

10. 5. 1926

Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON
ARNOLD BERLINER

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR.

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Stadtbücherei
Elbing

HEFT 19 (SEITE 401—440)

7. MAI 1926

VIERZEHNTER JAHRGANG

ADOLF VON HARNACK

ZUR VOLLENDUNG

DES FÜNFUNDSIEBZIGSTEN
LEBENSJAHRES

Verlagsgesellschaft

NATURWISSENSCHAFTEN

ADOLPH BRILLER

LEHRBUCH DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DER MENSCHEN

LEHRBUCH DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DER MENSCHEN

LEHRBUCH DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DER MENSCHEN

LEHRBUCH DER ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DER MENSCHEN

ADOLF VON HARNACK

ZUR VOLLSTÄNDIGEN

DES FÜNFUNDSECHZIGSTEN
LEBENSJAHRES





ADOLF VON HARNACK

ZUR VOLLENDUNG

DES FÜNFUNDSIEBZIGSTEN

LEBENSJAHRES

★

Inhalt:

	Seite
ADOLF VON HARNACK. Zum fünfundsiebzigsten Geburtstage. Von H. A. KRÜSS, Berlin	403
Über den Stand der Frage nach der Umwandelbarkeit der chemischen Elemente. Von F. HABER, Berlin-Dahlem	405
Der gegenwärtige Stand der Zoologie und die Gründung zoologischer Stationen. Von ANTON DOHRN, Neapel. Neudruck aus: Preußische Jahrbücher, Bd. 30, 1872 .	412
Erste Erfahrungen mit dem rotierenden Laboratorium. Von L. PRANDTL, Göttingen .	425
Über die chemische Reaktion von Gasen. Von HARTMUT KALLMANN, Berlin-Dahlem	427
Merkmal und Erbanlage. (<i>Ipomoea imperialis reduplicata</i> .) Von C. CORRENS, Berlin- Dahlem	431
Über experimentelle Unsterblichkeit von Protozoen-Individuen. Von M. HARTMANN, Berlin-Dahlem	433
Neue Ergebnisse der Celluloseforschung im Lichte der NÄGELISCHEN Micellartheorie. Von KURT HESS, Berlin-Dahlem	435
Über den Unterschied von links- und rechts-Milchsäure im Organismus. Von O. MEYERHOF und K. LOHMANN, Berlin-Dahlem	437
Über die Bildung von Milchsäure durch die Zellen grüner Pflanzen. Von CARL NEUBERG und GÜNTHER GORR, Berlin-Dahlem	437
Über Abtötung von Tumorzellen im Körper. Von OTTO WARBURG und ERWIN NEGELEIN, Berlin-Dahlem	439

Adolf von Harnack.

Zum fünfundsiebzigsten Geburtstage.

Von H. A. KRÜSS, Berlin.

Zum fünfundsiebzigsten Geburtstage ADOLF VON HARNACKS ein Bild seiner Gesamtpersönlichkeit und seines gesamten Wirkens zu geben, kann nicht hier der Ort und nicht eine mir zukommende Aufgabe sein. Ich kann nur versuchen, ihn in dem Ausschnitt seines vielseitigen und vielgestaltigen Wirkens zu erfassen, in dem mein eigener Lebenskreis mit dem seinen in Berührung getreten ist und von ihm fort und fort Anregung und Bereicherung erfahren hat.

HARNACK sagt einmal: „Im Altertum zweifelte man, ob die ‚Spezialisten‘ in die Gelehrtenrepublik gehören; heute sind sie die Meister, und die anderen mögen zusehen, wie sie ihren Platz behaupten“, und an einer anderen Stelle: „Wie oft ist es doch der Wissenschaft schon begegnet, daß die Fülle neuer Erkenntnisse sie scheinbar zurückgeworfen hat. Indem man reicher wurde, wurde man ärmer, ärmer an allgemeinen Erkenntnissen.“

