfsten Kontrast hiezu bilden dagegen die Basalteile der Haare. In der untersten basalen Region ist die Membran auffallend stark verdickt und, wie die Behandlung mit Chlorzinkjod und Kalilauge zeigt, sehr stark kutinisiert. Schon an den frischen Schnitten treten diese basalen Membranverdickungen als sehr stark lichtbrechende, schmutzig- bis braungelbe, von der übrigen Membran scharf abgegrenzte Bildungen deutlich hervor (Fig. 2, 4—6). Dabei gehen diese Verdickungen seitlich ziemlich unvermittelt, beinahe plötzlich in die dünnen Partien der Membran über.

Durch diese Membrandifferenzierung wird ein doppelter Effekt erzielt. Vor allem wird dadurch eine histologisch präformierte, scharf begrenzte Abbruchzone geschaffen, welche nicht nur das Abreißen der Haare wesentlich erleichtert, sondern auch gleichzeitig bewirkt, daß die gesamte, die für das Insekt wichtigen Nährstoffe enthaltende Partie des Haares beim Abreißen dem Insekte zugute kommt. Weiter wird dadurch das unterhalb der Haare gelegene, diese Nährstoffe für die noch jungen Haare verarbeitende und liefernde Gewebe vor jeder ernststen Beschädigung und damit Funktionsstörung seitens der Insekten bewahrt.

Wie prompt diese Einrichtung tatsächlich in dem ange deuteten Sinne funktioniert, geht daraus hervor, daß es selbst bei vorsichtigster Behandlung sehr schwierig ist, dünne Freihandschnitte mit unverletzten Haaren zu erhalten und sogar an Mikrotomschnitten nach vorheriger Paraffineinbettung beinahe sämtliche Haare an den präformierten Abbruchstellen abreißen (Fig. 2, 6). Den Müller'schen und Belt'schen Körperchen gegenüber bedeuten diese Organe durch die geschilderten Merkmale nicht nur einen ganz gewaltigen Fortschritt in der Anpassung an ihre Funktion, sondern auch dadurch, daß hier alle die geschilderten Einrichtungen in einer einzigen Zelle vereinigt sind.

Bei den meisten übrigen untersuchten Arten sind die Haare vielzellig, im einzelnen jedoch nach verschiedenem Typus gebaut. Bei *M. villosa* Cogn. und *M. iridifolia* Reichb. fil. führt jede Zelle der 3—8-, resp. 4—5 zelligen Haare je ein großes Eiweißkrystalloid. Das Abreißen wird hier durch den Kontrast zwischen der Membrandicke der dünnwandigen Basalzelle und jener des darunterliegenden dickwandigen Grundgewebes erleichtert. Bei *M. ochroleuca* Lodd. und *M. porphyrostele* Reichb. fil. wird die Basalzelle des mehrzelligen Haares von den Nachbarzellen gestützt, welche das Haar vor dem Umfallen schützen. Bei ersterer Art sind diese Stützzellen blasig entwickelt und heben durch ihr Längenwachstum die flaschenförmige Basalzelle des dreizelligen Haares empor, sodaß das Insekt das Haar bloß aus der Mitte seiner basalen Stützzellen herauszuziehen braucht. Bei der weiten

Verbreitung der Futterhaare sind bei weiterer Untersuchung derselben noch viele andere interessante Bautypen zu erwarten.

Bei den *Oncidium*-Arten der Sektion *Pulvinata* stehen die Futterhaare an der Basis des Labellums zu einem polsterförmigen Callus dicht zusammengedrängt. Als Typus möge die in Fig. 3 abgebildete Blüte von *Oncidium pulvinatum* Lindl. dienen. Hier erscheint der aus den zahlreichen einzelligen Futterhaaren gebildete Callus (Fh) im Leben als weißer Polster mit meist drei gelben Querreihen. (In der Abbildung durch dunkleren Ton angedeutet.) Diese gelben Querreihen kommen dadurch zustande, daß die für die Insekten bestimmten, in ihnen liegenden Futterhaare außer den Nährstoffen noch gelbe Chromatophoren führen.

Anhangsweise sei erwähnt, daß auch im Bereiche der heimischen Flora Futterhaare vorkommen, deren

Nahrungsbezug seitens der Insekten von verschiedenen Autoren direkt beobachtet wurde, so von H. Müller, Kerner, Gradmann u. a. Bekannt sind dieselben, um nur einige Beispiele zu zitieren, für *Cypripedilum calceolus* L., *Verbascum*-Arten, *Portulaca oleracea* L., *Anagallis*. Ihre Funktion ist wahrscheinlich für *Aristolochia*, *Cyclamen*, *Pinguicula alpina* u. a.¹

4. Futtergewebe.

Als letztes und wohl verbreitetstes Honigersatzmittel verdienen noch die Futtergewebe eingehender besprochen zu werden.

¹ Genaue Literaturangaben in meiner oben zitierten Arbeit in Österr. botanischer Zeitschrift 1906.

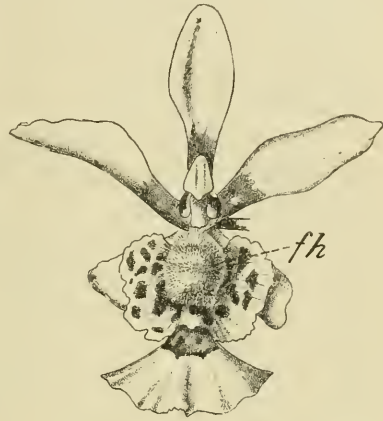


Fig. 3. Blüte von *Oncidium pulvinatum* Lindl. in zweifacher Vergrößerung.
fh = Futterhaarcallus.

Unter dieser Gesamtbezeichnung fasse ich im folgenden alle jene einheitlichen Gewebekomplexe der Blüte zusammen, welche sich auf Grund eigener histologischer und chemischer Merkmale sowie ihrer Lage als hochgradig angepaßte Insektenlockspeise erweisen.¹ In ihrer äußeren Form sind die Futtergewebe bei den einzelnen Gattungen sehr verschieden. Am häufigsten erscheinen sie in Gestalt länglicher, ellipsoidischer bis kugeligter Schwielen, als verschieden gestaltete Buckeln, Warzen u. s. w. Ihre anatomische Differenzierung ergibt sich aus der folgenden Darstellung der Einzelfälle. Wie die Futterhaare sind auch die Futtergewebe derart gelegen, daß die Insekten beim Abfressen derselben entweder direkt oder indirekt die Fremdbestäubung bewirken.

Daß bestimmte Gewebepartien des Labellums gewissen Insekten als Nahrung dienen, wurde zum erstenmale von dem ehemaligen Direktor des botanischen Gartens in Trinidad, Dr. H. Crüger, durch liebevolle und mustergiltige Beobachtung der Tiere² am natürlichen Standorte unzweideutig festgestellt. Die ausgezeichneten Beobachtungen Crügers, welche sich auf Arten der Gattungen *Coryanthes*, *Stanhopea*, *Catasetum*, *Gongora* und *Cirrhæa* beziehen, haben uns nicht nur den Schlüssel zum Verständnis des z. T. ganz rätselhaften Blütenbaues dieser Gattungen, sondern auch zu jenem so zahlreicher anderer honigloser Orchideenblüten gegeben. Mit Rücksicht auf das hervorragende blütenbiologische Interesse, das diese Beobachtungen beanspruchen, kann ich mir nicht versagen, einen Spezialfall aus der Originalarbeit Crügers wörtlich zu zitieren, der uns wohl den Höhenpunkt an Raffinement darstellt, den die Orchideenblüte in der Sicherung der Fremdbestäubung erreicht hat. Es ist dies der in seiner Art einzige, in der Bedeutung seiner Komplikation vielfach mißverstandene Blütenbau der zu einer gewissen Berühmtheit gelangten Gattung *Coryanthes*. Da das Verständnis der

¹ Für das „Futtergewebe“ von *Catasetum Darwinianum* Rolfe wurde dieser Ausdruck zuerst von Haberlandt gebraucht. Vgl. Haberlandt, Sinnesorgane im Pflanzenreich. I. Aufl. (1901), pag. 65.

² Crüger, A few notes on the fecundation of orchids and their morphology. Journ. of the Linn. Soc. Lond. Bot. VIII. (1865), pag. 127 ff.

weiter unten zitierten Darstellung Crügers die Einsicht in die Komplikation des Blütenbaues erfordert, schicke ich zunächst eine kurze Beschreibung der von Crüger studierten Blüte von *Coryanthes macrantha* Hook. voraus. Zur Illustration des Gesagten möge die nebenstehende Hookersche Abbildung (Fig. 4) der Art dienen, welche die Blüte in natürlicher Lage und Größe darstellt.¹

Die über faustgroßen, hängenden Blüten kommen meist bloß in Zweizahl zur Entwicklung. Die breiten, seitlichen Sepalen (Kelchblätter *sl*) sind rechtwinkelig umgebogen, am Rande schwach gewellt und wie das kurze, eingerollte rückwärtige Kelchblatt (*sd*) sowie die schmalen Petalen (*p*) im Leben verwachsen blaßgelb mit zahlreichen purpurnen Flecken. Das meiste Interesse beansprucht das abenteuerlich gestaltete Labellum oder die Honiglippe und die Säule (*c*). Ersteres zerfällt in drei Teile. Zunächst in einen kugeligen, wulstigen, durch einen zylindrischen Nagel mit der Säule fest verbundenen Basalteil, das sogenannte Hypochil (*hy*); auf diesen folgt ein zweites, flach beckenförmiges, außen mit kräftigen Querrippen versehenes Mittelstück, das Mesochil (*mes*), welches schließlich in den dritten Teil, in das große korb- oder kübel-förmige Epichil (*ep*) übergeht. Nagel und Hypochil sind im Leben brennend feuerrot, Mesochil und Epichil dagegen dottergelb, mit zahlreichen, feuerroten Flecken geziert. Das bassin-förmige Epichil besitzt seitlich sehr glatte übergeschlagene Ränder und vorne (in der Abbildung rechts) eine verengte Ausgangsöffnung (*o*). Einen sehr merkwürdigen Bau zeigt weiters die Säule (*c*). Diese besitzt an ihrer schmälern Basis zwei flügel-förmige Ausladungen (*x*) und ist in ihrem der Ausgangsöffnung (*o*) des Epichils zugewendeten dicken Teil rechtwinklig umgebogen. Unmittelbar oberhalb dieser Ausgangsöffnung liegt die Narbe und das mit einer kräftigen Klebscheibe versehene Pollinium. (In der Abbildung verdeckt.) Die beiden erwähnten Säulenflügel (*x*) sondern eine große Menge

¹ Nach Botanical Magazine Taf. 7692 Vol. LVI (1900). Weitere Abbildung zitiert Cogniaux in Flora brasil. III. 5 (1898—1902), pag. 508 ff. Vgl. überdies die populäre Darstellung Wagners „Die Gattung *Coryanthes*“ in „Österr. Gartenzeitung“, III. (1908), Heft 3—5.

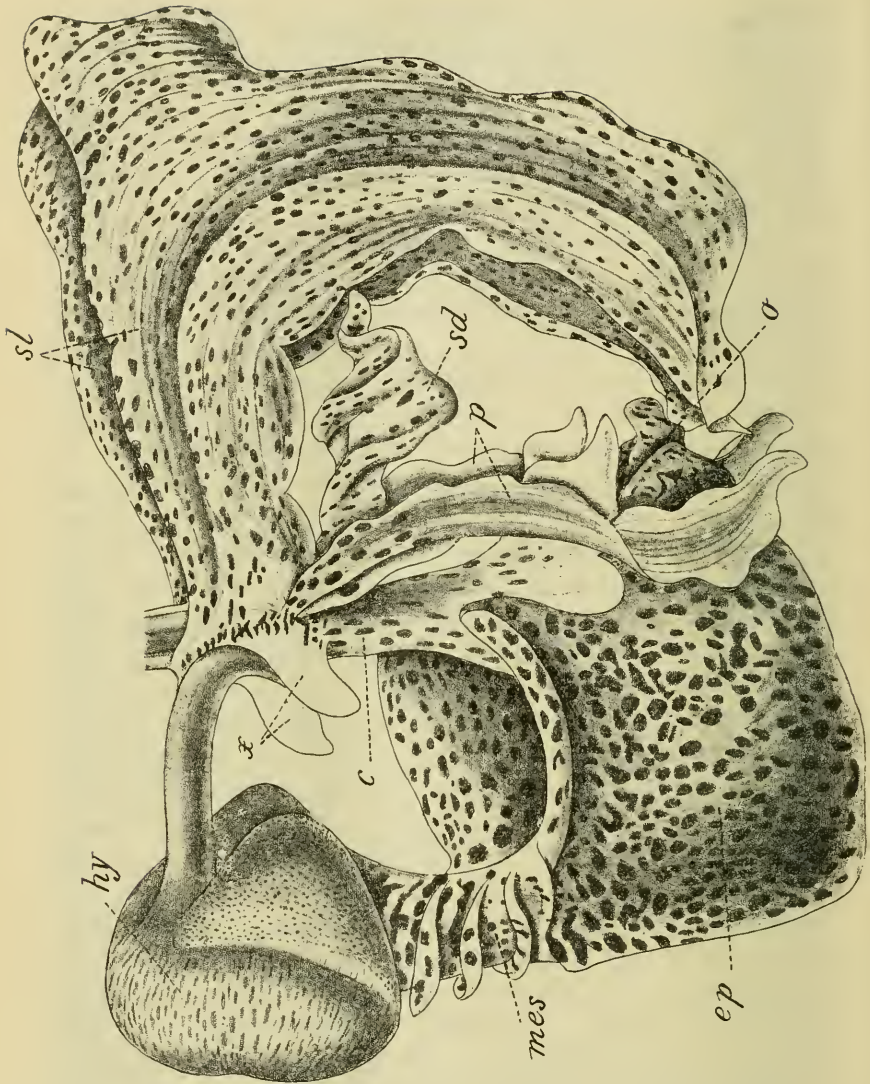


Fig. 4. Blüte von *Coryanthes macrantha* Hook. in natürlicher Größe.

sl = seitliche Sepalen (Kelchblätter). sd = dorsales Sepalum, p = Petalen (Kronenblätter), hy = Hypochil, mes = Mesochil, ep = Epichil, o = Ausgangsöffnung des Epichils. c = Säule, x = flügelartige Erweiterungen der Säulenbasis, welche die Flüssigkeit in das Epichil absondern. (Nach Hooker.¹)

¹ Die Buchstaben wurden von mir der Deutlichkeit halber eingefügt.

wässriger Flüssigkeit ab, welche den größten Teil des bassin-förmigen Epichils vollfüllt. Im Inneren des Hypochils liegt nun das von bestimmten Bienen, u. zw. Arten der Gattung *Euglossa* mit großer Gier als Nahrung aufgesuchte Futtergewebe.

So viel zum Verständnis der nun folgenden Darstellung Crügers, welcher sich über die Tätigkeit der *Euglossa* an den Blüten folgendermaßen äußert:¹ „Diese sind in großer Zahl in gegenseitigem Streite um einen Platz auf der Kante des Hypochils zu sehen. Teilweise infolge dieses Kampfes, teilweise vielleicht berauscht von dem Stoffe, dessen Genuß sie sich mit Gier hingeben, fallen sie in den ‚Kübel‘ hinunter, welcher bis zur Hälfte mit einer Flüssigkeit gefüllt ist, die von an der Basis der Säule gelegenen Organen ausgeschieden wird. Sie kriechen dann im Wasser zur Vorderseite des Beckens hin, wo zwischen der Öffnung desselben und der Säule ein Durchgang möglich ist. Wenn man früh morgens aufpaßt, denn diese Hautflügler sind Frühaufsteher, so kann man sehen, wie in jeder Blüte die Befruchtung bewirkt wird. Indem sich die Hummel aus dem unfreiwilligen Bade ihren Ausweg erzwingt, muß sie sich beträchtlich anstrengen, da die Öffnung des Epichils und die Vorderseite der Säule genau aneinanderpasse und sehr steif und elastisch sind. Die erste eingetauchte Biene wird also die Klebdrüse der Pollenmasse auf ihren Rücken geklebt haben. Das Insekt geht dann gewöhnlich durch den Ausgang und verläßt ihn mit diesem seltsamen Anhängsel, um fast unmittelbar darauf wieder zu seinem Schmause zurückzukehren, wobei es gewöhnlich ein zweitesmal in das Becken fällt und, sich bei derselben Ausgangsöffnung den Ausgang erzwingend, die Pollenmasse auf die Narbe bringt, entweder dieselbe oder eine andere Blüte bestäubend. Ich habe dies oft gesehen und zuweilen sind so viele von diesen Hummeln versammelt, daß der bezeichnete Ausweg von einer beständigen Prozession durchwandert wird.“

Nach dieser Schilderung läßt sich eine Vorstellung darüber bilden, wie verlockend die Futtergewebe für die *Euglossa* sein müssen, wenn das Tier bloß dieses Genußmittels wegen das unfreiwillige Bad mit in Kauf nehmend, kaum dem-

¹ Nach eigener Übersetzung.

selben entronnen, sofort wieder dem ersehnten Leckerbissen nachgeht. Leider war es mir bisher nicht möglich, von der seltenen Pflanze Material für die Untersuchung zu bekommen. Denn das bisher noch nicht näher

untersuchte Futtergewebe läßt nach diesen Beobachtungen Crügers und dem sonstigen hochgradigen Raffinement der Blüteneinrichtung die weitgehendsten histologischen und mikrochemischen Anpassungen erwarten.

Der vorliegende Fall ist überdies deshalb besonders instruktiv, weil er zeigt, wie unerlässlich oft die Beobachtung der ausschlaggebenden Bestäuber am natürlichen Standorte für die Beurteilung von Blütenanpassungen ist. Denn ohne Kenntnis der Crügerschen Beobachtung wäre wohl bei Betrachtung des

Blütenbaues allein schwer darauf zu kommen, daß die Blüte die Tiere zu einem unfreiwilligen Bade verurteilt, um ihnen die Möglichkeit zu benehmen, vom Hypochil weg-

zufliegen, ohne mit Pollinium, resp. Narbe in Berührung gekommen zu sein und sie dadurch nötigt, bei einer bestimmten Ausgangs-

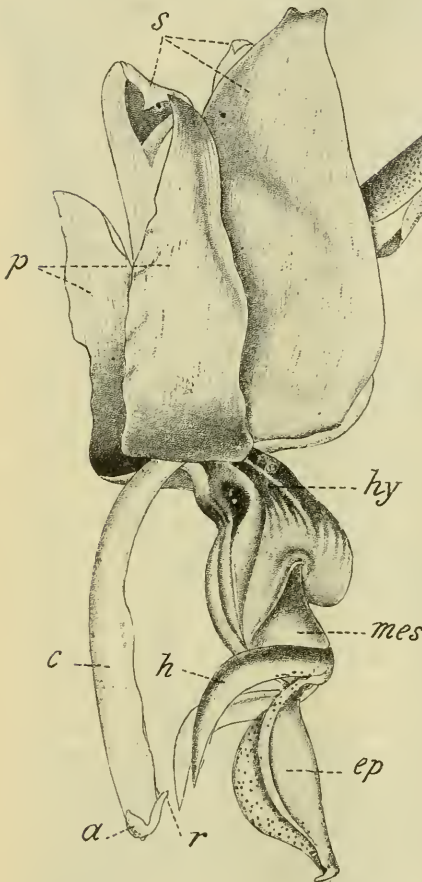


Fig. 5. Blüte von *Stanhopea graveolens* Lindl. in natürlicher Lage und Größe.

S = Sepalen. p = Petalen. hy = Hypochil, mes = Mesochil, h = Horn des Mesochils, ep = Epichil, c = Säule. a = Anthere, r = Rostellum.

öffnung sich vor dem Tode des Ertrinkens zu retten. Man kann wohl behaupten, daß der besonnenste und skeptischste Forscher als Phantast bezeichnet würde, wenn er es wagt, auf Grund des Blütenbaues allein den von Crüger tatsächlich wiederholt beobachteten Vorgang auch nur für möglich zu halten.

Eine zweite Orchideengattung, deren Blütenbau den Insekten den Bezug der von ihnen so begehrten

Futtergewebe ebenfalls ziemlich abwechslungsreich gestaltet und ihnen den Aufenthalt an der Blüte nicht gerade bloß angenehm

macht, stellt die Gattung *Stanhopea* dar. Ich wähle als Typus die beiden brasilianischen Arten *Stanhopea graveolens* Lindl und *St. oculata* Lindl. Die übrigen Arten zeigen im wesentlichen dasselbe Verhalten. Der allgemeine Blütenbau dieser so vielfach kultivierten Orchideen ist so bekannt, daß ich mich hier auf die nähere Beschreibung derjenigen Details beschränken kann, welche für unsere Spezialfrage von Interesse sind. Die äußeren Blütenmerkmale ergeben sich aus der nebenstehenden Fig. 5, welche die Blüte von *A. graveolens* Lindl. (in natürlicher Lage und Größe) darstellt.

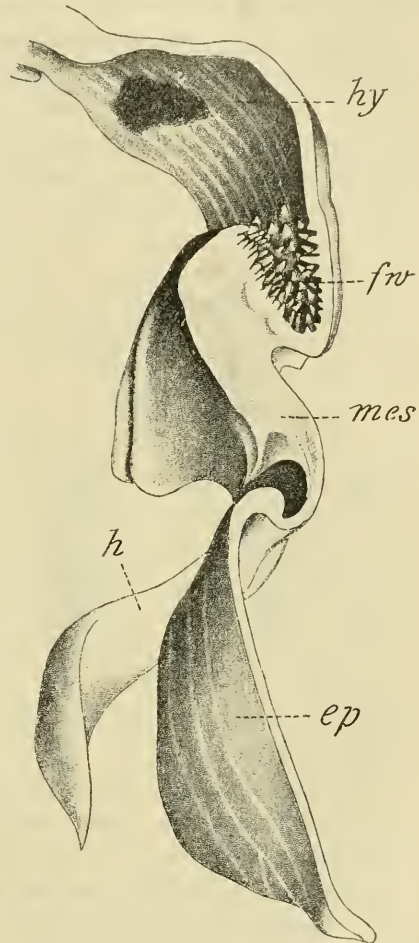


Fig. 6. Längsschnitt durch das Labellum von *Stanhopea oculata* Lindl., vergl.

fw = Futterwarzen, die übrigen Bezeichnungen wie in Fig. 5.

Die zurückgeschlagenen Sepalen (*S*) sind im Leben hell strohgelb, die schmälere Petalen (*p*) ebenso, an der Basis dottergelb (in der Abbildung durch dunkleren Ton markiert).¹ Außer dem Futtergewebe beansprucht das meiste Interesse das Labellum. Im Leben erscheint dasselbe dick, fettglänzend, wie aus Wachs gedrechselt. Wie aus Fig. 5 und 6 ersichtlich, besteht es aus drei Teilen, u. zw. dem der Säule angewachsenen basalen beckenförmigen Hypochil (*hy*), einem soliden mittleren Stück, dem Mesochil (*mes*), welches seitlich je ein gekrümmtes Horn (*h*) trägt und dem Endabschnitte, dem Epichil (*ep*). Das Hypochil ist im Leben in seiner basalen Hälfte lebhaft dottergelb, gegen die Säulen zu mit zwei dunkelbraun-purpurnen Flecken, in seiner Außenhälfte wie das Mesochil hell strohgelb; die Hörner und das Epichil sind dagegen rein weiß, letzteres reichlich purpurn punktiert.

Crüger beobachtete auf Trinidad, daß die Blüten von *St. grandiflora* Lindl. regelmäßig von bestimmten Euglossa-Arten besucht werden, welche mit großer Begierde den Innenbelag des Labellums abfressen. Ich unterzog deshalb das Hypochil verschiedener Arten einer eingehenden anatomischen und mikrochemischen Untersuchung. Dieselbe lieferte folgendes Ergebnis: Die Innenwand des Hypochils ist dicht mit zahlreichen Warzen besetzt, welche ich, der Beobachtung Crügers entsprechend, als „Futterwarzen“ bezeichnete. In ihrer Form variieren dieselben bei den einzelnen Arten bloß innerhalb geringer Grenzen.

Die anatomische Untersuchung derselben ergab mir vielzellige Emergenzen, deren dünnwandige Zellen den mikrochemischen Reaktionen zufolge mit Eiweiß, Fett, Stärke und vielfach auch Amylodextrin vollgepfropft sind. (Fig. 7.)

An Querschnitten durch das Hypochil heben sich schon bei schwachen Vergrößerungen die Futterwarzen durch ihren intensiv schmutzig-grauen, reichen Plasmahalt von dem farblosen Grundgewebe ab. Mit bewunderungswürdiger Energie hat hier die Blüte die plastisch wichtigen Nährstoffe ausschließlich in diejenige Geweberegion verlegt, welche der für die

¹ Eine farbige Abbildung der Art findet sich in Fleurs d. Serr. 1846 Août Pl. I -II sowie in meiner oben zitierten Orchideenbearbeitung. Taf. XIV, Fig. 13.

Arterhaltung unentbehrlichen Euglossa als Lockspeise dient. Damit sind jedoch die Anpassungen der Futterwarzen noch nicht erschöpft. Wie Fig. 7 zeigt, werden überdies im entwickelten Zustande des Labellums die für das Insekt schwer verdaulichen kutinisierten Schichten der epidermalen Futtergewebszellen frühzeitig abgehoben, der Euglossa also in erster Linie die nährstoffreichen Partien dargeboten.

Die Übertragung der Pollinien in die Narbenhöhlung wurde von Crüger nicht direkt beobachtet, wohl aber später

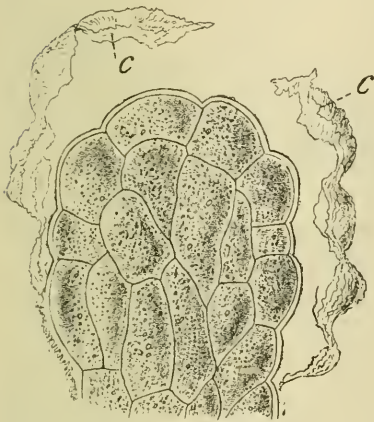


Fig. 7. Oberer Teil einer Futterwarze von *Stanhopea oculata* Lindl., stärker vergrößert.

c = die abgeworfenen kutinisierten Schichten.

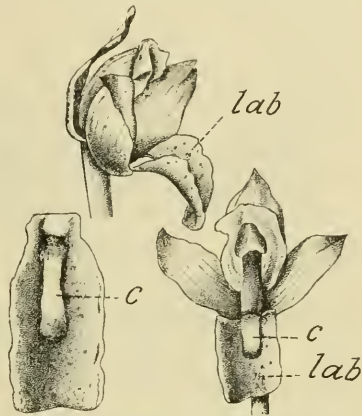


Fig. 8. *Maxillaria nana* Hook.

Oben ganze Blüte von der Seite gesehen. Unten links Labellum von vorne, rechts ganze Blüte von vorne. lab = Labellum, c = der aus Futtergewebe bestehende Callus.

von Willis auf Grund von Versuchen mit europäischen Bienen und Hummeln in vollem Einklange mit dem Gesamtbau der Blüte so überzeugend klargestellt, daß über diese Seite der Frage wohl kaum ein Zweifel bestehen kann.¹ Das Ergebnis der Willis'schen Versuche und Beobachtungen ist kurz folgendes.

¹ Willis J. C., Contributions to the natural history of the Flower. Part. II. Fertilization of various Flowers etc. Journ. of the Linn. Soc. Lond. Bot. XXX, 1895, pag. 286 ff.

Bei der ausnahmslos hängenden Lage der Blüten und dem großen Abstände derjenigen Stelle, an welcher die Tiere fressen, von dem Pollinium, respektive der Narbe ist es ganz ausgeschlossen, daß die Tiere beim Abfressen der Futterwarzen direkt die Bestäubung vermitteln. Das Labellum und die äußere Hälfte der Säule sind so glatt, daß es den Tieren unmöglich ist, hier festen Fuß zu fassen, sondern sie fliegen durch den großen Zwischenraum zwischen Säule und Hypochil in das letztere zu den Futterwarzen, gleiten nach dem Heraus kriechen an den eisglatten Wänden des Hypochils und der Säule unvermeidlich aus und fallen vertikal zwischen Säule und dem Labellum an den Pollinien vorüber zu Boden, wobei sie das Pollinium mitreißen und in einer zweiten Blüte auf demselben Wege in die Narbenhöhle hineinpresse. Bezüglich der dieser Art der Fremdbestäubung geltenden raffinierten Einrichtungen der Säule, des Labellums, Polliniums und der Narbe sei auf die Originaluntersuchung von Willis verwiesen. Aber auch hier stellen die Futtergewebe bloß ein Glied in der langen Reihe raffinierter, grob morphologischer und histologischer Anpassungen zur Sicherung der Fremdbestäubung dar. Anhangsweise sei hier noch erwähnt, daß, wie meine jüngst vorgenommene anatomische Untersuchung der Epidermis des Labellums und der Säule ergab, auch die Anatomie der Epidermis dieser Organe eine geradezu glänzende Bestätigung der „Gleittheorie“ Willis' liefert.

Bei *Stanhopea* sind also, wie wir eben gesehen haben, die Futtergewebe derart postiert, daß die Insekten beim Abfressen derselben nicht direkt mit dem Pollinium in Berührung kommen. Anders ist dies bei den *Maxillaria*-Arten. Wie beim Abfressen der Futterhaare, so erfolgt auch hier beim Abfressen der Futtergewebe direkte Übertragung des Polliniums auf die Narbe, respektive Entfernung des Polliniums aus der Anthere.

Aus der Reihe der von mir untersuchten Arten der Gattung beschränke ich mich hier auf die genauere Besprechung meiner Untersuchungsergebnisse bezüglich *Maxillaria nana* Hook. an der Hand einiger bisher noch nicht publizierter Abbildungen.

Der allgemeine Blütenbau dieser Art ergibt sich aus

Fig. 8. Das dem Säulenfuß beweglich angegliederte, an der Basis verschmälerte Labellum (*lab*) ist breit oblong und vorne abgestutzt. Das Futtergewebe erscheint für das freie Auge als eine ungefähr die Hälfte der Mittellinie des Labellums einnehmende, glänzende, trockene Längsschwiele (Callus *c*). Der innere Bau desselben zeigt in Anpassung an seine Funktion einer Insektenlockspeise sowohl in histologischer als in chemischer Beziehung eine sehr interessante Differenzierung. In chemischer Beziehung verdient zunächst erwähnt zu werden, daß, wie mir die zahlreichen Reaktionen ergaben, der Zellinhalt

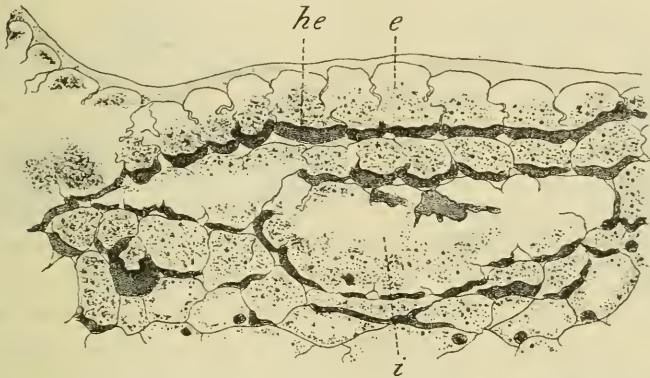


Fig. 9. Querschnitt durch einen Teil des Futtergewebes von *Maxillaria nana* Hook.

e = körniges Eiweiß. *he* = homogene Eiweißschicht. *i* = durch Zerreißen der Seitenwände entstandener Hohlraum.

äußerst reich an Eiweiß und Fett ist und überdies in großer Menge Zucker enthält. Dabei tritt das Eiweiß in doppelter Form auf, und zwar sowohl in Form zahlreicher, verschieden großer Körnchen (Fig. 9 *e*) und überdies als dicker, homogener, den Innenwänden der Futtergewebszellen anliegender Wandbelag (*he*). An frischen, ungefärbten Schnitten erscheint dieser Wandbelag braungelb, in Fig. 9 ist er dunkel gehalten. Besonderes Interesse verdienen überdies die Membranverhältnisse. Im Gegensatz zu den verhältnismäßig dicken Epidermisaußenwänden sind sowohl die Seitenwände derselben als die Membranen der tiefer gelegenen Futtergewebszellen sehr dünn.

Da die Seitenwände in die Außen- und Innenwände ziemlich unvermittelt übergehen, wird dadurch ein scharfer Kontrast in der Membrandicke geschaffen. Die Folge davon ist, daß die Seitenwände der mit Nährstoffen vollgepfropften Epidermiszellen in ihren mittleren Partien durchreißen und die Außenwände mit den Außenhälften der daranhängenden Seitenwände sich abheben (Fig. 9, 10, *e p*). Es werden also wie bei *Stanhopea* auch hier, wenn auch auf andere Weise, die schwerer genießbaren kutinisierten Schichten ausgeschaltet.

Da sich derselbe Vorgang auch in tieferen Schichten abspielt (Fig. 10 *i*), wird auf diese Weise dem Insekt gewissermaßen ein einheitlicher Nährstoffbrei dargeboten.

Besonderes Raffinement in der Sicherung der Fremdbestäubung zeigt die mit Recht berühmt gewordene Gattung *Catasetum*. Wie schon seit lange bekannt, sind bei dieser diklinen Gattung die männlichen und weiblichen Blüten in ihrem Blütenbau so verschieden, daß ältere Autoren begreiflicherweise in den beiden Geschlechtern nicht nur verschiedene Arten, sondern sogar verschiedene Gattungen vor sich zu haben glaubten und dieselben demgemäß unter verschiedenen Gattungsnamen beschrieben. Indem ich bezüglich der Unterschiede der beiden Blütenformen und der daraus resultierenden Bestäubungsart auf die *Catasetum tridentatum* Hook. betreffende Darstellung Darwins, Crüger's und meine Übersetzung¹

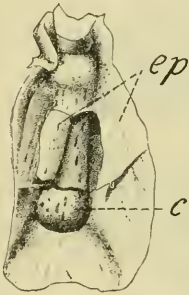


Fig. 10. Labellum von *Maxillaria nana* Hook.

c = Futtergewebescallus. *ep* = die in Ablösung begriffenen Epidermispartien.

¹ Darwin, Die verschiedenen Einrichtungen, durch welche Orchideen von Insekten befruchtet werden. II. Aufl., deutsche Übersetz. von Carus. 1899, p. 152 ff. Bezüglich der systematischen Klarstellung des von Darwin irrthümlich für eine Zwitterblüte gehaltenen *Myanthus*, vgl. Rolfe. On the sexual Forms of *Catasetum*, with special reference to the researches of Darwin and others. Journ. of the Linn. Soc. London, Bot. XXVII (1891). p. 206 ff. Da die Rolfe'sche Richtigstellung zwei Jahre nach der Veröffentlichung der Pfitzer'schen Orchideenbearbeitung in Engler-Prantl's Natürl. Pflanzenfam. erschien, hat dieser Irrtum auf die Autorität Darwins hin in der Literatur weite Verbreitung gefunden.

der letzteren verweise, beschränke ich mich hier bloß auf eine Besprechung der männlichen Blüten von *Catasetum ornithorrhynchus* Porsch. (Fig. 11) zeigt die Blütendetails in natürlicher Größe.

Die mit dem rückwärtigen Kelchblatt (*sd*) zusammen geneigten Petalen (*p*) sind im Leben lebhaft grün gefärbt und purpurn gefleckt. Die längeren seitlichen Sepalen (*sl*) zeigen dieselbe Färbung und stehen fast horizontal von der Säule (*c*) ab.¹ Die beiden interessantesten Organe der Blüten stellen

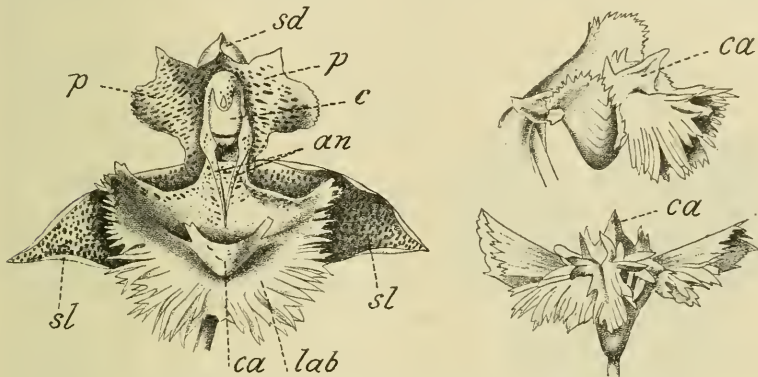


Fig. 11. *Catasetum ornithorrhynchus* Porsch in natürlicher Größe.

Links: ganze Blüte von vorne; rechts oben: Labellum von der Seite; unten: von vorne. *sd* = dorsales Sepalum, *sl* = seitliche Sepalen, *p* = Petalen, *lab* = Labellum (Honiglippe), *ca* = Futtergewebscallus, *c* = Säule, *an* = reizbare Antennen.

jedoch die Säule (*c*) und das Labellum (*lab*) dar. Erstere besitzt zwei dünne, vorne zugespitzte, Organe, die bekannten, gegen Berührung äußerst empfindlichen Antennen (*an*), für welche Haberlandt bei manchen Arten sogar das Vorhandensein von Sinnesorganen für Berührungsreize nachwies.²

¹ Eine farbige Abbildung der Art findet sich in meiner Orchideenbearbeitung I. c., Tafel XIV., Fig. 6—8.

² Haberlandt, Sinnesorgane im Pflanzenreich, I. Aufl., 1901, p. 62 ff. Vgl. überdies v. Guttenberg, Über den Bau der Antennen bei einigen *Catasetum*-Arten. Sitzungsber. d. Wiener Akad. mathem.-naturw. Kl. Bd. CXVII, Abt. I (1908).

Wird die besonders empfindliche Spitze der Antenne von einem Insekte berührt, so wird infolge eines hier nicht näher zu schildernden Mechanismus das Pollinium im Bogen ausgeschleudert und dem Tier auf den Thorax gekittet. Soll also dem Tier das Pollinium der männlichen Blüte auf den Thorax befestigt werden, so muß das Futtergewebe in der Blüte derart postiert sein, daß das Insekt beim Abfressen desselben unbedingt die reizbare Antenne berühren muß. Dies ist auch tatsächlich der Fall. Wie ein Blick auf die Details der Fig. 11 zeigt, besitzt das Labellum bei dieser Art unmittelbar unterhalb der Antennenspitzen einen kräftigen Callus (*c*), welcher, wie mir die anatomische Untersuchung ergab, aus sehr eiweiß- und fettreichem Futtergewebe besteht. Bei dieser Lage des Futtergewebescallus ist es unvermeidlich, daß das Insekt beim Abfressen desselben mit dem Kopfe oder einem anderen Körperteile die Antennenspitze berührt und so den Mechanismus auslöst, welcher das Pollinium abschleudert. Beim Abfressen des Futtergewebes der weiblichen Blüte überträgt die *Euglossa* das Pollinium in die Narbenhöhlung. Bezüglich der verschiedenen zweckmäßigen Anpassungen der ganz anders gestalteten weiblichen Blüte an die Sicherung der Fremdbestäubung verweise ich auf die oben zitierte Darstellung Crügers, respektive meine Übersetzung derselben. Daß bestimmte *Euglossa*-Arten die Futtergewebe der *Cataseten*-blüten mit großer Gier aufsuchen und abfressen, wurde nicht nur von Crüger wiederholt beobachtet, sondern neuerdings durch die Beobachtungen des bekannten Hymenopterologen A. Ducke in Pará wieder bestätigt.¹

Bei den zahlreichen honiglosen Arten der Gattungen *Oncidium*, *Odontoglossum* u. a. sind die Futtergewebe in Form verschieden großer und verschieden gestalteter Warzen, Buckeln etc. ausgebildet, welche vielfach sogar gute Artcharaktere liefern. Die nebenstehend abgebildete Blüte von *Oncidium crispum* Lodd. mag als Beispiel für diesen Typus dienen (Fig. 12). Wie bei den honigführenden Blüten

¹ Vergl. Ducke in Zeitschrift für systematische Hymenopterologie und Dipterologie, 1901, pag. 28, 29 ff und Allgemeine Zeitschrift für Entomologie, 1901—02.

der Eingang zum Honig häufig durch eine Kontrastfärbung markiert ist, so wird hier die Gegend der Futterwarzen (*fw*) durch das in der Abbildung weiß gelassene Feld bezeichnet. Im Leben ist dasselbe hellgelb und feuerrot gesäumt und kontrastiert lebhaft mit der bei durchfallendem Lichte braunroten Grundfarbe des Perigons.¹ Die Futterwarzen erscheinen braunrot auf gelbem Grunde.

Die anatomische Untersuchung ergab auch hier dünnwandige, nährstoffreiche Futtergewebe. Daß die Futterwarzen von *Oncidium* als Insektennahrung dienen, hat Fritz Müller für *Oncidium flexuosum* Sims. nachgewiesen, welcher im brasilianischen Urwalde die Futterwarzen dieser Art häufig von Insekten abgenagt fand.²

Überblicken wir die geschilderten Honigersatzmittel auf ihre Verbreitung hin, so läßt sich bei dem einheitlichen Blütenbau vieler artenreicher Gattungen (*Maxillaria*, *Oncidium*, *Stanhopea* etc.) nach bescheidener Schätzung schon gegenwärtig mit Sicherheit behaupten, daß weit über 1000 Orchideenarten diesen biologisch stellvertretende

Ersatzeinrichtungen besitzen. Weitere darauf gerichtete Einzeluntersuchungen werden nicht nur eine sehr weite Verbreitung derselben ergeben, sondern auch eine Fülle anderer zweckmäßiger Anpassungen nachweisen. Und man kann nach dem bisher Gewonnenen wohl ohne Übertreibung behaupten, daß demjenigen, der sich am natürlichen Standorte der weiteren

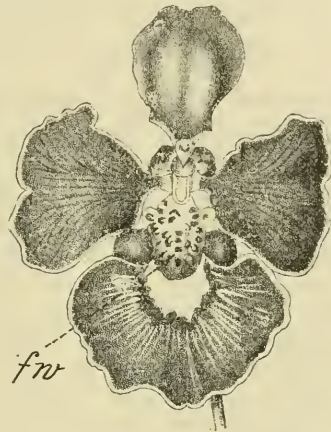


Fig. 12. Blüte von *Oncidium crispum* Lodd. in natürlicher Größe.
fw = Futterwarzen.

¹ Eine farbige Abbildung der Blüte findet sich in meiner Orchideenbearbeitung l. c., Taf. XVI, Fig. 8. Bezüglich der biologischen Bedeutung der Grundfarbe vergl. v. Wettstein, Vegetationsbilder aus Südbasilien Wien. 1904, pag. 30.

² Zitiert bei Darwin l. c., pag. 232.