Wir beklagen es, daß die stetig fortschreitende Entfaltung der Wissenschaft in immer neue Zweige den einzelnen Forscher zu immer weitergehender Spezialisierung führt und daß uns die Einheit der Wissenschaft immer mehr verlorengeht. Wohl sehen wir, wie gerade heute die Verbindungen zwischen den einzelnen Fächern immer zahlreicher werden und wie gerade auf den Grenzgebieten das Neue erwächst. Aber doch können wir mit HARNACK fragen: „Wenn heute ein Wilhelm von Humboldt oder Schleiermacher oder Alexander von Humboldt wiederkäme, er würde staunen über den Umfang unserer Forschungen und die Sicherheit der Methoden; aber würden ihm auch die Forscher ganz willkommen sein, und würde er jene harmonische Bildung bei ihnen finden, die er als die herrlichste Frucht der Wissenschaft geschätzt hat?“ Um so bedeutungsvoller ist es, wenn heute den großen universalen Aufgaben der Gesamtwissenschaft eine wahrhaft gelehrte Persönlichkeit universalen Geistes ersteht, bedeutungsvoll nicht nur, um der Wissenschaft selbst und ihrer Einheit willen, sondern auch, weil die wissenschaftliche Arbeit organisatorische Voraussetzungen hat, die nur auf universalen Einstellungen beruhen können und die zu ihrer Schaffung Menschen brauchen, die diese Einstellung besitzen.

Schon an einer flüchtigen Durchsicht der langen Reihe von HARNACKS Schriften offenbart sich die erstaunliche Universalität seines Geistes. In seiner eigenen Fachwissenschaft anerkannt als Begründer

eines neuen Abschnitts kirchengeschichtlicher Forschung, der er neben allem andern fortschaffend bis heute treu geblieben ist, hat er sich schon zu früher Zeit weit darüber hinausgreifend anderen wissenschaftlichen Aufgaben und allgemeineren Fragen zugewendet. Alles, was die Zeit bewegt, Staat, Kirche, Gesellschaft, Schule, Bildung, wächst in den stetig sich erweiternden Umkreis seines Schaffens hinein. Aber in allem Vielfältigen ist doch keine Zersplitterung, denn überall zieht die gleiche Linie einer universalen Auffassung der Zusammenhänge hindurch, die das eine durch das andere befruchtet und so das Vielfache zu einer wunderbaren Geschlossenheit des ganzen Werkes zusammenführt. Universal aber ist HARNACK nicht nur in der Mannigfaltigkeit und in der Verknüpfung des Gleichzeitigen, sondern ebenso in der Verknüpfung des Zeitlichen mit der Geschichte, in der es geworden ist. Es ist sicher nicht gelehrtes Interesse allein, sondern eine innere Verwandtschaft, die ihn schon früh zu AUGUSTIN geführt hat und immer wieder zu ihm zurückkehren läßt, AUGUSTIN, „der mit allen großen geistigen Mächten seines Zeitalters in innigster Verbindung stand, und dessen Name auf den Blättern der Geschichte des Abendlandes von den Tagen der Völkerwanderung an bis auf unsere Tage unauslöschlich geschrieben steht“.

So war kein anderer wie HARNACK berufen, an Stellen zu treten, wo es galt, die gesamte Wissenschaft und Kultur in ihrer Einheit zu umfassen. Er wurde der Geschichtsschreiber der Berliner Akademie zu ihrer Zweihundert-Jahrfeier im Jahre 1900. Im gleichen Jahre wie sein „Wesen des Christentums“, das seinen Namen in die ganze christliche Kulturwelt hinausgetragen hat, erschien seine „Geschichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften“, ein Monumentalwerk, das von LEIBNIZ an zugleich eine Geschichte der gesamten Wissenschaft und des deutschen Geisteslebens durch zwei Jahrhunderte ist.

Im Jahre 1905 wurde HARNACK als Generaldirektor der Königlichen Bibliothek in Berlin berufen, an deren Spitze er fünfzehn Jahre hindurch gestanden hat. Schon bei seiner Berufung hatte er auf die Notwendigkeit hingewiesen, die Befugnisse des Generaldirektors im Sinne einer größeren Zentralisierung des staatlich-wissenschaftlichen Bibliothekwesens zu erweitern. Dem entsprach

die im Jahre 1907 erfolgte Begründung des Beirats für Bibliotheksangelegenheiten, dessen geborener Vorsitzender der Generaldirektor der Staatsbibliothek ist. Was HARNACK diesen beiden Ämtern gegeben hat, kann man nur errimmen, wenn man bedenkt, daß er in seinem Hauptamt als ordentlicher Professor an der Universität verblieb mit allen Pflichten, die dieses Amt ihm auferlegte. Hinzu kam von 1909 ab die Begründung und der Aufbau der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, die für sich eine volle Arbeitskraft in Anspruch nehmen konnten. Und doch hat HARNACK auch seinem Amt als Generaldirektor der Staatsbibliothek und als Vorsitzender des Beirats für Bibliotheksangelegenheiten seine Eigenart aufgeprägt.