Aufhellung dieser fesselnden biologischen Frage widmet, die schönsten Früchte beinahe reif in den Schoß fallen, vorausgesetzt, daß er die nötige blütenbiologische, entomologische und pflanzenanatomische Schulung besitzt.

Ich schließe mit der Hoffnung, daß uns eine zukünftige Ära methodisch vielseitigerer Schulung in der Blütenbiologie diese Ernte bald liefert, die uns die bisher überwiegend oder fast ausschließlich bloß grobmorphologische Richtung derselben noch schuldig geblieben ist.

Exkursion auf die Hohe Rannach am 14. Juni 1908.

Wie im Vorjahre, so wurde auch diesmal die Vereins-Exkursion von der botanischen Sektion veranstaltet. Die Teilnehmerzahl war wegen der unsicheren Witterungsverhältnisse in diesem Jahre eine geringere (15, darunter 7 Damen). Die Führung übernahmen Herr Dr. A. Meixner und der Bericht-erstatte. Der Abmarsch von Gösting erfolgte nach 8 Uhr früh. Man wanderte zuerst durch den Pailgraben, wo *Sisymbrium stictissimum*¹ gesammelt wurde, zur Ortschaft Rannach. Im Laufe des Vormittags wurde auf den Abhängen der unteren Rannach botanisiert und dann im Gasthause Sindler das Mittag-mahl eingenommen. Weiters ging die Wanderung über den Geierkogel nach den im schönsten Blütenschmuck prangenden Rannachwiesen (*Arnica montana*, *Gymnadenia conopea*, *Orchis globosa* etc.) zum Gipfel der Hohen Rannach (1004 m). Dort wurden *Poa stiriaca* und der Bastard *Cirsium erisithales* × *palustre* in Gesellschaft seiner Stammeltern beobachtet. Der Rückweg wurde über die Leber, Stattegg und Andritz genommen. Das Wetter war viel günstiger, als wie zu erwarten war. Einigen unbedeutenden Strichregen um die Mittagszeit folgte ein regenloser Nachmittag und ein herrlicher Abend.

Außer den schon erwähnten Pflanzen wurden während dieser Exkursion u. a. noch folgende Arten beobachtet: *Helodea canadensis* (in einem Teich bei Stattegg), *Acorus calamus*, *Juncus conglomeratus*, *Lilium bulbiferum*, *Muscari comosum*,

¹ Nomenklatur nach meiner „Exkursionsflora“, 2. Auflage (1909). Fritsch.

Coeloglossum viride, Cephalanthera alba, Rubus saxatilis, Rosa pendulina und tomentosa, Senecio alpester und Cirsium oleraceum × rivulare (bei Stattegg).

7. Versammlung am 24. Oktober 1908.

Herr Professor Dr. K. Fritsch hielt einen Vortrag unter dem Titel:

Die Farben der Blüten.

Drei Fragen wurden in diesem Vortrage behandelt:
1. Wie kommen die Farben der Blüten zustande? 2. Was für eine Bedeutung haben die Blütenfarben für die Pflanze?
3. Können die Farben der Blüten auch für die Systematik verwertet werden?

In Beantwortung der ersten Frage wurden die körnigen und die im Zellsaft gelösten Blütenfarbstoffe besprochen, die Farbmischungen, die Entstehung der weißen Färbung und das Vorkommen von Albinos erläutert.

Weiterhin wurde die Verteilung der Farbe auf die einzelnen Organe der Blüte besprochen. Es zeigt sich hierin eine sehr große Mannigfaltigkeit, indem alle möglichen Teile der Blüten und Blütenstände zur Herstellung des sogenannten Schauapparates beitragen können. Die Bedeutung der Farben als Anlockungsmittel für die Insekten wurde namentlich unter Bezugnahme auf die Versuche von Plateau, Andreae, Forel und Lubbock eingehend erörtert.

Die dritte Frage konnte im Gegensatze zur Anschauung vieler, namentlich älterer Autoren mit „ja“ beantwortet werden. Nicht nur für viele Arten ist die Farbe der Blüten konstant, sondern auch nicht selten für Gattungen (Cruciferen), ja bis zu einem gewissen Grade selbst für manche Gruppen höheren Ranges.

8. Versammlung am 7. November 1908.

Herr Professor Dr. R. Hoernes sprach:

Über Eolithen.

Das Wort „Eolith“ hat Gabriel de Mortillet geprägt, jener französische Forscher, der sich in so hervor-

ragender Weise durch die Untersuchung der Steinwerkzeuge der älteren Kulturstufen verdient gemacht hat und dem es vor allem zu danken ist, daß man nach der Art der Bearbeitung der Steingeräte die älteren Entwicklungsstufen der prähistorischen Kultur schärfer zu unterscheiden gelernt hat. Mortillet bezeichnete als „Eolithen“ (von ἔως-Morgenröte und λίθος-Stein) zunächst die angeblichen Steingeräte aus tertiären Schichten. Der Name wurde dann später allgemeiner, so von dem englischen Geologen Prestwich für die ältesten Werkzeuge angewendet, die aus der „Zeit der Morgenröte“ menschlicher Kultur stammen sollten, auf die erst die ältere und jüngere Steinzeit folgte, die gewöhnlich mit den 1866 von John Lubbock gebrauchten Namen als palaeolithische und neolithische Epoche bezeichnet werden. Die erstere kann als die Zeit der ausschließlich zugeschlagenen, freilich in den jüngeren palaeolithischen Stufen vielfach sehr fein ausgearbeiteten Steingeräte bezeichnet werden, während zur neolithischen Zeit vorwiegend geschliffene Steinwerkzeuge gebraucht werden, neben welchen allerdings auch noch viele mehr oder minder künstlich zugeschlagene, aber auch selbst ganz rohe, primitive Geräte nach Art der „Eolithen“ Verwendung fanden, wie denn auch in der Gegenwart Naturvölker solche benützen.

Die Eolithenkunde und Eolithentheorie haben sich zunächst auf belgischem, dann englischem und französischem Boden entwickelt, schließlich aber haben sie auch bei deutschen und amerikanischen Forschern großen Anklang gefunden.

Im Jahre 1868 sammelte G. Neyrincq in altdiluvialen Schichten der Umgebung von Mons Feuersteine, welche angeblich bearbeitet waren. Später unterstützte ihn der Geologe E. Delvaux in seinen Bemühungen und veröffentlichte 1887/88 im Bulletin der anthropologischen Gesellschaft zu Brüssel eine Beschreibung dieser Funde unter dem Titel „Les silex mesviniens, premiers essais d'utilisation des silex éclatés.“ Er stellte für diese Artefakte, die er für die ersten Versuche der Benützung gespaltener Feuersteine hielt, nach dem Dorfe Mesvin in der Nähe von Mons die Bezeichnung „industrie mesvinienne“ auf. In Belgien beschäftigten sich ferner A. Cels, dann insbesondere A. Rutot, in England Benjamin Harrison

und Louis Abbot mit der Untersuchung der „Eolithen“. Es ist von Interesse, daß A. Rutot zuerst weit davon entfernt war, die Eolithen als künstliche Erzeugnisse anzuerkennen, vielmehr ihre Natur als solche entschieden bestritt und erst später, von derselben überzeugt, zu einem der hervorragendsten Vertreter der Lehre von den Eolithen, ja geradezu zu dem geistigen Haupt der Eolithiker wurde und schließlich sogar im mittleren Oligocän Eolithen als Beweis für die damalige Existenz des Menschen oder eines Vorfahren desselben nachzuweisen suchte. Rutot hat auch eine ganze Reihe von Eolithenstufen im älteren Diluvium Belgiens unterschieden und ein ungeheures Material dieser Dinge im Museum zu Brüssel zusammengebracht. Er wurde nicht müde, für die viel bestrittene Artefaktnatur der altdiluvialen und tertiären Eolithen in zahlreichen Schriften einzutreten und muß heute zweifellos als der hervorragendste Vertreter der Eolithentheorie anerkannt werden, dem es überhaupt erst gelang, die zweifelhaften Steingeräte, welche schon vor ihm an vielen Orten in vorpalaolithischen Lagerstätten gefunden und zum Gegenstand verschiedenartiger Meinungen gemacht worden waren, zu einigem Ansehen zu bringen.

In Frankreich wurde die Existenz tertiärer primitiver Steinwerkzeuge schon lange vor Rutot behauptet. Der Abbé Bourgeois, damals Direktor der höheren Schule von Pontlevoy, wollte sie in den Feuerstein führenden Schichten unter dem Calcaire de Beauce von Thenay entdeckt haben. Er legte 1867 dem internationalen Kongreß der Anthropologen und Prähistoriker diese angeblichen Geräte vor und manche, wie der Marquis Vibraye, Worsaae, de Mortillet, de Quatrefages und Hamy pflichteten Bourgeois bei, andere bezweifelten teils das geologische Alter der Lagerstätte, teils die Artefaktnatur der Funde. A. Gaudry tritt in erster Hinsicht, was das Alter der Lagerstätte anlangt, rückhaltlos für Bourgeois ein. Er sagt, es sei unbestreitbar, daß der Ton mit schwarzen Geröllen, in welchem sich die angeblich zugeschlagenen Feuersteine von Thenay finden, regelrecht unter dem Calcaire de Beauce liege. Die Frage sei nur, ob die Feuersteine wirklich zugeschlagen seien. Sie finden sich mitten in einer Schicht abgerollter Feuersteine, und wenn man davon

eine größere Zahl nebeneinander lege, sei man schwer imstande, zu sagen, welcher Stein zugeschlagen sei und welcher nicht. In dieser Hinsicht, meint Gaudry, wolle er sich lieber auf das Urteil der Prähistoriker verlassen, die in solchen Dingen besser Bescheid wissen. Er macht aber gerade mit Rücksicht auf das hohe Alter der Lagerstätte schwerwiegende Bedenken geltend, weist darauf hin, wie viele verschiedene Säugetierfaunen seit jener Zeit einander abgelöst hätten, und meint schließlich: „Si donc il venait à être démontré que les silex du calcaire de Beauce recueillis par M. l'abbé Bourgeois ont été taillés, l'idée la plus naturelle qui se présenterait à mon esprit serait qu'ils ont été taillés par les Dryopithecus.“¹

Gaudry spricht also die Ansicht aus, daß die zweifelhaften Feuersteingeräte von Thenay von der Hand eines großen menschenähnlichen Affen zugeschlagen worden sein könnten, eine Meinung, welche vor kurzem auch für die von Rutot aus dem belgischen Mitteloligocän geschilderten Eolithen geäußert wurde, wie wir später erörtern werden.

Carlos Ribeiro fand in obermiocänen Schichten des Tajoales bei Otta unweit von Lissabon neben Knochen vom Hipparion Feuersteine, welche er für bearbeitet hielt. Die wichtigsten Fundstücke wurden 1871 der Akademie in Lissabon, 1872 dem internationalen Anthropologen-Kongreß in Brüssel vorgelegt. Ribeiro machte es wahrscheinlich, daß sie in obermiocänen Schichten gefunden worden seien, und Gabriel de Mortillet hat 22 der von Ribeiro vorgelegten Stücke als Werkzeuge anerkannt. Im Jahre 1880 tagte der Kongreß in Lissabon und bei dieser Gelegenheit wurde auch die Fundstätte bei Otta besucht; man fand auch weitere, anscheinend bearbeitete Feuersteinstücke, doch konnten diese Funde die meisten der Teilnehmer des Kongresses nicht bestimmen, die Gleichzeitigkeit des Menschen und des Hipparion auf Grund der Funde von Otta anzuerkennen. Ein hervorragender, gläubiger Anhänger der Eolithentheorie, Professor Max Verworn in Göttingen, der 1906 die Fundstätte bei Otta genau untersuchte, fand teilweise jüngeres Material in älteren Schichten einge-

¹ A. Gaudry, Les enchainements du monde animal: Mammifères tertiaires. Paris 1878, pag. 241.

schwemmt, sodaß er über das Alter der Feuersteingeräte von Otta nichts sicheres anzusagen vermochte; wir werden aber hören, daß Verworn an anderer Stelle sichere Beweise für die Gleichzeitigkeit des Menschen und des Hipparion gefunden zu haben glaubt.

A. Rutot hat für Belgien eine ganze Reihe von Eolithen-Niveaus im Quartär angenommen, indem er dem von Neyrinck und Delvaux aufgestellten „Mesvinien“ noch zwei ältere, quartäre Stufen, das „Reutelien“ und „Mafflien“, hinzufügte. Rutot hat aber auch die Existenz von nicht weniger als vier tertiären Eolithen-Stufen behauptet, von welchen die älteste, das „Fagnien“, sogar mitteloligocänen Alters wäre. Wir kommen darauf noch eingehend zurück.

Gegen die vor allen von Rutot, den wir als geistiges Haupt der Eolithentheoretiker betrachten müssen, und von seinen Anhängern, unter denen zumal der Breslauer Anthropologe Professor Hermann Klaatsch, dann der Göttinger Professor Max Verworn zu nennen sind, geäußerten Ansichten sind von mancher Seite Bedenken geltend gemacht worden. Man hat auf das natürliche Zerfallen der Feuersteine durch Temperaturänderungen, auf die Nachahmung von Schlagwerken durch ein Aneinanderstoßen von Geschieben und Geröllen und auf das Entstehen kleinerer, den künstlichen Retouches ähnlicher Absprengungen auf künstlichem Wege hingewiesen. Rutot hat gegen diese ziemlich ausgedehnte Literatur einen sehr leidenschaftlichen Federkrieg eröffnet, in welchem er seine Gegner nicht gerade sanft behandelte und den „Antieolithismus“ als eine neue Geisteskrankheit bezeichnete. So leitete er seine Entgegnung auf die von Boule und Obermaier gegen die Eolithentheorie gemachten Einwendungen mit folgenden Worten ein: „Je crois utile de présenter à la société (gemeint ist die belgische geologische Gesellschaft) un cas vraiment intéressant d'une nouvelle maladie mentale qui excerce actuellement ses ravages chez les quelques derniers géologues et préhistoriens irréductiblement rebelles à la notion de l'existence d'une industrie humaine plus ancienne que celle renfermant l'instrument amygdaloïde chelléen.“¹ Boule und Obermaier, auf deren ge-

¹ A. Rutot, Un cas intéressant d'antieolithisme' Bulletin de la société belge de géologie. XX., 1906.

wichtige Bedenken gegen die Eolithentheorie wir noch ausführlich zurückzukommen haben, hatten aber lediglich dahin sich geäußert, daß Eolithen auch auf natürlichem Wege, ohne künstlichen Eingriff entstehen können und daher für sich allein noch nicht zur Annahme einer Existenz des Menschen oder eines Vorfahren desselben in jenen geologischen Zeiträumen berechtigen, aus welchen keine anderen Funde jene Annahme bestätigen.

In der Gegend von Aurillac im Departement Cantal sammelte schon 1877 Dr. Jean Baptiste Rames in obermiocänen, von Basalt bedeckten Sanden zusammen mit Knochen von *Hipparion gracile*, *Dinotherium giganteum*, *Mastodon longirostris* und anderen obermiocänen Tieren verschieden gestaltete Feuersteine, die angeblich Bearbeitungsspuren zeigen. De Quatrefages sprach sich über diese 1885 dahin aus, daß niemand zögern würde, sie als menschliche Artefakte anzusprechen, wenn man sie statt im obersten Miocän in diluvialen Schichten gefunden haben würde. Ähnlich äußerte sich auch Professor Capitan und Rutot stellte geradezu ein „Cantalien“ als eine Stufe der tertiären Eolithen-Industrie auf; er verteidigte auch gegen die gegenteilige Ansicht von Lucien Mayet¹ in leidenschaftlicher Weise die Eolithennatur der Fundstücke aus den obermiocänen Schichten des „Cantalien.“ Für diese sind dann auch deutsche Forscher eingetreten, so zunächst Hermann Klaatsch, der bei seinem Besuch der Fundstellen bei Aurillac 1903 vierzig Silexstücke fand, die er unbedingt für bearbeitet hielt und sich darin äußerte, daß der Schluß in keiner Weise zu umgehen sei, es hätte zur Tertiärzeit im heutigen Frankreich ein Wesen gelebt, welche das Silexmaterial zu primitiven Werkzeugen verarbeitete. Im Jahre 1905 hat dann Professor Max Verworn mit Unterstützung der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen Ausgrabungen im Cantal gemacht, die einen sehr großen Prozentsatz von (angeblich) bearbeiteten Feuersteinen lieferten. Es sollen bei Verworns Grabungen am Puy de Boudieu 30%, am Puy Courny 24%, bei Veyrac 20%, bei Belbex 16% der als Eolithen gesammelten

¹ L. Mayet, La question de l'homme tertiaire, L'Anthropologie, Paris 1906, XVII. Bd., S. 641.

Feuersteine sich als „zweifellos bearbeitet“ erwiesen haben, während die Zahl der Stücke mit zweifelhafter Bearbeitung an der Hauptfundstelle am Puy de Boudieu sehr groß war (etwa 50—55%), die Zahl der sicher nicht bearbeiteten aber sehr klein (nur 15—20%).

Schon 1905 äußerte sich Verworn in einer vorläufigen Mitteilung in der „Umschau“ auf Grund seiner Untersuchungen: „Daß am Ende der Miocänzeit die Täler des Cantal von Wesen bevölkert waren, die bereits mit der Technik der künstlerischen Feuersteinspaltung durch Schlag und mit der Herstellung von Werkzeugen durch verhältnismäßig feine Randbearbeitung der künstlich gewonnenen Abschläge vertraut waren und diese Fähigkeiten in umfangreichem Maße verwendeten.“

Ausführlicher ist Verworn auf die nach seiner und seiner Begleiter, der Professoren Bonnet und Kallius, Meinung wahren und von Pseudoeolithen leicht zu unterscheidenden „echten“ Eolithen der miocänen Schichten der Auvergne zurückgekommen in seiner Abhandlung über die archäolithische Kultur in den Hipparionschichten von Aurillac¹; er hat dabei für die von Rutot und seiner Schule gebrauchte Bezeichnung „eolithisch“ den Ausdruck „archäolithisch“ in Vorschlag gebracht in der Meinung, daß mit der Erfindung der Feuersteinspaltung und Bearbeitung sich ein ganz außerordentlich großer Kulturfortschritt vollzogen habe gegenüber der noch älteren Stufe, auf der man die Steine, so wie sie die Natur darbot, also gänzlich unbearbeitet verwendete. Die Kulturstufe der Menschen des Cantal könne unmöglich das erste Morgenrot der Kulturentwicklung vertreten und als „eolithisch“ bezeichnet werden. Die Anfänge der Kultur, die als „eolithisch“ gelten können, wären nach der Meinung Verworns im älteren Miocän oder vielleicht sogar im Oligocän zu suchen.

L. Mayet ist indessen den Ausführungen Verworns, der durch seine Untersuchungen den unerschütterlichen Beweis für die Existenz eines feuersteinschlagenden Wesens im Ausgange der Miocänzeit geliefert zu haben glaubte, mit guten

¹ Abhandlungen der Königlich-Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, math.-phys. Klasse, N. F. IV, Nr. 4.

Gründen entgegengetreten¹, wodurch er freilich im höheren Grade den Unwillen Rutots erregte, der Mayets Ausführungen als einen neuen interessanten Fall von „Anti-eolithismus“ brandmarkte und sich in seiner Polemik zu folgenden Worten hinreißen ließ: „En science l'improvisation est chose bien dangereuse. Il paraît cependant qu'elle offre de l'attrait, car on voit assez communément surgir des personnes prenant ouvertement parti dans des questions longuement étudiées par des spécialistes, alors qu'elles mêmes n'ont fait qu'effleurer à peine le sujet.“²

Immerhin ist diese Bemerkung noch artig gegen diejenige, zu welcher sich Rutot in seiner ersten Abhandlung über die Geisteskrankheit des Antieolithismus durch die Vergleichung der Eolithen und der Erzeugnisse der Kreidemühlen von Mantes veranlaßt fand: „Il suffit de signaler de pareilles puérités pour en faire justice.“ Wir werden aber später sehen, daß Autoritäten ersten Ranges auf dem Gebiete der prähistorischen Archaeologie wie Capitan eine außerordentliche Ähnlichkeit der Silex-Bruchstücke aus jenen Mühlen und der Eolithen fanden und nicht zögerten, daraus die Folgerung abzuleiten, daß manche, früher für zugeschlagene Steine gehaltene Fundstücke ihre Gestalt natürlichen Einwirkungen danken mögen.

Wie man sieht, ist es nicht ungefährlich, sich mit den Eolithen zu beschäftigen, wenn man nicht von vornherein alles unbesehen als bewiesen annimmt, was von Rutot und seinen Anhängern über diesen Gegenstand vorgebracht wurde und von dem ersteren mit dem Eifer des Begründers einer neuen Glaubenssekte verfochten wird. Man setzt sich sehr unangenehmen Vorwürfen aus, wenn man es unternimmt, die Eolithentheorie, abermals auf ihre Stichhaltigkeit zu überprüfen. Dem ungeachtet soll dies auf die Gefahr hin, von Rutot als Eolithophobe oder Antieolithiker in ähnlicher Weise behandelt zu

¹ L. Mayet, La question de l'homme tertiaire, Assoc. franc. pour l'avancement des sciences, Congrès de Lyon 1906 und L'Anthropologie, Paris 1906, XVII., pag. 641.

² A. Rutot, A propos des Eolithes du Cantal. Un deuxième cas intéressant d'antiéolithisme. Bulletin de la société Belge de géologie, XXI., 1907.

werden, wie es Laville, Boule und Obermaier geschah, in den nachfolgenden Ausführungen unternommen werden, und zwar sine ira et studio, obwohl dies durch die Art, wie Rutot seine Sache vertritt, gerade nicht leicht gemacht wird.

Es handelt sich zunächst um die charakteristischen Eigenschaften der Eolithen. Die gewollte und mehr oder weniger wohl ausgearbeitete Form der palaeolithischen Steinwerkzeuge soll ihnen fehlen, demungeachtet aber sollen sie untrügliche Kennzeichen des Gebrauches von der Hand des Menschen oder eines Vorfahren desselben aufweisen. Als Kennzeichen für die künstliche Herstellung von Feuersteinsplittern werden zunächst die Schlagmarken betrachtet, welche angeblich die Artefakte leicht als solche erkennen lassen sollen. Es handelt sich dabei zunächst um jene Buckeln, beziehungsweise muscheligen Vertiefungen, welche durch einen einmaligen heftigen Schlag oder Stoß an dem abgesprengten Splitter, beziehungsweise an dem Feuersteinstück, von welchem derselbe abgeschlagen wurde, entstehen. Diese „bulbes“ und „conchoïdes de percussion“ entstehen aber nicht bloß durch einen von Menschenhand geführten Schlag, sondern auch durch einen Stoß, den natürliche Kräfte herbeiführen konnten und wohl auch in sehr vielen Fällen herbeigeführt haben. Sie liefern daher für sich kein entscheidendes Kriterium. Besser scheint es mit den feineren, an der Kante der Feuersteinsplitter sich findenden Absprengungen zu stehen, die man als „Retouches“ bezeichnet. Durch solche Absplitterungen kleiner Teile haben die palaeolithischen Menschen es verstanden, Feuersteingeräte von hoher Formvollendung zu schaffen, wie die lorbeerblattförmigen flachen Steinklingen des Solutréen, die wohl als Speerspitzen zu deuten sind, und noch ungleich vollkommener sind die mannigfachen Waffen und Geräte, die Speer- und Pfeilspitzen, die Dolche und Sägen, welche die neolithischen Bewohner Nordeuropas aus Feuerstein herzustellen wußten. Ähnliche, nur rohere Absprengungen finden sich nun auch an den „Eolithen“. Auch an diesen sollen scharfe Schneiden zunächst durch Absprengungen kleiner Teilchen von einer Seite her erzeugt worden sein. War dann durch wiederholten Gebrauch diese Schneide stumpf geworden, so hätte man durch neuerliche Retouches abermals eine scharfe Kante erzielt und

dies solange fortgesetzt, bis die Schneide steil stumpf und damit unbrauchbar geworden. Rutot hat unter den Eolithen „Schaber“, „Kratzer“, „Bohrer“ u. s. w. unterschieden, je nach der Gestaltung der Kanten, welche für bestimmte Zwecke zugearbeitet waren, während die Form der ganzen Eolithen keine bestimmte Gestalt aufweist. Nach Rutot hätte bei der Anfertigung dieser primitiven Geräte es sich zunächst darum gehandelt, ein handliches Feuersteinstück herzustellen. Der Erzeuger desselben sah sich dabei veranlaßt, vor allem jene Spitzen und Kanten abzuschlagen, welche das Ergreifen und Handhaben des Stückes erschwerten. Dann erst wurde die schneidende Kante oder die Spitze des Bohrers durch geeignete Retouchen erzielt. Sehr große flache Feuersteinstücke, welche in den Eolithenlagern auftreten und schon ihrer Größe und ihres Gewichtes wegen unmöglich als Werkzeuge betrachtet werden können, aber an ihren Randpartien ähnliche Absplittierungen aufweisen, wie die eigentlichen Eolithen, hat Rutot als Ambosse betrachtet, auf welchen mit kleineren Feuersteingeräten gearbeitet worden wäre.

Es muß nun betont werden, daß erstlich an den palaeolithischen Stationen vermengt mit den ausgearbeiteten typischen Steingeräten der betreffenden Epochen sich vielfach auch Feuersteinstücke finden, welche mehr oder minder den als Kratzern, Schabern u. s. w. bezeichneten „Eolithen“ gleichen und wahrscheinlich vorübergehend auch entsprechend benützt und dann weggeworfen wurden. Zweitens muß zugegeben werden, daß dem Chelléen, in welchem zuerst jene mandelförmigen, roh zugearbeiteten Feuersteingeräte auftreten, welche man als „Faustkeile“ bezeichnet, gewiß eine Epoche vorherging, in welcher der Mensch ähnliche Feuersteinbruchstücke gebrauchte, wie sie uns in den Eolithen vorliegen. Ein Teil dieser Dinge, vielleicht derjenige, auf welche Rutot sein Strépyien gegründet hat, das den Übergang von der eolithischen zur palaeolithischen Industrie bilden soll, mag also mit großer Wahrscheinlichkeit als künstlich geformt betrachtet werden. Es ist aber sehr zweifelhaft, ob dies auch für die eigentlichen eolithischen Industrien des älteren Diluviums, das Mesvinien, Mafflien und Reutélien Rutots (vergleiche dessen nachstehend wieder-

gegebene Klassifikation der eolithischen, palaeolithischen und neolithischen Epoche) oder gar für die tertiären des St. Prestien, Kentien, Cantalien und Fagnien gilt. Wie wir später sehen werden, sind gegen die Eolithen zahlreiche gewichtige Bedenken geltend gemacht worden, welche Rutot durch seine scharfen Verteidigungsschriften nicht vollkommen entkräften konnte. Mit Boule und Obermaier möchte ich die Meinung aussprechen, daß die Eolithen allein nicht hinreichen, um die Existenz des Menschen oder eines Vorfahren desselben, der in stande gewesen wäre, sich solche Werkzeuge zuzuschlagen, mit vollkommener Sicherheit zu erweisen. Die in der nachstehenden Tabelle angeführten eolithischen Industrien der älteren Quartär- und der Tertiärformation sind also meines Erachtens keineswegs so sicher gestellt, wie dies von Rutot selbst und den Anhängern seiner Eolithentheorie angenommen wird.

Tableau de classification de Mr. A. Rutot.

Groupe éolithique	I Industries tertiaires	Fagnien (Hautes Fagnes, Belgique) Cantalien (Cantal, France) Kentien (Kent, Angleterre) St. Prestien (St. Prest, France)
	II Industries quaternaires	Rentélien (Hainaut, Belgique) Mafflien (Hainaut, Belgique) Mesvinien (Hainaut, Belgique)
Groupe paléolithique	I Paléolithique alluvial	Strépyien (Hainaut, Belgique) Chelléen (St. Acheul, Somme) Acheuléen 1 (St. Acheul, Somme) Acheuléen 2 (St. Acheul, Somme)
	II Paléolithique troglodytique	Moustérien (Vézère, France) Aurignacien Inférieur-Moyen-Supérieur (Vézère, France) Solutréen (Solutré, France) Magdalénien Inférieur-Moyen-Supérieur (La Madeleine, France)
Groupe néolithique		Tardenoisien (Aisne, France) Flénusien (Flénu, Belgique) Campignyien (Campigny, France) Robenhausien (Robenhausen, Suisse) Omalien (Omal, Belgique) Mégalithique (Bretagne, France)

Rutot selbst hat es für nötig erachtet, dem von vielen Seiten erhobenen Einwand, daß „Eolithen“ auch auf natürlichem Wege entstehen können, entgegenzutreten; er hat in einer eigenen Abhandlung über „Eolithen und Pseudoeolithen“ die Unterschiede der echten, von der Hand des Menschen geformten Eolithen und der auf natürliche Ursachen (Zerfällung durch Temperaturänderung, Frostsprengung, Wirkung des fließenden Wassers oder der Brandung des Meeres u. s. w.) zurückzuführenden falschen oder „Pseudoeolithen“ darzulegen versucht.

In dieser 1906 veröffentlichten Abhandlung,¹ auf deren Inhalt wir noch zurückzukommen haben, wendet sich Rutot zunächst in einem „La question des Pseudo-éolithes des Mantes“ betreffenden Abschnitt gegen Boule und Obermaier, welche die Ähnlichkeit der von den Getreidemühlen bearbeiteten Silexbruchstücke mit den Eolithen hervorgehoben hatten; er erörtert ferner in einem weiteren Abschnitt „Les éolithes et les pseudo-éolithes des alluvions fluvioglaciaires de l'Allemagne du Nord“ die norddeutschen Vorkommnisse, bezüglich welcher auch gewichtige Einwände gegen die Eolithentheorie erhoben wurden, und er bespricht endlich „Les pseudo-éolithes du littoral de l'île de Rugen“. Die Ähnlichkeit dieser Gebilde, welche durch natürliche Einwirkungen entstanden sind, wird von Rutot zugegeben, aber das Vorhandensein von wesentlichen Unterschieden behauptet: „il existe entre les pseudo-éolithes et les vrais éolithes des différences, que le connaisseur appréciera.“ — „on ne remarque pas les localisations de retouches que montrent les vrais éolithes, toutes les arêtes quelconques sont retouchées et les surfaces portent des traces de coups plus nombreuses.“ Man muß zugeben, daß diese Merkmale zwischen echten und Pseudoeolithen keine scharfe Unterscheidung zulassen und man bei dem einzelnen Stück gewiß in Zweifel kommen wird, ob man es mit einem echten oder falschen Eolithen zu tun hat.

M. Verworn, der neben Rutot als einer der ersten Verteidiger der Eolithentheorie zu nennen ist, gibt dieselben zwei Reihen von Erscheinungen, die wir schon oben besprochen.

¹ A. Rutot. Eolithes et Pseudo-Eolithes. Mémoires de la société d'anthropologie de Bruxelles, XXV. 1906.

als bezeichnend für die Eolithen an: Die Schlagmarken am abgesprungenen Stück wie am Kernstein und die Retouchen an den Kanten. Er gibt aber zu, daß von einem entscheidenden Kennzeichen für die Artefaktnatur eines Stückes nicht gesprochen werden könne: „Worum wir uns bemühen müssen, ist vielmehr die Entwicklung einer kritischen Diagnostik, die in analoger Weise ausgebildet ist, wie die Diagnostik des Arztes. Je feiner wir diese Diagnostik durch Beobachtung und Experiment entwickeln, um so mehr wird sich die Zahl der zweifelhaften Fälle für uns vermindern. Die kritische Analyse der gegebenen Kombination von Symptomen ist es allein, die uns in den Stand setzt, die Entscheidung zu treffen.“¹ Das klingt gewiß sehr schön, aber die übergroße Zahl von angeblich einwandfreien Stücken, welche Verworn bei seinen Grabungen am Puy de Boudieu und am Puy Courny gefunden haben will, legt doch die Vermutung nahe, daß er bei der Beurteilung seines Materiales kaum weniger sanguinisch zu Werke ging als Rutot bei der Wertung seiner belgischen Funde.

Das Ende der Eolithenfrage bedeuteten nach Rutot tasmanische Steingeräte vom Typus der Eolithen, welche Noetling in Tasmanien gesammelt hatte.² Rutot reiht auf Grund der Funde Noetlings den tertiären und quartären Eolithindustrien, sowie dem „Flénusien“, welches dem unteren Neolithikum angehört, noch ein „Tasmanien“ für die Gegenwart an. Es muß aber hiezu bemerkt werden, daß hiedurch die Eolithenfrage keineswegs aus der Welt geschafft wurde, denn es handelt sich keineswegs um die Frage, ob eolithenähnliche Geräte tatsächlich von primitiven Menschenrassen, wie dies bei den Einwohnern von Tasmanien der Fall gewesen zu sein scheint, gebraucht wurden. Dies war ja zweifellos während der ganzen Steinzeit gewiß der Fall. Zweifelhaft ist nur, ob die Eolithe für sich allein hinreichen, die Existenz

¹ M. Verworn, Die archaeolithische Kultur in den Hipparionschichten von Aurillac (Cantal). Abhandl. d. K. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen. Math. phys. Kl. Bd. IV. 4. 1905, S. 29.

² A. Rutot, La fin de la question des éolithes; Bulletin de la soc. Belge de géologie, Procès verbaux, XXI, 1907, p. 211.

des Menschen auch in weit ausgedehnten, bis ins ältere Tertiär hinabreichenden geologischen Zeiträumen sicherzustellen, was von manchen Autoren mit Rücksicht auf die Schwierigkeit der Unterscheidung von echten und falschen Eolithen in Abrede gestellt wird.

Die Eolithenfrage ist gerade durch Rutots angebliche Entdeckung echter Eolithen in mitteloligocänen Schichten außerordentlich zweifelhaft geworden. In einer 1907 veröffentlichten Abhandlung¹ gibt Rutot ausführlichen Bericht darüber; er veröffentlicht die Profile zweier Sandgruben, in welchen unter Sandschichten mit *Pectunculus obovatus* Lamk., *Isocardia subtransversa* d'Orb., *Cytherea Beyrichi* Semp., *Cytherea incrassata* Sow. und anderen für oberoligocäne Schichten bezeichnenden Conchylien ein Lager von Eolithen angetroffen wurde. Die letzteren dürften sonach mitteloligocänes Alter besitzen. Rutot schlägt für diese mitteloligocäne Industrie von Boncelles den Namen „Fagnien“ vor und gibt die Beschreibung und Abbildung einer großen Zahl von „Eolithen“ vor Boncelles, die er als „Percuteur ayant beaucoup servi“ als „Bon percuteur tranchant“, „Tranchet“, „Percuteur pointu“, „Retouchoir“, „Couteau“, „Beau racloir“, „Racloir bien retouché“, „Très joli racloir“, „Beau grattoir“, „Joli grattoir“, „Beau perçoir“, „Perçoir à pointe droite“, „Perçoir à pointe oblique“, „Pierre de jet“, „Pierre de briquet“ (!) vorführt. Ich muß gestehen, daß bei genauer Durchsicht der von Rutot gegebenen Abbildungen² man kaum zu der Überzeugung gelangt, daß diese Dinge in der Tat die ihnen von Rutot gegebenen Bezeichnungen verdienen, die man ihnen nur bei sehr sanguinischer Auffassung zuerkennen kann. Rutot aber vergleicht die oligocänen „Eolithen“ von Boncelles mit den Noetling'schen Steingeräten von Tasmanien und findet

¹ A. Rutot, Un grave problème. Une industrie humaine datant de l'époque oligocène. Comparaison des outils avec ceux des Tasmaniens actuels. — Bulletin de la société Belge de géologie, XXI, 1907. (Mémoires.)

² Dieselben wurden bei dem Vortrag durch Projektion von Diapositiven vorgeführt, ebenso wurden durch solche Eolithen aus dem Mesvinien, Mafflien und Reutellen Belgiens, sowie solche von St. Prest, Kent und Puy-Courny demonstriert.

sie höchst ähnlich: „On reconnaît clairement qu'il n'existe aucune différence sensible entre l'industrie humaine oligocène ou fagnienne et celle des Tasmaniens actuels“¹ und weiterhin² bemerkt er „Quoi qu'il en soit des analogies ou plutôt des identités signalées entre les éolithes oligocènes de Boncelles et les éolithes modernes de Tasmaniens, nous n'en restons pas moins en face d'un grave problème: celui de l'existence à l'époque oligocène d'êtres assez intelligents pour se servir d'outils déjà parfaitement définis et variés. Quel est cet être intelligent, est ce un précurseur, est ce déjà un homme?“ Zur Lösung dieses „grave problème“ empfiehlt Rutot große Grabungen, die freilich viel Geld kosten: „et c'est toujours, dans les questions de science, ce qui manque le plus.“ Zweifellos werden weitere Untersuchungen der Fundstellen von Boncelles zur Klärung des Sachverhaltes beitragen, ich möchte aber vermuten, daß das Endergebnis kaum günstig für die Eolithentheorie sein wird, die meiner Ansicht nach gerade durch die Entdeckung der oligocänen „Eolithen“, an welchen Rutot alle Merkmale nicht bloß der altdiluvialen, sondern auch der recenten Eolithenindustrie wieder finden will, die größte Erschütterung erfahren hat. Wir kommen hierauf noch am Schluß unserer Betrachtungen zurück und wollen zunächst jene Einwendungen ins Auge fassen, die von verschiedenen Seiten gegen die Eolithenlehre geltend gemacht worden sind.

A. Arcelin erörterte schon 1885 (woran H. Obermaier neuerdings erinnert) das Vorkommen eigentümlich veränderter Feuersteine im Eocän des Mâconnais. Diese eocänen Ablagerungen sind ausnehmend reich an Feuersteineinschlüssen, welche Spuren der verschiedensten chemischen, physikalischen und mechanischen Einwirkungen zeigen. Die einen sind ganz zersetzt, die anderen gerollt, andere in mannigfacher Weise zersprungen, weitere hingegen ganz unversehrt. Man findet Silices mit deutlichen „Schlagmarken“, polyedrische Nuclei, anscheinende Klingen u. dgl. Als Kuriosum erwähnt Arcelin einen Kratzer, der ob seiner Formvollendung selbst als neolithisch gedeutet werden könnte. Er besteht aus einem alten

¹ A. o. a., O., S. 42.

² A. o. a., O., S. 41.

Abspliss, dessen „Retouchen“ aber frischer sind; sie sind das Resultat einfacher Pressung, die sich bei der modernen Ausbeutung der Kiesgrube ergab und welche die Ränder regelrecht in einem Sinne und auf einer Seite nachbesserte.¹

Die Beobachtungen, welche Marcellin Boule und Hugo Obermaier über die Entstehung von Eolithen in den Kreidemühlen von Mantes gemacht haben, sind jedenfalls für die Eolithenfrage von ganz besonderem Belang, und es ist begreiflich, daß sich an diese Beobachtungen eine große Reihe von Veröffentlichungen anschloß, da von der einen Seite behauptet wurde, die Bildung von künstlichen Eolithen durch die Kreidemühlen, deren Erzeugnisse alle Merkmale (Schlagmarken, Retouchen) tragen, beweiße, daß die als Werkzeuge betrachteten Eolithen aus altdiluvialen und tertiären Ablagerungen durch natürliche Einwirkungen ihre Gestalt erhalten hätten. Von Seite der Eolithiker aber wurde daran festgehalten, daß man zwischen echten Eolithen und Pseudoeolithen zu unterscheiden habe, daß die Erzeugnisse der Kreidemühlen nur entfernte Ähnlichkeit mit den Eolithen besäßen und daß es für denjenigen, der sich eingehend mit den letzteren beschäftigt hat, leicht sei, die echten Eolithen von den Pseudoeolithen zu unterscheiden.

Wie Marcellin Boule in seiner Abhandlung über die Bildung der Eolithen² und Hugo Obermaier in zahlreichen Schriften³ zu zeigen versuchen, sind die Erzeugnisse der Kreidemühlen von Mantes in allen wesentlichen Merkmalen den in verschiedenen Schichten vorkommenden Eolithen höchst ähnlich. Boule und Obermaier beobachteten in Gesellschaft von A. Laville und E. Cartailhac im Juli 1905 die Wirkung rasch fließenden Wassers, das in den Kreidemühlen durch

¹ A. Arcelin, *Silex tertiaires. Matériaux* 1885, 3 Ser., Bd. II., S. 193 (so zitiert von Obermaier).

² Marcellin Boule, *L'origine des éolithes, L'Anthropologie*, T. XVI., 1905.

³ Hugo Obermaier, *Zur Eolithenfrage, Archiv für Anthropologie*, N. F., Bd. IV., Heft 1, 1905.

— Neue Beobachtungen über die Pseudoeolithen von Mantes (ebendortselbst).

— Das geologische Alter des Menschengeschlechtes. *Mitteilungen der Wiener Geologischen Gesellschaft*, I., 1908, Heft 3.

Turbinenflügel in Bewegung versetzt wurde, auf die Feuersteine. Die Kreidemühlen der Compagnie des Ciments française in Querville bei Mantes haben den Zweck, die Kreide von den eingeschlossenen Feuersteinknollen zu trennen und zu zerkleinern, sodaß ein Schlämmprozess ermöglicht wird. Auf rein mechanische Weise entstanden so Steinformen, welche den Eolithen täuschend gleichen.

Gegen die Ansichten von Boule und Obermaier sind dann von Rutot und anderen Anhängern der Eolithentheorie mehrfache Einwände vorgebracht worden. Rutot selbst wendet sich weniger gegen den Vergleich, der zwischen den Kreidemühlen und den natürlichen Ursachen, die angeblich die Eolithen geformt hätten, gezogen wird, obwohl auch er die Frage aufwirft, warum die „Eolithophoben“ gerade die Kreidemühlen herangezogen hätten, um nachzuweisen, daß die Eolithen durch die Wirkung des rasch fließenden Wassers der Gießbäche entstanden seien. Es mangle doch nicht an solchen in Frankreich und man hätte an solchen eher die natürliche Erzeugung der Eolithen erweisen sollen, als an der künstlichen Einwirkung der Kreidemühlen von Mantes.¹ Rutot legt aber das Hauptgewicht auf die Gestaltung der Eolithen, auf die gänzlich verschiedene Zurichtung jenes Teiles der Steine, an welchem dieselben erfaßt und jenes Teiles, mit welchem dieselben als schneidende, kratzende oder bohrende Werkzeuge dienen sollen; er legt Gewicht auf die Unterscheidung der „ra cloirs“, deren Schneide in der Längsrichtung, und der „grattoirs“, welche in queren Sinne gebraucht wurden, auf die nach seiner Meinung entscheidende, wiederholte „Bearbeitung“ der durch den Gebrauch abgenützten Schneiden u. s. w., er legt Wert auf die häufig vorkommenden, von ihm als „pierres de jet“ gewürdigten polyedrischen Bruchstücke, welche angeblich die Kreidemühlen nicht erzeugen könnten u. s. w., kurz, er hält an all den von ihm schon früher für die Eolithen ins Feld geführten Beweisgründen fest.