Was das Preußische Bibliothekswesen ihm verdankt, ist in einer Schrift „Fünfzehn Jahre Königliche und Staatsbibliothek“ niedergelegt, die ihm beim Scheiden aus dem Amt von den wissenschaftlichen Beamten der Staatsbibliothek gewidmet worden ist. Sie enthält den Nachweis, wie die Bibliothek während dieser fünfzehn Jahre in allen ihren Teilen fortgeschritten ist. Wohl hat sie durch den Krieg und seine Nachwirkungen, die in diese Zeit hineinfallen, schwere Einbußen erfahren, aber ihr Ausbau vor dem Kriege ist entscheidend dafür gewesen, daß die Folgen nicht weit verhängnisvoller geworden sind. So war die glanzvolle Weihe des neuen Hauses kurz vor Kriegsausbruch der äußere Höhepunkt von HARNACKS Amtstätigkeit.

Wer das Ganze seines Wirkens für die Preussischen Bibliotheken übersieht, der erkennt auch hier das Universale seiner besonderen Art. Für ihn konnten die Bibliotheken nicht nur ihren eigenen Zwecken genügen. Ihm war das Entscheidende die große Aufgabe, die sie als Teil des großen Organismus zu erfüllen haben, der unserem ganzen geistigen Schaffen die Voraussetzungen zu bereiten hat. Sein Streben war darauf gerichtet, die einzelnen Arbeitskreise des vielgestaltigen Bibliotheksbetriebes in eine organische Einheit zusammenzufassen und immer wieder hin zu richten auf den gemeinsamen hohen Zweck. So hat nicht nur jeder einzelne, sondern auch die Gesamtheit und damit das Ansehen der deutschen Bibliotheken überhaupt an seiner Geistigkeit teilhaben dürfen. Die Vorrede der Widmungsschrift spricht von „der Liebe, der Sachkunde und der Kraft“, mit der er sein Amt geleitet hat. Sie sind es, die allen seinen Mitarbeitern eine unvergängliche dankbare Erinnerung hinterlassen haben, wie sie noch einmal in der Widmung zum Ausdruck gekommen ist, die ihm zum siebzigsten Geburtstage die Direktoren sämtlicher Preussischen Universitätsbibliotheken dargebracht haben.

Im Jahre 1910 wurde HARNACK der erste Präsident der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften. Erwachsen aus Ideen und Notwendigkeiten, die die Zeit hatte reifen lassen, ist ihr die Form durch HARNACK

gegeben worden, eine Form, die nicht aus Überlegungen reiner Zweckmäßigkeit konstruiert war, sondern wie alles von ihm Erdachte auf tiefer Einsicht in das Wesen wissenschaftlicher Arbeit und ihr geschichtliches Werden beruht. Sie steht noch heute, wie sie von Anfang an gedacht war, und hat durch alle Wechsel der Zeit hindurch die Grundlage gebildet, auf der die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zu einer Wissenschaftsorganisation geworden ist, die nicht nur der deutschen Wissenschaft immer reichere Frucht getragen, sondern auch beispielgebend weit über die deutschen Grenzen hinaus gewirkt hat. Von drei zu gründenden Forschungsinstituten für Chemie, Physik und Biologie hatte HARNACK in seiner grundlegenden Denkschrift vom Jahre 1909 gesprochen. Heute sind es 26 Institute, die durch das ganze weite Gebiet der Naturwissenschaften und ihrer Anwendungen hindurchgreifen und auch eine Anzahl von Instituten aus dem Bereich der Geisteswissenschaften umfassen. Das ist die äußere Leistung, die HARNACK vollbracht hat; die innere aber ist von nicht geringerer Größe.