E. de Munck und G. Chillain haben in Wildbächen Versuche angestellt, um nachzuweisen, daß das strömende

¹ A. Rutot, Toujours les éolithes, Bulletin de la société d'anthropologie de Bruxelles, XXIV., 1905, pag. 5 d. S. A.

Wasser niemals eolithenähnliche Fragmente erzeugt, sondern im Gegenteil künstlich zugeschlagene Steine der Schlagmarken beraubt. In Wildbäche hineingeworfene Eolithen wurden schon durch einen kurzen Transport von zwei bis drei Kilometern vollkommen zu Flußgeschieben geschliffen.

Gegen diese Versuche wäre vor allem einzuwenden, daß man bei einer natürlichen Bildung der Eolithen von Haus aus nicht an einen Transport in fließendem Wasser, sondern eher an ein gegenteiliges Beschädigen der Feuersteinbruchstücke im rutschenden Gehängschutt oder in der Ablagerung eines Schuttkegels zu denken hat — also an Verhältnisse, wie sie in annähernd gleicher Weise in den Kreidemühlen von Mantes die Erzeugung von „Pseudo-Eolithen“ veranlaßte.

J. Hahne hat sich über die von Kreidemühlen erzeugten Eolithen in ähnlichem Sinne geäußert wie Rutot;¹ er gibt nur zu, daß das von den Kreidemühlen erzeugte Material Stücke aufweist, „die zur Not vergleichbar sind mit den Eolithen, aber eben stets immer nur bis zu einem gewissen Grade“. M. Verworn aber behauptet, daß die von ihm untersuchten Eolithen total verschieden seien von den Kunstprodukten der Kreideschlammereien: „Ein Laie würde bei einem flüchtigen Blicke auf die beiden Gruppen ohne weiteres die charakteristischen Unterschiede herausfinden.“² Obermaier beruft sich dem gegenüber in seinem in der Wiener geologischen Gesellschaft gehaltenen Vortrag auf die Meinung Prof. Capitans, „dessen Kompetenz speziell für Steinzeitartefakte von keinem Fachmanu angezweifelt werden kann und speziell von A. Rutot selbst wiederholt ganz besonders betont wurde.“³

Prof. L. Capitan sprach sich bei Vorlage der Feuersteine von Mantes mit folgenden Worten aus: „Die Aussplitterungen geben ziemlich gut die Abnutzungsspuren und selbst die Retouchen wieder und sind sehr zahlreich und an einer Anzahl von Stücken hochinteressant. Sie können Schlag-

¹ J. Hahne, Über die Beziehungen der Kreidemühlen zur Eolithenfrage. Zeitschrift für Ethnologie, 1906, S. 1024.

² M. Verworn, Umschau, Frankfurt a. M., 1906, Nr. 7.

³ H. Obermaier, Mitteilungen der geologischen Gesellschaft in Wien, I., 1908, S. 300.

steine von verschiedenem Typus, Schaber und Kratzer, selbst Bohrer wiedergeben. Ich lege hier eine Serie dieser Stücke vor und zugleich verschiedene Silices aus quartärem Schotter, die ich bislang als Eolithen ansprach und welche die größte Ähnlichkeit mit den Silices von Querville aufweisen“ — und ferner „von einem großen Teil der Eolithen (setzen wir ein Drittel, vielleicht sogar die Hälfte), von dem ich bisher annahm, daß er die Kennzeichen einer intentionellen Arbeit trage, glaube ich jetzt, daß sie ebensogut durch natürliche Ursachen hervorgerufen, als durch ein intelligentes Wesen benützt, beziehungsweise zugerichtet sein können.“¹

A. de Lapparent hat sich gleichfalls der von Boule, Capitan, Obermaier u. a. ausgesprochenen Ansicht über die natürliche Entstehung der Eolithen angeschlossen und dieselben in einer „Die Eolithen-Fabel“ betitelten Abhandlung als „Silex taillés par eux mêmes“ bezeichnet.² Dieses geistreiche Witzwort trug ihm allerdings scharfen Tadel von Seite Rutots ein, der am Schlusse seiner Abhandlung über Eolithe und Pseudo-Eolithe schrieb: „M. de Lapparent aurait, dû se rappeler avant d'agir, le rôle néfaste joué par Cuvier et Élie de Beaumont vis-à-vis de Boucher de Perthes, tout à l'origine de la Préhistoire. Il y avait là une tache à effacer plutôt qu'à accentuer encore.“ Es muß aber betont werden, daß zwischen den von Boucher de Perthes gemachten Entdeckungen, die trotz des Widerspruches von Cuvier und seinen Anhängern schließlich allgemein anerkannt wurden, und den so überaus problematischen Eolithen Rutots ein himmelweiter Unterschied vorhanden ist.

Mehr noch als die Herstellung von Eolithen durch die Kreidemühlen von Mantes beweist meiner Ansicht nach eine scharfe Beobachtung, die an englischen Eolithen gemacht wurde.

Worthington G. Smith hat bei Salisbury und Dumtable in England eine Untersuchung vorgenommen, deren Resultate sehr zu Ungunsten des künstlichen Ursprunges der

¹ L. Capitan, Présentation de silex de Querville près Mantes (Pseudo-éolithes) Bull. et mém. d. l. Soc. d'anthrop. de Paris, 5. Ser., VI., pag. 373; zitiert nach Obermaier.

² A. de Lapparent, La fable éolithique, „Correspondent“, Paris, 1905.

Eolithen sprechen. Es finden sich dort eolithische „Geräte“ in gewaltiger Menge, typische Formen, wie sie von den Anhängern der Eolithen-Theorie massenhaft gesammelt und abgebildet wurden. Die nachträgliche Bearbeitung, die Retouche, erscheint vorzüglich ausgedrückt, sodaß die Stücke sich deutlich als sogenannte „Schaber“ zu erkennen geben. Neben diesen „Eolithen“ fand sich aber im flinthaltigen Tone eine Menge kleiner Feuersteinstückchen von der gleichen Beschaffenheit wie die Eolithen, sodaß in Smith der Verdacht aufstieg, diese müßten durch irgend welche natürliche Reibung von den „Eolithen“, neben denen sie lagen, abgesprungen sein und so die schön retouchierten Ränder gebildet haben. Infolgedessen gab er sich die Mühe, die umherliegenden Splitter in die „Eolithen“ wieder an den Ort und die Stelle, von denen sie stammten, einzufügen. Und das gelang überraschend in einem auch zur Abbildung gebrachten Falle, der sehr lehrreich ist und nach Smiths wohl begründeter Ansicht, wenigstens für die von ihm untersuchten Eolithen, den künstlichen Ursprung ausschließt.¹

Auch die Verbreitung der Eolithen ist kaum mit der Annahme ihrer Artefakt-Natur zu vereinigen. Sie sind nicht an bestimmte Stationen, sondern an weit verbreitete Ablagerungen gebunden. Dort wo Feuerstein, der in seinen Lagerungsverhältnissen Veränderungen erlitten hat, vorkommt, kann man auch stets erwarten, Eolithen anzutreffen. Ältere und jüngere Alluvionen, welche an Feuersteinen reich sind, weisen stets auch eine Menge von Eolithen auf, und zwar oft auf sehr großen Flächenräumen. Das Reutélien erstreckt sich in Belgien über 120, das Mafflien über 350 Quadratkilometer. Außerhalb der „Feuersteindistrikte“ aber wurde niemals ein einziger Eolith angetroffen; die geographisch-geologische Grenze, welche das natürliche Vorkommen der Feuersteine bezeichnet, gilt auch für die Verbreitung der Eolithen.

Der gegen die Eolithen-Theorie Rutots mit Recht geltend gemachte Einwand, daß in einzelnen, bestimmten Schichten die angeblichen Geräte in ungeheuren Massen angetroffen

¹ „Man“, Jahrgang 1907, Juliheft.

werden, daß man in Belgien, Nord-Frankreich, England ganze „Silexteppiche“ findet, wie Professor Engerrand in Brüssel sich ausdrückt, von denen ein großer Teil die fraglichen Benützungsspuren zeigt, wurde dadurch zu widerlegen gesucht, daß man darauf hinwies, diese primitiven Werkzeuge seien eben nur vorübergehend gebraucht und dann weggeworfen worden: „Wenn 1000 Individuen nur drei Feuersteinstücke im Tage gebraucht hätten, so mache das in 1000 Jahren 1000,000.000 benützter Stücke und diese Zahlen blieben sicher noch hinter der Wirklichkeit zurück.“² Mit einer solchen Argumentation kann man schließlich erklären, daß wirklich, wie es nach den Darstellungen von Dr. Schweinfurth der Fall wäre, an gewissen Stellen der libyschen Wüste der Boden geradezu mit Steinwerkzeugen bedeckt wäre. Andere wollen freilich in jenen Gesteinsbruchstücken nur die Wirkung der großen Temperaturänderungen und anderer natürlicher Einflüsse erkennen.

Nicht weniger auffallend als die ungeheure Menge der angeblich bearbeiteten Gesteinsstücke ist aber das von Rutot selbst in den belgischen Eolithenlagern festgestellte Zahlenverhältnis der „Eolithen“. Im Jahre 1901 gab Rutot an, daß die Zahl der Fundobjekte proportionell abnehme, je mehr man sich den paläolithischen Epochen nähere. Das Mafflien soll sich hinsichtlich der Artefaktmengen zum Mesvinien und Acheuléen verhalten wie 400:100:10. Man könnte nun allerdings annehmen, daß die bessere Herstellung und der längere Gebrauch einzelner Steine eine Verminderung der Zahl der Werkzeuge gegenüber den früher regellos geformten und nur vorübergehend gebrauchten Steinen herbeigeführt habe, aber der allzu große proportionelle Unterschied ist doch auf diese Weise allein nicht wohl zu erklären. Rutot selbst nimmt deshalb eine gleichzeitige, durch klimatische Verhältnisse bedingte Abnahme der Bevölkerung an,² eine Annahme, welche deutlich

¹ L. Reinhard, Vom Nebelfleck zum Menschen. — Der Mensch zur Eiszeit in Europa, 2. Aufl., 1908, S. 37.

² A. Rutot, „Sur l'air de dispersion actuellement connue des peuplades paléolithiques en Belgique. Bulletin de la soc. d'anthropol. de Bruxelles“, XIX. 1901.

zeigt, zu welchen weiteren Hypothesen die Eolithentheorie ihre Anhänger zwingt, um die merkwürdige Verbreitung der Eolithen in Raum und Zeit zu erklären.

In Deutschland, wo, wie wir bereits gesehen haben, einzelne Forscher sich rückhaltlos der Eolithentheorie Rutots angeschlossen haben, erhoben sich ebenso gewichtige Stimmen gegen dieselbe.

Professor E. Fraas hat, wie ich einer unten zu besprechenden Erörterung der Eolithenfrage durch Dr. Lukas Waagen entnehme, darauf hingewiesen, daß die Funde von Eolithen stets ausschließlich an Feuersteinablagerungen gebunden seien, während sie sonst stets fehlen. Er betonte ferner, daß die Meeresbrandung an der Steilküste von Rügen die prächtigsten Eolithen erzeuge, man müsse daher in der Eolithenfrage sehr vorsichtig zu Werke gehen. Rutot selbst hat ja, wie schon oben erwähnt, bei seiner Erörterung der „Eolithen“ und „Pseudo-Eolithen“ zugegeben, daß diejenigen von Rügen den echten Eolithen überaus gleichen. er sagt, daß sie „d'un aspect parfois embarrassant“ sind. Da es sich hier um die Wirkung des Meeres als eines eolithenerzeugenden Faktors handelt, mag auch auf eine diesbezügliche bestätigende Beobachtung M. Boules verwiesen werden, dem es gelang, in England zwischen Sheringham und Cromer eine große Anzahl von derartigen „Eolithen“ aufzusammeln.¹

W. Deecke hat die Eolithenfrage für die Ostseegegenden erörtert,² in welchen ziemlich häufig Eolithen angetroffen werden, deren Alter meist als diluvial, öfters aber auch als tertiär bezeichnet wurde. Deecke macht vor allem darauf aufmerksam, daß man bei der Beurteilung der Funde sehr vorsichtig sein müsse, da die wenigsten aus unberührten Schichten stammen. Der Diluvialmergelboden sei seit Jahrhunderten als Ackerboden bis in größere Tiefen umgewühlt worden, auch Waldboden sei bei dem geringen Alter der Wälder als Kulturboden zu betrachten. Auf Bornholm und Rügen seien noch in

¹ M. Boule, L'Anthropologie, 1907, Bd. XVIII., S. 716.

² W. Deecke, Zur Eolithenfrage auf Rügen und Bornholm. Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Neu-Vorpommern und Rügen zu Greifswald, 36. Jahrgang, 1905.

jüngster Zeit Feuersteine für Flintenschlösser zugeschlagen worden. Deecke weist ferner nach, daß in den von ihm untersuchten Gegenden die feuersteinführende senone Kreide vor der Diluvialzeit durch eine mächtige Ablagerung jüngerer Schichten — in ganzen etwa 200 m — verhüllt war. Vor dem Diluvium fehlte das Material zur Anfertigung der Feuersteinwerkzeuge, erst während der Eiszeit trugen die vom Inlandeis abströmenden Schmelzwässer die Tertiärdecke ab und die nach dem Rückzug der ältesten Vereisung abgelagerten Sande enthalten demgemäß größere Mengen von obersenenen Feuersteinen. Die Feuersteinlager der Kreide selbst aber wurden erst gegen Ende der Diluvialzeit bloßgelegt. Daraus erklärt sich, daß Spuren von tertiären Menschen in den Ostseeegenden nicht nachzuweisen sind und sichere Anhaltspunkte für die Existenz des Menschen erst aus jener Epoche vorliegen, aus der auch sonstige paläolithische Spuren, z. B. auf Rügen, bekannt sind.

Die natürliche Entstehung der Eolithen im norddeutschen Diluvium hat Fritz Wiegers in einer sehr beachtenswerten, auf geologischen Grundlagen fußenden Erörterung¹ nachgewiesen. Die ältesten urgeschichtlichen Funde gehören der Zwischeneiszeit an, sie sind gering an Zahl, tragen aber insgesamt paläolithischen Charakter. Die fraglichen Eolithen hingegen finden sich in großer Anzahl in Flußschottern, welche geologisch jünger sind, auch treten sie stets in Schottern auf, welche Feuersteine führen, niemals in Sanden. Wiegers zieht daraus den Schluß, „daß die sogenannten Eolithen und ihre große Häufigkeit in einem Abhängigkeitsverhältnis zu ihrer Lagerstätte stehen“ und gelangt zu dem Ergebnisse: „Die sogenannten Eolithen im norddeutschen Diluvium sind auf natürliche Weise entstanden; es sind durch die Wirkung des strömenden Wassers umgeformte Feuersteine.“

Dr. Lukas Waagen hat 1907 eine kurze Erörterung über die Eolithenfrage veröffentlicht,² in welcher er zunächst

¹ Fritz Wiegers. Die natürliche Entstehung der Eolithen im norddeutschen Diluvium. Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft, Monatsberichte, 1905. S. 485.

² L. Waagen, Der heutige Stand der Eolithenfrage. Mitteilungen der K. k. geographischen Gesellschaft in Wien, 50. Band. 1907. S. 348—353.

darauf hinweist, daß Rutots Gliederung der eolithischen Zeit, die auf Grund der belgischen Funde aufgestellt wurde, sich schon dadurch als eine künstliche erwies, daß sie für das angrenzende Frankreich nicht mehr anwendbar war, in welchem G. und A. de Mortillet andere Stufen unterschieden. Waagen übersah dabei, daß Rutots Reutélien, Mafflien, Mesvinien der Diluvialzeit angehören, während die Mortillet'schen Stufen von Thenay, Ota, Puy-Courny tertiären Alters sind. Er ist aber im Recht, wenn er es tadelt, daß die französischen Prähistoriker auch als Urheber der Artefakte jener Stufen je einen Vorläufer des Menschen erfanden, den sie *Homosimius Bourgeoisii*, *Homosimius Ribeiroi* und *Homosimius Ramesi* nannten. Waagen sagt mit Recht: „Es sind dies Fabelwesen, für die natürlich jeder paläontologische Nachweis fehlt und deren Zweck es nur war, über die Lücke, welche vor dem Auftreten des prähistorischen Menschen besteht, hinwegzutäuschen.“ Waagen macht dann auf die auch von anderen Gegnern der Eolithentheorie betonten auffallenden Umstände aufmerksam, daß die Eolithen in Belgien nie an Stationen, sondern stets auf große Areale zerstreut vorkommen, daß ihre Häufigkeit in den Rutot'schen Perioden von der ältesten zur jüngsten sich wie 400:100:10 verhalte, was Rutot vergeblich dadurch zu erklären suche, daß die bearbeiteten Steine die Eolithen verdrängten und eine starke Bevölkerungsabnahme stattgehabt hätte. Waagen führt dann die von M. Boule und H. Obermaier, von Fraas, W. Deecke und Fritz Wieggers gegen die Eolithen vorgebrachten Beweise an, während er nur erwähnt, daß Rutot an seiner Theorie festhält und daß auch in Deutschland die Lehre von diesen „problematischen Urgeräten“ noch weiterhin durch Schweinfurth, Hahne und Klaatsch vertreten wird. Am Schlusse begründet Waagen seine Ablehnung der Eolithen damit, daß verschiedene Forscher in verschiedenen Gegenden, von verschiedenen Gesichtspunkten ausgehend, zu dem gleichen Ergebnisse kamen, daß die „Eolithen“ nicht von Menschenhand, sondern durch Naturkräfte geformt wurden. Damit sei das wichtigste Argument für den Tertiärmenschen zerstört, womit die Untersuchungen Deeckes, welche die

Unmöglichkeit der Feuersteingewinnung in vordiluvialer Zeit für das nördliche Deutschland dartun, vollkommen übereinstimmen. „Wenn sich auch jetzt noch“ — schließt Waagen — „ein Teil der Prähistoriker gegen diese Forschungsergebnisse verwahrt, so wird ihre Gegnerschaft doch bald der besseren Erkenntnis Platz machen müssen, daß der Tertiärmensch nunmehr in das Reich der Fabel zu verweisen ist und daß die Stammesgeschichte der Menschheit — vorläufig — sich in der Eiszeit verliert.“

In diesem Schlußsatz hat Waagen offenbar mehr ausgesagt, als wozu ihn die von ihm angeführten Untersuchungen von Boule, Obermaier, Deecke und Wiegers berechtigten.

Die Frage nach der Existenz eines tertiären Vorläufers des Menschen ist derzeit noch nicht aus der Welt geschafft, um so weniger, als einerseits der diluviale Mensch vom Neandertal, von Spy und Krapina trotz der mannigfachen tierischen Merkmale, die ihn als ein (nicht als das) Bindeglied zwischen Mensch und Tier erscheinen lassen, doch ebensogut ein echter Mensch ist, wie der jurassische *Archaeopteryx*, trotz seiner vielen Reptilieneigenschaften sich doch als ein echter Vogel darstellt; andererseits aber das geologische Alter des *Pithecanthropus erectus* Dubois heute trotz der Untersuchungen von M. Volz¹ noch keineswegs sichergestellt ist. Meines Erachtens war Volz auf Grund der von ihm mitgeteilten Tatsachen nicht zu dem Schluß berechtigt, daß die Schichten von Trinil mit *Pithecanthropus erectus* auf Java keinesfalls älter sind als diluvial aber auch nicht jünger als jungdiluvial und daß sie voraussichtlich in das mittlere Diluvium zu stellen sind.

Dames, Uhlig und Frech haben seit langem auf die Übereinstimmung der Fauna von Trinil mit der altdiluvialen Nerbudda-Fauna hingewiesen, und wenn man schon dem von Dubois behaupteten pliocänen Alter des *Pithecanthropus* nicht zustimmen will, wird man doch ein altdiluviales zuge-

¹ W. Volz, Das geologische Alter der *Pithecanthropus*-Schichten bei Trinil, Ost-Java. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Festband zur Feier des 100jährigen Bestehens, 1907, S. 256.

stehen müssen. Allerdings gehen die Ansichten über die phylogenetische Bedeutung des *Pithecanthropus* weit auseinander und während W. Volz denselben „als einen Versuch einer menschenähnlichen Entwicklung des Hylobatidenstammes“, als einen „minderbegünstigten Konkurrenten des Menschen“ betrachtet, hält sich Obermaier für berechtigt, „bis auf weiteres den *Pithecanthropus* von Java dem menschlichen Stammbaum am nächsten zu stellen.“

G. Steinmann, welcher Rutots Eolithenentdeckung im belgischen Eocän für beweiskräftig erachtet und einen polyphyletischen Ursprung der Menschen annimmt, die auf verschiedenen Stammlinien aus Pithekoiden hervorgegangen seien, meint: „Weder *Pithecanthropus* noch *Homo primigenius* brauchen als erloschene Formen zu gelten, von denen heute keine Nachkommen mehr existieren; beide wären vielmehr nur als epistatische Formen zu deuten. Denn, wenn wir nach den nicht wohl anzuzweifelnden Funden Rutots mit Vertretern der Gattung *Homo* (oder wenigstens mit Feuerstein schlagenden Wesen) schon für die Zeit des Oligocäns zu rechnen haben, so dürfte es spätestens zu Beginn der Quartärzeit auch schon Menschen mit den anatomischen Merkmalen der heutigen gegeben haben. Der alt- oder mittelquartäre *Pithecanthropus* würde diesen gegenüber die Rolle einer epistatischen Form spielen. Aber mit noch größerer Wahrscheinlichkeit dürfen wir voraussetzen, daß zur mittleren Diluvialzeit, als in Mitteleuropa sich der *H. primigenius* als Jäger umhertrieb, anatomisch vollwertige Menschen in Asien oder Südeuropa gelebt haben, im Vergleiche zu denen der Neandertaler zurückgeblieben war, weil er einer anderen später entstandenen oder langsamer umgebildeten Stammreihe angehörte.“¹

Diese Ausführungen Steinmanns haben gewiß viel Bestechendes, schade nur, daß sie auf einem so unsicheren Grunde, wie der Rutot'schen Eolithenentdeckung von Boncelles fußen. Es mag von Interesse sein, noch das Urteil eines anderen Palaeontologen über den Gegenstand zu vernehmen. In der

¹ G. Steinmann: Die geologischen Grundlagen der Abstammungslehre, 1908, S. 267 und 268.

Diskussion, welche sich an den mehrerwähnten Vortrag H. Obermaiers über das geologische Alter des Menschengeschlechtes in der Wiener Geologischen Gesellschaft anschloß, meinte Professor C. Diener: „daß vom palaeontologischen Standpunkte nichts dagegen einzuwenden sei, die Entstehung des Menschen in die Tertiärzeit zurückzuverlegen. *Pithecanthropus* ist kein Vorfahre, sondern ein Zeitgenosse des quartären Menschen. Den Ursprung der ältesten Anthropomorphen haben wir wahrscheinlich in Asien zu suchen, obwohl ihn Ameghino nach Südamerika verlegt. Auch wenn wir Ameghinos Hypothese, daß die anthropomorphen Affen durch regressive Entwicklung aus dem Genus *Homo* hervorgegangen seien, ablehnen, dürfen wir doch die Möglichkeit nicht außer acht lassen, daß Anthropomorphen und Menschen vielleicht aus einer gemeinsamen Wurzel hervorgegangen sind, die wir dann mindestens bis in das Oligocän zurückverlegen müssen.“¹

Mit diesen Ausführungen Dieners möchte ich mich insoferne einverstanden erklären, als sie Anthropomorphen und Menschen auf eine gemeinsame Wurzel zurückführen, welche im Tertiär zu suchen ist. Es scheint mir freilich zweifelhaft, ob diese Wurzel bis ins Oligocän zurück zu verfolgen ist, die Rutot'schen Eolithen von Boncelles möchte ich als Beweis dafür keineswegs anerkennen. Sicher aber ist es, daß man bei den somatischen Eigenschaften der heutigen Anthropomorphen und der uns bekannten Menschenrassen weder die ersteren, wie Ameghino will, von den letzteren, noch diese von den Anthropomorphen ableiten kann. Das verbietet, abgesehen von anderen Eigentümlichkeiten, schon der an verschiedene Funktionen angepaßte, einer Abänderung kaum mehr fähige Bau des menschlichen Fußes einerseits, der als Hand entwickelten Hinterextremität der Anthropomorphen andererseits. Auf eine gemeinsame, in den Tertiärbildungen zu suchende Wurzel beider aber weist, abgesehen vom *Pithecanthropus*, insbesondere die Tatsache hin, daß der miocäne *Dryopithecus*, wie Pohlig an einem Femur desselben von Eppelsheim zeigte, einen Oberschenkelknochen besaß, der jenem eines Menschen

¹ Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien. I., 1908, S. 320.

ähnlicher ist als jener aller heutigen Anthropomorphen, sodaß Pohlig geneigt ist, anzunehmen, daß *Dryopithecus* den aufrechten Gang häufiger geübt habe.¹ Daß Friedenthals mit Hilfe seiner Blutuntersuchungen geführter exakter Nachweis der Blutsverwandtschaft zwischen den Anthropomorphen und dem Menschen mit Notwendigkeit zu der Annahme einer gemeinsamen Abstammung führt, kann nur von einem Jesuiten, wie Erich Wasmann, geleugnet werden, der ja auch der Abhandlung von Wiedersheim: „Der Bau des Menschen als Zeugnis für seine Vergangenheit“ jede Beweiskraft abspricht, weil sie eben nicht in seinen Kram paßt.

So wahrscheinlich aber die Existenz einer gemeinsamen Wurzel der Anthropomorphen und Menschen zur mittleren Tertiärzeit ist, so unwahrscheinlich ist das Vorhandensein des Menschen selbst oder eines Steingeräte zuschlagenden Vorfahren desselben im Miocän oder gar im Oligocän. Der französische Altmeister der Paläontologie, Albert Gaudry, hat schon bei Besprechung der angeblichen Steingeräte von Thenay gewichtige Bedenken mit Bezug auf die Länge der Zeiträume und die gewaltigen Veränderungen der Faunen innerhalb derselben geäußert. Er sagt:² „L'époque du miocène moyen est d'une grande antiquité: après la faune des calcaires de Beauce et des faluns, il y a eu la faune du miocène supérieur d'Eppelsheim, de Pikermi, du Léberon qui en est différente; après la faune du miocène supérieur il y a eu celle du pliocène inférieur de Montpellier, après la faune de Montpellier, il y a eu celle du pliocène de Perrier, de Solilhac, du Coupet; après cette faune, il y a eu celle du forest-bed de Cromer; l'époque du forest-bed a été suivie par l'époque glaciaire du boulder-clay, qui a dû être longue, à en juger par les dépôts du Norfolk; l'époque du boulder-clay a été suivie à son tour par celle du diluvium; puis est venu l'âge du renne et enfin l'âge actuel“ — „Il n'y a pas“ — bemerkt Gaudry weiter — „à l'époque du miocène moyen, une seule espèce de mammifère

¹ Pohlig: Femur von *Dryopithecus*. Sitzungsber. der nieder-rheinischen Gesellschaft, Bonn 1892. S. 42. 43.

² A. Gaudry. Enchainements du monde animal. Mammifères tertiaires, 1878, S. 241.

identique avec les espèces actuelles. Lorsqu'on se place au point de vue de la paléontologie pure, il est difficile de supposer que les tailleurs de silex de Thenay sont restés immobiles au milieu de ce changement universel. Er leitet daraus schließlich den schon eingangs erwähnten Schluß ab, daß für den Fall, als erwiesen werden könnte, daß die Feuersteine von Thenay zugeschlagen worden seien, dies wahrscheinlich durch die Hand des *Dryopithecus* geschehen sei.

Diese Möglichkeit hat Geheimrat Professor Dr. A. Penck auch in der Diskussion, die sich an den Obermaier'schen Vortrag angeschlossen, für die Eolithen von Boncelles in Anspruch genommen. Er gab zu, daß das Auftreten von Eolithen im älteren Tertiär uns vor eine Frage von außerordentlicher Schwierigkeit stellte, „da es sich um Funde aus Zeiten handelt, seit welchen die Säugetierfauna so starke Umwandlungen erfahren hat.“

„Allerdings bleibt immer noch die Frage offen“ — fährt Penck fort¹ — „ob wir unbedingt den Menschen als den Verfertiger von Eolithen ansehen müssen. Wir sehen heute allerdings, daß nur Menschen Manufakte machen. Die heutigen Affen benützen gelegentlich zwar Steine, um Nüsse zu knacken, aber es ist von keinem nachgewiesen, daß er ein Manufakt hergestellt hätte, selbst nicht in zoologischen Gärten. Aber muß dies immer so gewesen sein? Müssen wir unbedingt annehmen, daß die somatische Entwicklung genau so verlief, daß der Verfertiger von Werkzeugen bereits zum Genus *Homo* gehörte? Können nicht Ahnenformen unseres Geschlechtes schon Manufakte gefertigt haben? Solche Ahnenformen können aber hohes Alter haben, begegnen wir doch anthropomorphen Affen schon im Miocän.“

Dagegen wäre nun — abgesehen davon, daß uns aus dem älteren Tertiär bis heute noch kein einziger anthropomorpher Affe bekannt ist — zunächst zu erinnern, daß nach Rutot das Inventar der Eolithenindustrie von Boncelles schon „ziemlich kompliziert war und wenigstens sieben bis acht klar bestimmte Werkzeugtypen enthielt“. Wir haben ferner gesehen, daß Rutot die eolithenähnlichen Geräte von Naturvölkern der

¹ Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien, I. Band, 1908, Seite 319.

Gegenwart — er zitiert die Tasmanier, hätte sich aber mit gleichem Recht auf die Bewohner der Andamanen berufen können — zum Vergleich heranzieht und vollkommen übereinstimmend findet. „Legt man aber“ — sagt H. Obermaier mit Recht¹ — „wie die Schule Rutots es tut, an die eolithähnlichen Rohwerkzeuge heutiger Naturvölker und die eocänen oder oligocänen Eolithen den Maßstab gleicher Wertschätzung, so folgt daraus logisch, daß jene frühtertiären Vorfahren ob ihrer überraschend identischen Kulturbedürfnisse echte Menschen gewesen sein müssen“. Zu einem ganz übereinstimmenden Ergebnisse ist, wie Obermaier anführt, auch Paul Sarasín gelangt. Er sagt: „Deshalb muß ich behaupten, daß, falls die erwähnten Steine Artefakte sind, sie von einer Spezies des Genus *Hom o* stammen, so abenteuerlich ein oligocäner Mensch sich ausnimmt.“²

Man muß sich dabei erinnern, daß Rutot³ den fraglichen Menschen von Boncelles sogar die Fähigkeit zuschreiben wollte, mit Hilfe der Feuersteine Feuer anzufachen. Er sagt darüber: „On pourra répondre, cependant, qu'il est assez téméraire de croire que des primitifs, tels que les Fagniens de Boncelles, faisaient du feu; toute fois, j'ai quelques raisons d'admettre que les Fagniens pouvaient connaître déjà l'usage du feu, mais le moment n'est pas venu de les produire. Dans tous les cas, les Mesviniens, les Reutéliens connaissaient le feu, et comme nous rencontrons dans leurs débris d'industries, des pierres qui offrent tous les caractères du briquet et qu'à Boncelles il existe aussi des pierres exactement semblables, et d'autres qui semblent bien avoir joué le rôle de briquet, nous croyons utile de signaler, sous réserve, par comparaison, que les pierres à usure ou à esquillement spécial de Boncelles peuvent être les unes des briquets, les autres des pierres à feu.“ Soweit es nach den von Rutot gegebenen Abbildungen⁴ zu urteilen möglich ist, muß ich den von ihm als pierres de „briquet“ gedeuteten Feuersteinbruchstücken aller-

¹ Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft, Wien, I., Seite 303.

² Zeitschrift für Ethnologie, Berlin 1908, Bd. XI. S. 433. (Zitiert nach Obermaier a. o. a. O.)

³ A. Rutot, Un grave problème, S. 31 d. S. A.

⁴ A. a. O. S. 32 d. S. A.

dings jede Beweiskraft absprechen; ich möchte nur auf Rutots sauguinische Auffassung dieser Dinge hinweisen, um zu zeigen, wie sehr die vorhin angeführte Meinung Pencks mit Rutots eigenen Ansichten im Widerspruch steht; denn nach Penck kämen wir zur Annahme eines oligocänen Antropomorphen, der sich nicht nur Schaber, Kratzer, Bohrer u.s.w. anzufertigen wußte, sondern der sogar mit dem Gebrauch des Feuers vertraut war.

Nach Rutots Ansicht¹ hätte sich die „vage Menschheit“ von Boncelles bereits im Oligocän derart über die Tierwelt erhoben, daß sie während langer Zeiten glauben konnte, am Höhepunkt des Fortschrittes angelangt zu sein: „In der Tat sehen wir“ — sagt Rutot — „während einer ansehnlichen Dauer von Jahrhunderten², d. h. während des Restes des Oligocäns, dann während des ganzen Miocäns, des ganzen Pliocäns und unteren Quartärs, die folgenden Bevölkerungsschichten der Erde das kostbare Vermächtnis der Ahnen intakt ohne irgend welche Veränderung bewahren. Ich muß Obermaier vollkommen beipflichten, wenn er demgegenüber sagt: „Aber gerade der Umstand, daß die Eolithindustrien sich vom Oligocän bis zum Quartär völlig gleich bleiben und bereits in Boncelles ein Inventar aufweisen, das schon ziemlich kompliziert war und wenigstens sieben bis acht klar bestimmte Werktypen enthielt, „muss die schwersten Bedenken erregen“.

Ich finde in dem Mangel jeder weiteren Entwicklung der angeblichen Eolithenindustrie vom oligocänen Fagnien an durch die übrigen tertiären Eolithenstufen des Cantalien, Kentien und St. Prestien wie durch die quartären des Reutélien, Mafflien und Mesvinien den schwerwiegendsten Beweis gegen die ganze Eolithentheorie.

In der Diskussion über den Obermaier'schen Vortrag der in Wiener geologischen Gesellschaft ist, wie wir gesehen haben, Geheimrat Professor Dr. A. Penck als eifriger Verteidiger

¹ Ich gebe dieselbe hier nach Obermaier wieder, die betreffende von O. zitierte Abhandlung Rutots, „L'antiquité de l'homme“ Grande Revue 1907, Nr. 10, Paris, S. 170—176, habe ich nicht eingesehen.

² Rutot hätte hier besser gesagt: Jahrtausenden, vielleicht sogar Jahrmillionen.

der Eolithentheorie aufgetreten. Er schloß seine Ausführungen mit folgenden Worten:¹ „Herr Obermaier hat endlich davon gesprochen, daß die Artefaktnatur der Eolithen zwar durch eine Reihe von Gründen gestützt zu sein scheint, daß aber noch Gründe dagegen sprechen. Er hat uns erwähnt, daß mehr Autoren gegen die Annahme eines artificiellen Ursprunges der Eolithen sind als dafür. Er hat uns erzählt, daß man auf dem Kongresse von Monaco ziemlich einhellig sich gegen die Artefaktnatur der Eolithen ausgesprochen habe. Lassen Sie mich demgegenüber erwähnen, daß der gelehrte Jesuit Riccioli in seinem *Almagestum novum* die Gründe genau aufgezählt hat, welche für und gegen die Drehung der Erde um die Sonne sprechen, und er die Bewegung der Erde um die Sonne bestreitet, weil eine größere Zahl von Gründen dagegen als dafür spricht, und doch glauben wir heute alle, daß sich die Erde um die Sonne dreht. Es kommt in der Wissenschaft nicht auf die Zahl der Stimmen für und wider, sondern auf das Gewicht der Gründe, auf einwandfreie Beobachtung und unbefangene Diskussion derselben an.“

Diesen Worten Pencks gegenüber möchte ich betonen, daß in der Wissenschaft weder Majorität noch Autorität entscheiden, sondern das Gewicht der Tatsachen allein in die richtende Waagschale fällt. Die bisher zu Gunsten der Eolithentheorie vorgebrachten Tatsachen vermochten für die Ansichten Rutot's, für die Annahme der Existenz des Menschen oder eines Steine zu Werkzeugen zu schlagenden Vorläufers desselben zur Oligocänzeit keineswegs zu entscheiden; es ist auch höchst unwahrscheinlich, daß neue Tatsachen aufgedeckt werden könnten, durch deren Gewicht wir zu dieser Annahme gezwungen werden könnten. Die höchst zweifelhaften Eolithen reichen, wie Boule, Capitan, Mayet, de Lapparent, Laville, Obermaier, W. Smith, Fraas, Deecke, Wieggers und Waagen gezeigt haben, nicht hin, die Frage nach der Existenz des tertiären Menschen endgiltig zu lösen.

¹ Mitteilungen der geologischen Gesellschaft in Wien 1., 1908, S. 322.

9. Versammlung am 21. November 1908.

Herr Hofrat Prof. Dr. A. v. Eттingshausen besprach unter dem Titel „Neuere Anschauungen über Elektrizität“ die

Elektronentheorie.

Diese stützt sich auf die Annahme, daß die Elektrizität eine Art Fluidum sei, aus unfafbar kleinen Teilchen bestehend, die man Elektronen genannt hat; sie sind mehrere tausendmal kleiner als die Atome der gewöhnlichen Körper, welche Physik und Chemie annehmen, und auf die Bewegung und Verteilung derselben werden alle elektrischen und magnetischen Erscheinungen zurückgeführt; auch die merkwürdigen Beziehungen, die zwischen Elektrizität, Wärme und Licht aufgefunden worden sind, zieht diese Theorie in den Kreis ihrer Herrschaft. Es bildet das Elektron- oder Elektrizitäts-Atom den Ausgangspunkt für die Kräfte, die wir bei der Reibungs-Elektrizität bemerken, es wird in langsamer Vorwärtsbewegung im stromführenden Drahte vorausgesetzt, während es mit einer, alle Vorstellung übersteigenden Geschwindigkeit in der hoch-evakuierten Röhre dahinfliegt; rasch hin und her eilend sehen wir es beim Wechselstrom und bei den elektrischen Schwingungen, wir verfolgen die Wellen, die es bei der drahtlosen Telegraphie dem hochempfindlichen Empfänger zuschickt, wir beobachten seine kreisende Bewegung um das Atom, an dem es haftet, beim Magnetismus und seine Wanderung mit den Atomen in durchströmten flüssigen Leitern, den Elektrolyten. Wir teilen ihm weiter eine Rolle zu bei der Umwandlung der Elemente und den wunderbaren Erscheinungen der Radioaktivität, ja selbst zur Erklärung der Trägheit wird es herangezogen und von ihm sogar die Grundlage einer elektrischen Theorie der Mechanik erwartet: es erscheint in der Tat wie ein Deus ex machina für unsere ganze Naturauffassung bei dem geistigen Bilde, das wir uns von den mannigfaltigen Vorgängen machen, die uns umgeben und die stets von neuem unser Staunen und unsere Bewunderung erregen müssen.¹

¹ Fournier d'Albe. Die Elektronentheorie.

Die neue Auffassung hat einige Ähnlichkeit mit Franklin's Einfluidumtheorie. insoferne sie die elektrischen Erscheinungen auf Bewegung und Anordnung einer Art Fluidum zurückführt; sie paßt sich auch in gewissem Sinne den Äthertheorien von Maxwell und Hertz an, in denen die Verteilung und Bewegung der Kraftlinien zur Darstellung der elektrischen und magnetischen Phänomene eine dominierende Stellung einnehmen: Anschauungen, welche von Faraday stammen, der den Raum in der Nähe von elektrischen und magnetischen Körpern oder in der Nähe von galvanischen Strömen als von Kraftlinien durchzogen ansah.

Neben der Franklin'schen Theorie hat auch jene von Symmer viele Anhänger gefunden, nach der es zwei Fluida geben soll, von denen die sogenannte Glas-Elektrizität als die positive, die Harz-Elektrizität als die negative bezeichnet wurde. Zwischen gleichartigen Fluiden findet Abstoßung, zwischen ungleichartigen dagegen Anziehung statt: im unelektrischen Zustande sind beide Elektrizitäten in gleicher Menge und Verteilung in jedem Körper vorhanden, können aber durch äußere elektrische Einflüsse von einander geschieden werden. Diese Theorie wurde, nachdem das Gesetz für die Wirkung elektrischer Kräfte durch Coulomb gefunden war, namentlich von Poisson mathematisch behandelt. Als Volta seine Säule erfand (1800), schien die Annahme eines dritten Fluidums, der Galvani'schen tierischen Elektrizität, sich als notwendig zu erweisen. Ørsted's Entdeckung der Einwirkung des galvanischen Stromes auf einen Magnet (1819), die Auffindung der Thermo-Elektrizität durch Seebeck (1821) und die wundervollen Entdeckungen Faradays der Gesetze der Elektrolyse und der Induktion (1831 und 1833) bilden hervorragende Marksteine in der fortschreitenden Kenntniss der elektrischen Erscheinungen.

Aus dem Faraday'schen Gesetze der festen elektrolytischen Aktion, wonach mit den Bestandteilen der Elektrolyte, den Ionen, bestimmte Elektrizitätsmengen wandern, die der Wertigkeit der Atome entsprechen, entstanden die ersten Anfänge der Elektronentheorie.

Dem Gesetze wird durch die Annahme Genüge getan, daß jedes einwertige Atom eine ganz gewisse Elektrizitätsmenge

oder Ladung besitze, während einem zwei- oder dreiwertigen Atome die doppelte, dreifache Ladung anhafte; hiedurch war der Gedanke nahe gelegt, daß die jeder Valenz eines Jons zukommende Ladung ein bestimmtes, an sich existenzfähiges Quantum sei. Wie ein materielles Atom eine Quantität von Materie vorstellt, die nicht weiter auf chemischem Wege teilbar erscheint, so kann die Ladung des einwertigen Jons als Atom der Elektrizität, oder wie Johnstone Stoney es nannte, als Elektron bezeichnet werden. Diese Ansicht von einer atomistischen Struktur der Elektrizität, auf welche schon Helmholtz (1881) geführt wurde, verlangt nicht, daß man die Elektrizität notwendig als Materie betrachte: wir haben keine zwingenden Gründe, die Elektrizität als einen mit Trägheit begabten Stoff anzunehmen, es kann vielmehr ein Elektron lediglich als ein besonderer Zustand des universellen Äthers betrachtet werden: ja statt die Elektrizität für etwas Materielles zu halten, scheint sogar die entgegengesetzte Hypothese einige Wahrscheinlichkeit für sich zu haben, daß nämlich die Atome der verschiedenen materiellen Körper nur Systeme von Elektronen seien.