Die Kaiser Wilhelm-Gesellschaft beruht auf dem Zusammenwirken der Wissenschaft, des Staates und der Wirtschaft. Alle drei Faktoren sehen die Wissenschaft unter wesentlich verschiedenen Gesichtspunkten: die Wissenschaft um der Wissenschaft selbst willen, der Staat unter dem Gesichtspunkt der Wissenschaftspolitik, die Wirtschaft unter dem ihrer Nützlichkeit. Das immer sich wiederholende Spiel der hieraus resultierenden Kräfte hat HARNACK meisterlich zu Resultanten zu vereinigen vermocht, an deren Ende jeweils ein neues Forschungsinstitut entstanden ist. Nur wer wie er der innersten Überzeugung ist, daß die Wissenschaft nicht um ihrer selbst willen, sondern um des Menschen willen da ist, daß sie auch nicht bestimmt ist, allein dem Triebe des Einzelnen nach Erkenntnis zu genügen, sondern die Voraussetzungen für das ganze Sein der Menschheit in seiner geistigen und materiellen Einheit schaffen soll, konnte immer wieder diese Tat neu vollbringen. Wenn die Kaiser Wilhelm-Institute Stätten der Forschung geworden sind, uneingeengt durch Voraussetzungen, die der Wissenschaft fremd sind, und wenn die Wirtschaft das Vertrauen gewonnen hat, daß auch ihr die Wissenschaft nur dann den wahren Nutzen bringt, wenn ihr der Kreis nicht vorher abgezirkelt ist, so ist es das Werk von HARNACKS überragender Einsicht und Autorität.

In solchem Gleichgewicht die Wesensart der Kaiser Wilhelm-Institute bestimmt und zu einer Tradition gestaltet zu haben, ist das Eigenste, was HARNACK in der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft geleistet hat, denn dadurch hat er auch ihr eigenes Wesen mitbestimmt, und die Gesellschaft hat nur dem, was ist, den natürlichen Ausdruck verliehen, wenn sie der von ihr gestifteten Medaille für Verdienste um die Wissenschaft HARNACKS Bild gegeben hat und seinen Wahlspruch: Spiritus Creator.

Das Bild HARNACKS würde in wesentlichen Zügen unvollständig sein, wollte man nicht des Menschen HARNACK gedenken, und das gerade im Zusammenhang mit seinem Wirken in der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft, denn sie ist über alle Zweckhaftigkeit hinaus zu einem Gefüge menschlicher Beziehungen geworden, in dessen Mittelpunkt er steht. HARNACK selbst sagt: „Die großen Denker werden immer einsam sein.“ Warum ist er es nicht? Weil hinter seiner Geistigkeit ein Mensch steht mit allem Menschlichen, das die Brücke zwischen Mensch und Menschen schlägt. Darin liegt der ganze Zauber seiner Persönlichkeit, darin liegt auch das Geheimnis seiner Führerschaft, die nie in Geistigkeit allein begründet ist. Er ist, wie er WILHELM VON HUMBOLDT gezeichnet hat, der Idealist, der zugleich der wahre Realist ist, der von der Höhe des Geistigen das Wirkliche sieht und das eine meistert wie das andere.

HARNACK umschreibt einmal die höchste Form der Menschenbildung und sagt: „Faßt man den Menschen aber innerhalb der Geschichte und als Glied der Menschheit, so ist Bildung das Ver-

mögen, alles Menschliche mit Verständnis und Teilnahme aufzunehmen und wieder zurückzustrahlen, die eigene Seele offen zu halten und die anderen Seelen zu öffnen, Verstand und Herz zu feinen Organen auszubilden, die dort sehen und hören, wohin die Sinne nicht mehr reichen, sich an vielen Orten heimisch zu machen und sich doch nirgends einzuschließen, innerhalb des Wechsels der Dinge das Leben dauerhaft und würdig zu gestalten und inmitten des Einförmigen und Abstumpfenden ihm Gehalt zu geben, Selbstbeherrschung und Geduld zu gewinnen gegenüber dem Allzumenschlichen und Ehrfurcht zu behaupten vor dem Menschlichen und Göttlichen.“

Das ist es, was wir in HARNACK selbst erkennen, die wir meinen, ihn zu begreifen, und die wir uns ihm nahe fühlen. Davon hat er uns fort und fort gegeben aus der unerschöpflichen Fülle seines Reichtums und dafür wollen wir ihm danken, danken auch an dem Tage, wo drei Viertel eines Jahrhunderts sich in seinem reich gesegneten Leben vollenden. Möge er noch lange, lange unter uns sein.

Über den Stand der Frage nach der Umwandelbarkeit der chemischen Elemente¹⁾.

Von F. HABER, Berlin-Dahlem.

Für die Naturforschung ist das letzte Vierteljahrhundert trotz Völkerkrieg und menschlicher Not eine große Zeit gewesen. Im vergangenen 19. Jahrhundert waren die einzelnen naturwissenschaftlichen Fachgebiete wie getrennte Oasen, die in die Wüste unserer Unwissenheit ein Stück vorgeschoben waren. Das letzte Vierteljahrhundert hat erreicht, daß diese Randoasen deutlich zusammenzuwachsen beginnen und einen Gürtel frischer Kultur um das enger werdende Zentrum der Wüste versprechen. Von den einzelnen alten grünen Flecken aus aber sind zugleich kraftvolle Vorstöße nach der unbekanntesten Wüstenmitte zu erfolgt und die weitreichendsten und kraftvollsten davon sind auf dem physikalischen und dem benachbarten chemischen Gebiete gemacht worden.