Die Ladung, welche ein Elektron enthält, hat Stoney aus der für die Ausscheidung von 1 cm^3 Wasserstoff bei der Elektrolyse nötigen Elektrizitätsmenge berechnet; diese elementare Ladung ist so klein, daß wir uns von derselben keine Vorstellung zu machen vermögen: sie beträgt etwa $\frac{1}{3000}$ von einem Milliontel der sogenannten elektrostatischen Einheit der Elektrizitätsmenge. Von dieser Einheit erhielten wir aber einen Begriff durch die Angabe, daß zwei Hollundermarkkugeln, jede $\frac{1}{100} \text{ g}$ schwer (etwa $7 \frac{m}{m}$ Durchmesser), welche an $50 \frac{c}{m}$ langen Fäden neben einander hängen, sich auf eine Entfernung von $10 \frac{c}{m}$ abstoßen, falls jede derselben mit 10 elektrostatischen Einheiten geladen wird; die Kraft, mit der sie sich abstoßen, ist beiläufig so groß, wie das Gewicht von einem Milligramm. Auch Masse und Größe des Elektrons konnte man ungefähr bestimmen und ergibt sich der Radius des kugelförmig vorausgesetzten Elektrons zu etwa 1 Billiontel eines Millimeters. Die neuere Physik lehrt uns also, daß es Dinge von solch außerordentlicher Kleinheit gebe, Dinge, welche noch etwa 2000 mal

weniger Masse repräsentieren, als ein Atom Wasserstoff enthält, der doch der leichteste Körper ist, den man kennt. Einen gewaltigen Anstoß erfuhr die Ausbildung der neueren Anschauungen von einer Seite her, von der man es zunächst kaum vermutet hatte, nämlich durch das Studium der Vorgänge bei der elektrischen Entladung in hochverdünnten Gasen. Seit langem sind die hübschen Lichterscheinungen bekannt, die sich in den sogenannten Geißler'schen Röhren zeigen; bei sehr hoher Verdünnung verschwindet das Leuchten des Gases in der Röhre fast ganz, es tritt aber dafür lebhaftere Fluoreszenz des Glases auf, welche hervorgerufen wird durch Strahlen, die von der Kathode (Austrittsstelle des Stromes in der Röhre) ausgehen und die man deshalb Kathodenstrahlen genannt hat; dieselben haben mehrere bemerkenswerte Eigenschaften (Hittorf, Crookes), welche der Vortragende durch einige Versuche zeigt. Sie gehen senkrecht von der Kathodenoberfläche aus, pflanzen sich geradlinig fort (gleichgiltig, wo sich die Anode befindet), haben stark erwärmende Wirkung, werden durch magnetische und elektrische Kräfte aus ihrer Richtung abgelenkt, rufen lebhaftere Phosphoreszenz-Wirkungen hervor, durchdringen sogar eine sehr dünne Aluminiumfolie, machen Gase leitend, erzeugen Röntgen-Strahlen, führen negative elektrische Ladungen mit sich u. s. f.

Crookes schloß aus seinen Versuchen, daß das, was von der Kathode im hochverdünnten Raume beim Durchtritt der Entladung ausgeht, den Charakter einer Strahlung hat; er meinte, daß die in der Röhre vorhandenen Gasmoleküle von der Kathode weggeschleudert werden und die Röhre mit sehr großer Geschwindigkeit durchfliegen; durch den Anprall an die Wände rufen sie die Glasfluoreszenz hervor. Aus dem Sinne der Ablenkung durch den Magnet folgt, daß die Gasteilchen mit negativer Elektrizität geladen sind. Crookes bezeichnete den Zustand des Gases bei der hohen Verdünnung, wo die Kathodenstrahlen mit ihren — gegenüber mäßiger Verdünnung ganz verschiedenen — Wirkungen auftreten, mit dem Namen „strahlende Materie“ (1879); der Ausdruck rührt von Faraday her und soll einen vierten Aggregatzustand der Materie neben dem festen, flüssigen und gasförmigen bezeichnen.

Crookes Hypothese hat in Deutschland wenig Anhänger gefunden, da man sich einer von Hertz ausgesprochenen Ansicht anschloß, wonach die Kathodenstrahlen als eine Schwingungserscheinung nach Art des Lichtes betrachtet wurde, welche ihren Ursprung in der Kathode, ihren Sitz aber im Lichtäther habe. Heute nimmt man an, daß sich in den Kathodenstrahlen negativ elektrische Teilchen mit ungeheurer Geschwindigkeit bewegen, doch sind diese nicht geladene Gasmoleküle, sondern es sind die freien negativen Elektronen. Diese Auffassung ist mit allen experimentellen Ergebnissen in Einklang zu bringen und es lag nun die nächste Aufgabe vor, die Geschwindigkeit dieser bewegten Teilchen, der Elektronen, und die Größe ihrer Ladung zu ermitteln.

Der Vortragende bespricht kurz die verschiedenen Methoden, nach welchen von vielen Physikern, wie Kaufmann, Simon, Lenard, Wiechert u. a. in Deutschland, insbesondere aber von J. J. Thomson in Cambridge Messungen in dieser Richtung ausgeführt worden sind, aus denen sich die Geschwindigkeit und die sogenannte spezifische Ladung der Elektronen, d. i. das Verhältnis ihrer Elektrizitätsmenge zur Masse ermitteln ließen. Es ergaben sich für die spezifische Ladung Werte, die mit der Natur des Gases, in dem die Kathodenstrahlen erzeugt wurden und dem Material der Elektroden fast gar nicht variierten; es ist daher zu schließen, daß man es mit einem Phänomen zu tun habe, wo wohl individualisierte elektrische Teilchen im Spiel sind, die sich überall in den Kathodenstrahlen bewegen, aber mit der gewöhnlichen Materie, wie es scheint, nichts zu schaffen haben. Unter der Annahme, daß die elektrische Ladung der Ionen in den Gasen gleich groß sei mit derjenigen, welche bei der Elektrolyse mit einem Ion verbunden ist (wofür sehr beachtenswerte Gründe existieren), folgt, daß die Elektronen eine Masse haben müßten, welche ungefähr 2000 mal kleiner ist, als die Masse eines Wasserstoffatoms, wie schon oben erwähnt worden ist; es müssen also die Elektronen gleichsam einem anderen Reiche angehören, als die gewöhnliche Materie. Die Geschwindigkeit, welche man für die Teilchen in den Kathodenstrahlen gefunden hat, zeigten sich abhängig von dem Druck, mit welchem die Elektronen von der Kathode ab-

geschleudert werden; letzterer ist durch den sogenannten Kathodenfall gegeben. Es ergaben sich Werte, die zwischen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{4}$ der Lichtgeschwindigkeit liegen. Ferner stellte sich heraus, daß das Verhältnis von elektrischer Ladung zur Masse der Elektronen, die spezifische Ladung, selbst mit der Geschwindigkeit variiert, und zwar rasch abnimmt, wenn diese Geschwindigkeit sich derjenigen des Lichtes nähert; die Elektronen haben demnach auch eine — nach dem gewöhnlichen Sinne — variable Masse.

Es gibt noch manche andere Mittel, Elektronen zu erzeugen. Solche werden auch ausgesendet von Metallen, die man der Einwirkung von Lichtstrahlen, insbesondere ultravioletten, aussetzt; desgleichen gehen von glühenden Körpern und von radioaktiven Stoffen Elektronen aus.

Die Versuche, auch bei solchen Strahlen die charakteristischen Konstanten zu ermitteln, führten zu Ergebnissen, welche mit jenen, die man bei Kathodenstrahlen gefunden hatte, harmonierten. Der Vortragende zeigte die lichtelektrische Entladung von einer Natrium-Amalganzelle durch die Strahlen einer Cooper-Hewitt-Quecksilberdampflampe.

Radioaktive Substanzen senden Elektronen aus, die durch magnetische oder elektrische Kräfte abgelenkt werden; außerdem aber auch solche, die sich nicht ablenken lassen. Lichtstrahlen werden durch elektrische oder magnetische Felder nicht aus ihrer Richtung abgelenkt, ebensowenig wie die unsichtbaren Wärme- oder die ultravioletten Strahlen; auch Röntgenstrahlen sind nicht ablenkbar. Man betrachtet daher alle diese Strahlen als auf der Ausbreitung von Ätherwellen beruhend, während die ablenkbaren Strahlen, wie die Kathodenstrahlen von der Bewegung negativer Elektronen herrühren. Hiedurch ist die Möglichkeit gegeben, zu entscheiden, ob eine Strahlung zu der einen oder zur anderen Klasse gehört.

Die Untersuchungen zeigten, daß von den radioaktiven Substanzen Strahlen ausgehen, die sich wie Kathodenstrahlen von großer Geschwindigkeit verhalten, aber auch andere Strahlen hat man bei den radioaktiven Körpern entdeckt, welche eine Ablenkbarkeit durch magnetische und elektrische Kräfte in entgegengesetztem Sinne und in viel geringerem

Grade als die Kathodenstrahlen zeigen. Diese müssen daher durch positiv elektrische Teilchen veranlaßt sein, für welche zugleich das Verhältnis der Ladung zur Masse ein von den bisher bekannten Elektronen sehr verschiedenes ist. Rutherford unterschied drei Arten von Strahlen, die von radioaktiven Substanzen ausgesendet werden; er nannte sie α -, β - und γ -Strahlen. Die α -Strahlen bestehen aus positiven Ionen, deren Geschwindigkeit etwa $\frac{1}{10}$ der Lichtgeschwindigkeit beträgt; das Verhältnis zwischen elektrischer Ladung und Masse deutet auf Teilchen von Atomgröße hin. Positive Ionen, welche sich gegen die Kathode hin bewegen, wurden schon früher in Vakuumröhren an durchbohrten Kathoden beobachtet und von Goldstein als Kanalstrahlen bezeichnet; sie haben viel größere Masse als die Kathodenstrahlen und ihre Geschwindigkeit ist nur etwa $\frac{1}{100}$ von der des Lichtes. Demnach scheinen die Kanalstrahlen oder Anodenstrahlen mit den α -Strahlen der radioaktiven Substanzen identisch zu sein, doch haben diese viel größere Geschwindigkeiten.

Die β -Strahlen verhalten sich in jeder Beziehung wie Kathodenstrahlen, aber ihre Geschwindigkeit kann Werte erreichen, die nur wenig hinter der Lichtgeschwindigkeit zurückbleiben; deshalb übertreffen sie auch an Durchdringungskraft die α -Strahlen und die gewöhnlichen Kathodenstrahlen. Manche β -Strahlen gehen durch Bleiplatten von mehreren Millimetern Dicke hindurch, andere werden dagegen schon durch ein Aluminiumblatt von $\frac{1}{100}$ mm Dicke zurückgehalten.

Die dritte Strahlengattung endlich der radioaktiven Stoffe, die γ -Strahlen, erfahren durch magnetische oder elektrische Felder gar keine Ablenkung; man hält sie für Röntgenstrahlen, da sie wesentlich dieselben Wirkungen wie diese hervorbringen: so erzeugen sie in Gasen Leitfähigkeiten, die jenen gleichen, welche mit sogenannten harten Röhren bewirkt werden, deren Strahlen zuerst eine Bleiplatte passiert haben. Auch ihre Entstehung dürfte in ähnlicher Weise wie jene der Röntgenstrahlen durch Auftreffen von Kathodenstrahlen auf feste Körper (Antikathode), durch den Stoß von β -Strahlen gegen die Moleküle eines Gases erfolgen.

Weder die α -, noch die β - oder γ -Strahlen sind homogen,

auch sendet nicht jede radioaktive Substanz alle drei Arten von Strahlen aus; oft ist es recht schwierig, die Strahlenarten von einander genau zu trennen.

Der Vortragende demonstriert eine Kanalstrahlenröhre, sowie eine Röhre für sogenannte sekundäre Röntgenstrahlen und zeigt zuletzt die entladende (jonisierende) Wirkung von Röntgenstrahlen auf ein in großer Entfernung von der Röhre aufgestelltes geladenes Elektroskop.

Die Elektronentheorie verknüpft zwar viele Tatsachen auf verschiedenen physikalischen Gebieten mit einander, sagt aber doch über die letzten Ursachen der elektrischen Erscheinungen nichts Bestimmtes aus: denn was ein Elektron oder elektrisches Atom eigentlich ist, bleibt noch immer ein Geheimnis. Indem man aber der Elektrizität einen atomistischen Aufbau zuschreibt, nimmt man eine Auffassung an, welche vielleicht in der Zukunft ebenso fruchtbar werden kann, wie die schon lange allgemein akzeptierte analoge Vorstellung von der Konstitution der Materie. Möglicherweise wird diese elektrische Theorie auch über die Struktur der ponderablen Materie, der wägbaren Substanz, noch ein Licht verbreiten, indem sie sämtliche Erscheinungen der Außenwelt auf einen gemeinsamen Ursprung zurückzuführen strebt.

10. Versammlung am 5. Dezember 1908.

Herr Professor Dr. W. Prausnitz hielt einen Vortrag:

Der Einfluß des Bodens auf die Gesundheit des Menschen.

Der Vortragende erörterte die mannigfachen Beziehungen, welche zwischen dem Boden und der Gesundheit des Menschen bestehen: Wasserversorgung, Hausbau, Beseitigung und Umbildung der Abfallstoffe, Beerdigung der Leichen. Auf Grund von Versuchen und Demonstrationen wurden dann die Faktoren besprochen, welche für die hygienische Beurteilung des Bodens von Bedeutung sind, nämlich: 1. Die physikalische Beschaffenheit (Korngröße, Porenvolumen, Permeabilität, Wasserkapazität, Absorption, Temperatur); 2. das chemische Verhalten; 3. das Grundwasser und das Wasser der oberen Bodenschichten; 4. die Mikroorganismen. Bei Besprechung der einzelnen Faktoren

wurde auf den direkten und indirekten Einfluß hingewiesen, welchen ein jeder von ihnen auf die menschliche Gesundheit ausübt.

11. Versammlung am 19. Dezember 1908. (Jahresversammlung.)

Vorsitzender: Herr Professor Dr. L. Böhmig.

Zunächst erstattete der geschäftsführende Sekretär Herr Dr. F. Fuhrmann den folgenden

Geschäftsbericht für das Vereinsjahr 1908.

Getreu dem Grundsatz, die Naturwissenschaften zu fördern und in weitere Kreise zu verbreiten, hat unser Verein auch im abgelaufenen 45. Jahre seines Bestandes keine Mühe gescheut, nach besten Kräften naturwissenschaftliche Arbeit zu leisten.

Leider hat der Verein im vergangenen Vereinsjahr eine größere Anzahl von ordentlichen Mitgliedern durch den Tod verloren. Heimgegangen sind die Herren:

Dr. Hans Birnbacher, Advokat in Graz.

Karl von Ettingshausen, k. u. k. Hofrat in Graz.

Reinhard Eisl, Generaldirektor der Graz-Köflacher Bahn in Graz.

Dr. Robert Herth, Arzt in Peggau.

Albin von Latinowics, k. u. k. Kämmerer in Graz.

Anton Reibenschuh, k. k. Regierungsrat und Real-
schuldirektor in Graz.

Seine Hoheit Prinz Wilhelm zu Schaumburg-Lippe
auf Nachod.

Robert Weber, k. u. k. Major in Graz.

Ferner hat der Verein durch Austritt 9 Mitglieder verloren. Die Summe der Verluste macht demnach aus: 17 Mitglieder, dagegen sind neu eingetreten: 24 Mitglieder.

Über Vorschlag der Vereinsdirektion wurde das viele Jahre in der Vereinsdirektion als Präsident und Sekretär eifrig tätige ordentliche Mitglied, Herr Universitätsprofessor Dr. Cornelius Doelter in Wien in der Versammlung vom 24. Oktober l. J. einstimmig zum Ehrenmitgliede ernannt.

Der Verein besteht am Ende des 45. Vereinsjahres aus:
13 Ehrenmitgliedern,
11 korrespondierenden Mitgliedern,
411 ordentlichen Mitgliedern.

Bezüglich der wissenschaftlichen Tätigkeit des Vereines sei auf die Berichte der einzelnen Fachsektionen verwiesen.

Der Aufgabe der Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse wurde der Verein durch Abhaltung von 11 Vortragsabenden gerecht, die folgende Vorträge brachten:

Am 18. Jänner: Herr Professor Dr. Friedrich Dimmer:
„Über die Photographie des Augenhintergrundes“.

Am 1. Februar: Herr Privatdozent Dr. Franz Fuhrmann:
„Die wissenschaftlichen Grundlagen der Konservierung von Nahrungsmitteln im Fabriks- und Hausbetrieb“.

Am 15. Februar: Herr Hofrat und Professor Dr. Ludwig von Graff: „Leben und Schule in Nordamerika“.

Am 29. Februar: Herr Professor Dr. F. Ritter von Wagner-Kremsthal: „Über das Regenerationsvermögen der Tiere“.

Am 14. März: Herr Privatdozent Dr. R. Kremann: „Über die katalytischen Erscheinungen“.

Am 28. März: Herr Privatdozent Dr. Otto Porsch aus Wien:
„Neuere Untersuchungen über die Insektenanlockungsmittel der Orchideenblüte.“

Am 24. Oktober: Herr Professor Dr. Karl Fritsch: „Die Farben der Blüten“.

Am 7. November: Herr Professor Dr. Rudolf Hoernes:
„Über Eolithen“.

Am 21. November: Herr Hofrat Professor Dr. A. v. Ettingshausen: „Neuere Anschauungen über Elektrizität“.

Am 5. Dezember: Herr Professor Dr. Wilhelm Prausnitz:
„Über den Einfluß des Bodens auf die Gesundheit des Menschen“.

Heute wird noch Herr Professor Dr. L. Böhmig sprechen:
„Über einige theoretisch und praktisch bedeutsame Ergebnisse der modernen Protozoënforschung.“

Der Verein spricht allen Vortragenden für ihr bereitwilliges Entgegenkommen den verbindlichsten Dank aus und dankt auch den betreffenden Herren Institutsvorständen für die Überlassung von Hörsälen und Einrichtungen zu den stattgehabten Vorträgen.

Weiters ist zu berichten, daß unser Verein dermalen kein Vereinslokal besitzt, weil bekanntlich das Haus Raubergasse 8 abgetragen wird und zurzeit für den Verein kein anderes Zimmer von der Landschaft zur Verfügung gestellt werden kann. Aus diesem Grunde muß der Verein die einlangenden Zeitschriften und Bücher unmittelbar an die Landesbibliothek abgeben, sodaß sie künftighin für die Mitglieder nicht mehr aufgelegt werden können. Nichtsdestoweniger wurden Vorkehrungen getroffen, um die Mitglieder tunlichst rasch in den Besitz gewünschter neuer Büchereinfläufe zu bringen. Sie haben sich diesbezüglich einfach mit dem Vereinsbibliothekar in Verbindung zu setzen und ihm ihre Wünsche bekanntzugeben. Er wird dann über das Vorhandensein des Gewünschten Auskunft erteilen. Die Schriften und Bücher sind gegen Ausfüllung des in der Landesbibliothek aufliegenden Entlehnscheines während der Amtsstunden sofort für die Mitglieder erhältlich.

Großen Dank schuldet der Verein dem hohen Landtage, bezw. Landesausschusse, der löblichen Steiermärkischen Sparkasse und dem löblichen Gemeinderate der Stadt Graz für die Zuwendung namhafter Geldunterstützungen, über die der Herr Rechnungsführer des Vereines berichten wird.

Auch den Schriftleitungen der Grazer Tagesblätter sei hier der Dank abgestattet für die Aufnahme der unseren Verein betreffenden Notizen.

Am Schlusse meiner Ausführungen angelangt, erlaube ich mir, an die geehrte Versammlung die Bitte zu richten, dem Vereine im kommenden Vereinsjahre durch persönliche Werbung viele neue Mitglieder zuzuführen, auf daß er gekräftigt und gestärkt unentwegt eintreten kann für die hohen Ziele der freien Naturwissenschaft.

Hierauf erstattete der Rechnungsführer, Herr Sekretär Josef P i s w a n g e r, die nachstehenden Berichte:

Kassabericht für das 45. Vereinsjahr

(vom 1. Jänner bis Ende Dezember 1908).

Post.-Nr.	Empfang.	Einzel		Zusammen	
		K	h	K	h
1	Verbliebener Kassarest aus dem Vorjahre			3659	60
2	Beiträge: a) der löbl. Steierm. Sparkasse in Graz	600	—		
	b) des „ Gemeinderates in Graz	99	93		
	c) „ „ „ „ Marburg	20	—		
	d) der p. t. Vereinsmitglieder	2344	15	3064	08
3	Erlös für Publikationen des Vereines			61	80
4	Zinsen der Sparkasse-Einlage			120	91
	Summe des Empfanges			6906	39
	Ausgaben.				
1	Druckkosten:				
	a) der „Mitteilungen“ des Vereines pro 1907	2457	95		
	b) anderer Drucksachen	363	27	2821	22
2	Entlohnungen:				
	a) des Dieners Drucevicz	120	—		
	b) für das Austragen der „Mitteilungen“ und Einkassieren der Beiträge	100	—		
	c) für Schreivarbeiten	20	86		
	d) „ anderweitige Dienstleistungen	30	—	270	86
3	An Ehrengaben für die Herren Vortragenden			376	11
4	An Gebühren-Äquivalent pro 1908			13	57
5	An Postporto- und Stempelgebühren			441	38
6	Für die speziellen Zwecke der botanischen Sektion			100	—
7	„ „ „ „ „ anthropologischen Sektion			10	—
8	„ „ „ „ „ entomologischen „			100	—
9	„ „ „ „ „ zoologischen Sektion			15	—
10	„ Zeitungseinschaltungen			14	64
11	„ verschiedene kleine Ausgaben			26	75
	Summe der Ausgaben			4189	53
	Im Vergleich des Empfanges per K 6906·39				
	mit der Ausgabe von „ 4189·53				
	ergibt sich ein Kassarest von K 2716·86				

Graz, im Dezember 1908.

Dr. L. Böhmig m. p.
k. k. Universitäts-Professor
Präsident.

Josef Piswanger m. p.
Sekretär der k. k. techn. Hochschule
Rechnungsführer.

Geprüft und richtig befunden.

Graz, im Jänner 1909.

Friedrich Staudinger m. p.
Fachlehrer
Rechnungsprüfer.

Ferdinand Slowak m. p.
k. k. Veterinär-Inspektor
Rechnungsführer.

Bericht

über die ausschließlich für Zwecke der geologischen Erforschung Steiermarks
bestimmten Beträge im Jahre 1908.

	K	h
Empfang.		
Aus dem Vorjahre verblieb ein Kassarest von	161	11
Hiezu die Zinsen der Sparkasseinlage	5	64
ergibt einen Betrag von	166	75
Ausgaben.		
Dem Herrn Dr. Leitmeier für eine wissenschaftliche geologisch- petrographische Arbeit	100	—
verbleibt ein Kassarest von	66	75
Graz, im Dezember 1908.		
Dr. L. Böhmig m. p. k. k. Universitäts-Professor Präsident.	Josef Piswanger m. p. Sekretär der k. k. techn. Hochschule Rechnungsführer.	
Geprüft und richtig befunden.		
Graz, im Jänner 1909.		
Friedrich Staudinger m. p. Fachlehrer Rechnungsprüfer.	Ferdinand Slowak m. p. k. k. Veterinär-Inspektor Rechnungsprüfer.	

Beide Berichte wurden zur Kenntnis genommen. Die bisherigen Rechnungsprüfer wurden wiedergewählt.

Die nun folgende Neuwahl der Vereinsdirektion für 1909 hatte folgendes Ergebnis:

Präsident: Hofrat und Professor Dr. A. v. E t t i n g s h a u s e n.

1. Vizepräsident: Professor Dr. L. B ö h m i g.

2. Vizepräsident: Generalstabsarzt Dr. Th. H e l m.

1. Sekretär: Professor Dr. K. F r i t s c h.

2. Sekretär: Privatdozent Dr. F. F u h r m a n n.

Bibliothekar: Direktor J. H a n s e l.

Rechnungsführer: Sekretär J. P i s w a n g e r.

Hierauf hielt Herr Professor Dr. L. B ö h m i g seinen Vortrag:

Einige bedeutsame Ergebnisse der modernen Protozoön- forschung.

Die einzelligen tierischen Organismen, die Urtiere oder Protozoön, haben seit ihrer Entdeckung die Aufmerksamkeit

der Forscher in hohem Maße auf sich gezogen, ließ sich doch hoffen, daß das Studium dieser kleinsten Lebewesen, deren Bau ein relativ einfacher ist, leichter Aufschlüsse über viele biologische Probleme geben werde, als das der erheblich komplizierter gebauten Vielzelligen.

Zunächst war es naturgemäß die Gesamtorganisation der verschiedenen Protozoöformen, welche untersucht werden mußte, denn nur auf Grund einer eingehenden Kenntnis des Baues konnte man es wagen, an physiologische Probleme spezieller und allgemeiner Art heranzutreten.

Eine ausgezeichnete Darstellung der bis zum Jahre 1889 bekannt gewordenen Ergebnisse der Protozoöenforschung verdanken wir Bütschli, welcher, selbst ein ausgezeichneter Protozoöenforscher, die Urtiere für das groß angelegte, von Bronn begründete Werk „Klassen und Ordnungen des Tierreiches“ bearbeitete. Durchblättern wir die betreffenden beiden Bände, so finden wir eine Fülle von Daten, welche sich auf den Bau verhältnismäßig wenige, die sich auf die Vermehrung dieser Tiere beziehen; dies gilt ganz besonders von den einfacheren Formen, den Sarkodetierchen und den Flagellaten. Mit Ausnahme der sogenannten Phytomonaden (*Eudorina*, *Pandorina*, *Volvox* etc.) wußte man im Grunde genommen über die Fortpflanzung nicht viel mehr, als daß sie durch eine einfache Art von Zweiteilung oder durch Knospenbildung erfolgt und diese Art der Vermehrung scheint ja in der Tat zu der einfachen Organisation gut zu passen.

Die bahnbrechenden und glänzenden Untersuchungen Schaudinns eröffneten gerade in dieser Hinsicht neue Perspektiven, eine neue Epoche der Protozoöenforschung wurde durch diesen genialen, leider sehr früh verstorbenen Gelehrten inaugurirt. Schaudinn zeigte, daß selbst bei den Amöben und ihren nächsten Verwandten die Vermehrung wohl niemals ausschließlich auf einer einfachen Zweiteilung beruht, sondern daß entweder komplizierte Entwicklungszyklen (z. B. *Paramöba eilhardi*, *Arcella*, *Centropyxis*, *Polystomella*) vorliegen oder daß wenigstens zu gewissen Zeiten Kopulationsvorgänge zu konstatieren sind (z. B. *Actinophrys sol*, ferner *Amöba diploidea* nach Hartmann).

Bei der Verfolgung dieser Dinge richtete sich die Aufmerksamkeit Schaudinns besonders auch auf das Verhalten der Kerne, die ja bei der Vermehrung der Zellen eine hervorragende Rolle spielen und gerade auch in dieser Hinsicht ergaben sich Tatsachen von allgemeiner Bedeutung, die zum Teile allerdings unabhängig von Schaudinn von R. Hertwig gefunden und gewürdigt wurden.

Angeregt durch Schaudinns und R. Hertwigs Untersuchungen, beschäftigen sich heute zahlreiche Zoologen, von denen M. Hartmann und S. Prowazek, welche das von Schaudinn begründete Archiv für Protistenkunde weiterführen, genannt seien, mit den Protozoën.

Zu den bekanntesten Foraminiferen gehört *Polystomella crista*. Die linsenförmige Schale dieser Tiere besteht aus zahlreichen Kämmerchen, welche in einer Planospirale angeordnet sind; die Zahl dieser Kämmerchen nimmt mit fortschreitendem Alter der Tiere zu, es werden immer neue an die vorhandenen angebaut: die älteste Kammer, die sogenannte Embryonalkammer, ist die kleinste, sie bildet das Zentrum der ganzen Schale, die jüngsten sind die größten. Untersucht man eine größere Anzahl von Individuen, so bemerkt man, daß bei manchen derselben die Embryonalkammer sehr klein, bei anderen hingegen verhältnismäßig groß ist; die Individuen der ersten Sorte bezeichnen wir als mikrosphärische, die der zweiten als megalosphärische. Diese die Schale betreffenden Unterschiede sind aber nicht die einzigen, es bestehen noch wesentlichere und diese beziehen sich auf die Kernverhältnisse. Die megalosphärischen Individuen besitzen einen großen, ansehnlichen Kern, den sogenannten Prinzipalkern, und neben diesem finden sich im Plasma zerstreut eine Anzahl sehr kleiner Kerne und Chromatinbrocken vor, die mikrosphärischen Tiere hingegen entbehren eines Prinzipalkernes, dafür ist ihr Plasma von einer bedeutenden Menge kleiner Chromatinbröckchen, sogenannten Chromidien, erfüllt. Mikrosphärische und megalosphärische Formen stehen nun in einem bestimmten genetischen Zusammenhange. Wenn die mikrosphärischen Individuen, um mit diesen zu beginnen, ihre definitive Größe erreicht haben, fließt das gesamte Plasma, welches den Körper bildet und die Kammerräume er-

füllt, aus der Schale heraus und zerfällt in eine große Menge kleiner, nackter, amöbenähnlicher Wesen, die sogenannten Embryonen; nach längerer oder kürzerer Zeit des Umherkriechens bilden dieselben eine Schale mit großer Embryonalkammer und zugleich vereinigen sich die vom Muttertier überkommenen Chromatinkörnchen zum Teile zu einem großen Kerne, dem Prinzipalkern, ein anderer Teil bildet die früher erwähnten kleinen Kerne: die Embryonen entwickeln sich also zu megalosphärischen Individuen. Wenn die Zeit der Vermehrung für diese gekommen ist, setzt eine besonders lebhafte Vermehrung der kleinen Kerne und Chromatinbrocken ein, der Prinzipalkern gibt an sie Substanzen ab, der Rest aber, welcher von ihm zurückbleibt, spielt schließlich keine Rolle weiter, sondern geht zugrunde. Um einen jeden solchen Kern grenzt sich zunächst eine Portion Plasma ab, dann treten weitere Teilungen des Kernes ein, die zur Bildung von Sprößlingen führen, welche, mit zwei Geißeln ausgerüstet, gleich kleinen Geißeltierchen umherschwärmen. Treffen sie mit Schwärmsprößlingen eines anderen Muttertieres zusammen, so vereinigen sie sich mit diesen paarweise und wachsen zu einem mikrosphärischen Individuum an.

Es liegt hier und ganz ähnlich verhält sich die Sache bei zahlreichen anderen Wurzelfüßern ein komplizierter Entwicklungszyklus, ein Wechsel verschieden gestalteter und auf verschiedene Weise — Embryonen, Schwärmsprößlinge, welche kopulieren — erzeugter Generationen vor; es zeigt uns aber die Entwicklung von *Polystomella* noch andere Momente von Bedeutung: Die megalospärischen Individuen besitzen einen Prinzipalkern und kleine Kerne, die wir gleich den Chromatinbrocken der mikrosphärischen Tiere als Chromidien bezeichnen können; zur Zeit der Fortpflanzung tritt eine bedeutende Vermehrung der Chromidien zum Teile auf Kosten der chromatischen Substanz des Prinzipalkernes ein, ein Teil der letzteren wird jedoch nicht verwendet, sondern unterliegt zu einem gewissen Zeitpunkte dem Zerfall; es läßt dieses Verhalten vermuten, daß das Chromatin der Chromidien und das im Prinzipalkern enthaltene von verschiedener physiologischer Bedeutung für den Organismus sein dürfte, und diese Vermutung wird zur

Gewißheit, wenn wir andere Rhizopoden, wie *Centropyxis*, *Arcella* etc., fernerhin die Infusorien in Betracht ziehen; bei den letzteren unterscheidet man seit langer Zeit einen Groß- und einen Kleinkern und weiß, daß der erstere zur Zeit der geschlechtlichen Vermehrung einem Zerfalle unterliegt und keine Rolle mehr spielt. der Kleinkern hingegen gerade zur dieser Zeit aktiv wird. Mit Rücksicht hierauf können wir den Kleinkern und die demselben bei *Polystomella*, *Centropyxis*, *Arcella* entsprechenden Chromidien auch als Geschlechtskerne, als die Kerne, in welchen die Vererbungssubstanz enthalten ist, bezeichnen, den Großkern. respektive den Prinzipalkern dagegen als den vegetativen oder Stoffwechsellkern, als den Kern, der den Stoffwechsel während des individuellen Lebens reguliert, mit der Vermehrung aber nichts zu tun hat. Es besteht mithin bei diesen, höchst wahrscheinlich aber bei allen Protozoën und auch in den Zellen der Metazoën ein Kern-dualismus in dem Sinne, daß somatische, dem Stoffwechsel dienende und generative Kernsubstanzen zu unterscheiden sind, mögen dieselben nun räumlich voneinander getrennt sein oder nicht.

Ich habe darauf hingewiesen, daß nur Schwärmsprößlinge, Gameten, die von verschiedenen Muttertieren abstammen, mit einander kopulieren. Bei *Polystomella* lassen sich äußerlich zwischen den Gameten verschiedener Herkunft keine Unterschiede feststellen, doch ist es schon a priori wahrscheinlich, daß gewisse Verschiedenheiten zwischen zwei Schwärmern, die sich mit einander vereinigen, bestehen werden. Bei zahlreichen Protozoën hat man tatsächlich auf die Form und gewisse Eigentümlichkeiten des Baues bezügliche Differenzen an den Gameten beobachtet, so z. B. bei denen der Gregarine *Stylorhynchus*.

Zur Zeit der Vermehrung umgeben sich zwei Gregarinen mit einer gemeinsamen Hülle, bleiben jedoch im übrigen vollständig von einander getrennt; die eine von ihnen produziert kugelige, unbewegliche, die andere hingegen birn- oder spindel-förmige, mit einer Geißel versehene, sehr bewegliche Sprößlinge; die letzteren suchen die ersteren auf und vereinigen sich mit ihnen; die nicht zur Kopulation gelangenden gehen zugrunde,

es müssen ihnen mithin gewisse Qualitäten, die zur weiteren Entwicklung notwendig sind, fehlen.

Welcher Art diese Defekte sind, ist für den vorliegenden Fall nicht zu entscheiden, einen tieferen Einblick in diese Verhältnisse gestatten uns aber die bedeutungsvollen Untersuchungen Schaudinns an *Hämoproteus noctuae*. *Hämoproteus noctuae*, ein den Trypanosmen und den Malariaerregern verwandtes Geißeltierchen, dessen Entwicklungszyklus auf zwei Wirtstiere, den Steinkauz und eine Mückenart, verteilt ist, tritt in drei Formen auf, die man als indifferente, weibliche und männliche bezeichnet. Alle drei Formen besitzen zwei Kerne, einen sog. Hauptkern und einen Kern, welcher mit dem Geißelapparate in innigster Beziehung steht und diesen aus sich hervorgehen läßt; man hat den zweiten Kern daher ganz passend Bewegungskern. Blepharoblast, genannt.

Im Blute des Steinkauzes treffen wir zunächst die indifferenten Formen an; sie sind von keulenförmiger Gestalt und besitzen einen wohlentwickelten Geißelapparat, sowie zwei Kerne von ansehnlicher Größe; sie vermehren sich lebhaft durch Längsteilung und aus ihnen gehen auch männliche und weibliche Individuen, Mikro- und Makrogametozyten genannt, hervor. Die Mikrogametozyten gehen zugrunde, wenn sie nicht im geeigneten Zeitpunkte von einer Mücke aufgenommen werden; geschieht dies, so bildet sofort ein jeder Mikrogametozyt acht Mikrogameten. Diese sind außerordentlich schlank, dünn, plasmaarm, ihr Geißelapparat ist sehr wohl entwickelt und dementsprechend auch der Blepharoblast: der Hauptkern hingegen erscheint bedeutend reduziert. Die Makrogametozyten haben hingegen die Fähigkeit, im Eulenblute unter besonderen Umständen zu indifferenten Formen zu werden; gelangen sie aber in den Mückendarm, und das ist die Norm, so bilden sie sich unter Reduktion ihrer Kernsubstanzen in befruchtungsfähige Makrogameten um. Von den beiden anderen Formen unterscheiden sie sich durch den Besitz reicher Reservesubstanzen im Plasma und einen wenig entwickelten Geißelapparat; ihre Kerne sind von geringerer Größe als die der indifferenten Formen. Es bestehen, wie aus dem Gesagten ersichtlich,

schon äußerlich sehr wesentliche Differenzen zwischen den drei Formen; die Unterschiede gewinnen aber noch an Schärfe, wenn wir das Verhalten der Kerne eingehender untersuchen und zu diesem Zwecke die Entstehung der drei Formen aus dem befruchteten Makrogameten betrachten. Die Verschmelzung eines Mikrogameten mit einem Makrogameten erfolgt im Mückendarme, unmittelbar nach der Aufnahme der Geschlechtsformen aus dem Blute der Eule; es bildet sich der sogen. Ookinet. Die beiden Hauptkerne sowie die beiden Blepharoplasten vereinigen sich zu einem einzigen Kerne, der bei der weiteren Entwicklung einer Teilung in 2 Kerne, nennen wir dieselben *a* und *b*, unterliegt. Beide Kerne, *a* sowie *b*, bleiben in den indifferenten Formen erhalten, *a* liefert den Hauptkern, welcher wahrscheinlich den Stoffwechsel reguliert, *b* den Bewegungskern; wird aus dem Ookineten ein weibliches Trypanosoma, so geht der Kern *b* zugrunde, *a* hingegen, wenn sich aus ihm ein männliches entwickelt, und es müssen in diesen beiden Fällen die definitiven Kerne durch Teilung von *a*, resp. *b* gebildet werden. Die indifferenten Formen sind, wie hieraus hervorgeht, mit Kernsubstanzen aller Art am besten ausgerüstet, es ist daher begreiflich, daß sie die Fähigkeit der Teilung und Vermehrung in hohem Maße besitzen. In den weiblichen Formen ist die den Stoffwechsel beherrschende chromatische Substanz in überwiegender Menge vorhanden, das geht aus der Bildung und Anhäufung von Reservestoffen hervor, und dies dürfte auch die große Widerstandsfähigkeit der weiblichen Trypanosomen gegen ungünstige äußere Einflüsse bedingen, während die bei der Teilung der Zelle eine wesentliche Rolle spielende eine bedeutende Reduktion erfahren hat; das entgegengesetzte Verhalten zeigen die männlichen Trypanosomen; hier erscheint das den Stoffwechsel vermittelnde Chromatin in so hohem Maße vermindert, daß ein längeres Leben dieser Formen überhaupt ausgeschlossen ist. Bei der Kopulation werden nun diese Defekte ausgeglichen und in diesem Ausgleich liegt überhaupt — das gilt auch für die vielzelligen Tiere — die Bedeutung des Kopulations- oder Befruchtungsprozesses.

Eine solche extreme Differenzierung von Individuen nach der männlichen oder weiblichen Seite hin, ein Überwiegen der ani-

malischen oder vegetativen Eigentümlichkeiten erscheint auf den ersten Blick um so auffälliger, als ja die indifferenten Individuen, deren Zwitternatur auf der Hand liegt, die Fortpflanzung mithin die Erhaltung der Art allein besorgen könnten; dies geschieht jedoch immer nur durch eine kürzere oder längere Reihe von Generationen, dann treten an Stelle der indifferenten die Geschlechtsindividuen: welche Momente das Auftreten der letzteren, also die Differenzierung der Kerne in einer bestimmten Richtung bedingen, ist allerdings nicht bekannt.

Ausgehend von den Verhältnissen, wie sie bei den vielzelligen Tieren vorliegen, hat man zumeist den Befruchtungsprozeß in einen ursächlichen Zusammenhang mit der Fortpflanzung gebracht; das ist jedoch nicht richtig; Kopulation und Vermehrung haben gar nichts miteinander zu tun. So sehen wir bei manchen Protozoën dem Kopulationsakte eine Ruheperiode, die sich über Monate erstrecken kann, folgen, bei anderen erscheint die Teilungsfähigkeit nach der Kopulation herabgesetzt, anstatt vermehrt.

Wenn nun, und im allgemeinen müssen wir dies ja annehmen, zur richtigen Zeit eine dauernde oder zeitweilige (Infusorien) Vereinigung zweier Individuen stattfindet und hiedurch die Schäden einer einseitigen Differenzierung ausgeglichen werden, so wird früher oder später durch Teilung oder Knospung die Vermehrung erfolgen. Der Körper des Muttertieres geht hiebei, mag es sich nun um eine einfache Zweiteilung oder um eine Zerfallsteilung in zahlreiche Stücke handeln, vollständig oder doch nahezu vollständig in die Tochtertiere auf, und dies Verhalten hat Weismann und anderen Anlaß gegeben, in den Protozoën „unsterbliche“ Tiere zu sehen; erst mit der Vielzelligkeit und der Differenzierung der Zellen in Soma (Körper) — und Geschlechtszellen sei der Tod aufgetreten.

Mit dem Tode ist bei den Vielzelligen das Entstehen einer Leiche verbunden, bei den Protozoën hingegen fehlen solche Leichen vielfach, nach Weismann vollständig, und das Vorhandensein einer Leiche ist diesem Forscher zufolge das Charakteristische für den Tod.

Gegen diese Auffassung sind besonders von M. Hartmann schwerwiegende Einwürfe erhoben worden: Das Vor-

handensein einer Leiche erscheint dem genannten Forscher irrelevant, da auch bei den Protozoën Leichen-Plasmateile, welche nicht zur Bildung der Tochtertiere verwendet werden, vorkommen; aber auch in jenen Fällen, in welchen das Muttertier restlos in die Tochtertiere aufgeht, sind größere oder geringere Verschiedenheiten zwischen dem Muttertiere und den Tochterindividuen zu konstatieren. In den einfachsten Fällen handelt es sich um Neubildung von Plasmapartien, in komplizierteren um die von Organellen, wie Geißeln, Zilien, kontraktilen Vacuolen, und aus diesen Gründen müssen wir auch bei den Einzelligen von einer individuellen Entwicklung der Tochtertiere sprechen.

Das Charakteristische des Todes liegt also nicht im Vorhandensein einer Leiche, sondern in dem Aufhören, dem Stillstande des individuellen Lebens eines Organismus; dieses Aufhören steht aber bei den Protozoën in direkter Verbindung mit der Fortpflanzung.

Bei dem einfachsten vielzelligen Lebewesen, bei *Volvox*, liegt die Sache ebenso klar; hier gehen in dem Augenblicke, in welchem sich die Geschlechtszellen zu neuen Individuen entwickelt haben und sich von dem Muttertiere trennen, alle nicht der Vermehrung fähigen Elemente — die Somazellen — zugrunde, das Individuum als solches verschwindet. Bei den höheren Vielzelligen fallen die beiden Erscheinungen, Vermehrung und Tod, allerdings zumeist nicht mehr zusammen; in Anpassung an besondere Verhältnisse haben hier die Somazellen die Fähigkeit erhalten, noch eine Zeitlang selbständig existieren zu können.