Ich möchte den Versuch unternehmen, Sie, verehrte Zuhörer, für eine kurze Zeit an eine Stelle zu führen, an der wir nach einem besonders erfolgreichen Vorstoß in den letzten Jahren eben halten.

Ich will von den Versuchen reden, chemische Elemente ineinander zu verwandeln.

Schon das Thema erscheint nach älterer Auf-

¹⁾ Vortrag, gehalten bei einer Veranstaltung der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft am 3. März 1926. Die genauere Schilderung der Versuche, die im Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie über die Umwandlung von Quecksilber in Gold ausgeführt worden sind, findet sich in der Arbeit von F. HABER, J. JAENICKE und F. MATTHIAS: „Über die angebliche Darstellung ‚künstlichen‘ Goldes aus Quecksilber“, die gleichzeitig in der Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie erscheint.

fassung als ein Widerspruch in sich. Denn ein chemischer Stoff erhält die Bezeichnung als Element nach alter Begriffsbestimmung nur dann, wenn er eine unzerlegbare einheitliche Sorte der Materie darstellt, aus der die natürliche Welt besteht. Ineinander überführbar aber sind nur die Substanzen, die aus den gleichen Sorten von Materie sich aufbauen.

Zahlreiche solche chemische Elemente anzunehmen, ist den Menschen nicht leicht gefallen. Die Alchimisten haben unzählige Male versucht, das eine in das andere zu verwandeln. Nur eine lückenlose Kette von Mißerfolgen konnte eine so seltsame Vorstellung vom natürlichen Aufbau der Welt glaubhaft machen. Denn was konnte wunderlicher sein, als daß im letzten Hintergrunde der stofflichen Welt eine Vielfältigkeit von Grundsubstanzen stehen sollte, die alle einheitlich sind und nichts miteinander gemein haben. Aber allmählich hat man sich dann an dieses wunderliche Erfahrungsergebnis gewöhnt und die Gewöhnung statt der Verständlichkeit genommen, wie es in der Wissenschaft immer geht, wenn die Forschung an einem Punkte lange hängenbleibt und nicht weiter kann.

Im Laufe des 19. Jahrhunderts kam ein wichtiges Stück Aufklärung. Der Atombegriff faßte feste Wurzeln in der Wissenschaft und in dem Atomgewicht entstand ein Merkmal, nach welchem die zahlreichen letzten unzerlegbaren Sorten der Materie sich ordnen ließen. Schrieb man die Elemente in eine Reihe nach wachsendem Atomgewicht und fügte jedem Element eine Beschreibung seiner chemischen Eigenschaften hinzu,

so ergab sich, daß sich die chemischen Eigenschaften hier und da wiederholten. Das nächstschwerere Element war von dem vorangehenden grob verschieden und ebenso das übernächste. Aber einige Plätze weiter fand sich öfters eines, das mit dem ersten große Ähnlichkeit hatte. Solcher Betrachtungen sind viele angestellt worden, bis jemand kam, der sich mit soviel Eindringlichkeit darein vertiefte und soviel geniale Phantasie und Kühnheit hatte, um zu verstehen und auszusprechen, daß ein durchgehender periodischer Aufbau bestand — periodisch in der Wiederkehr der chemischen Eigenschaften nach einer bestimmten Anzahl von Plätzen in der nach Atomgewichten geordneten Tabelle — und daß grobe Abweichung nicht an dem Mangel an Periodizität, sondern an unserer unzulänglichen Kenntnis der natürlichen Elemente gelegen war.

Das Bekannte in ein neues Licht zu rücken, ist immer ein wissenschaftliches Verdienst. Aber eine neue Epoche fängt dort an, wo jemand aufsteht, der das Ungeahnte klar und richtig voraussagt. MENDELEJEFFS Theorie des periodischen Systems der Elemente bestand diese Probe. Drei neue Elemente, die sie 1869 voraussagte, wurden in den 70er und 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts gefunden. Damit stand das Problem auf einem neuen Boden. Die Elemente, deren Zahl damals 66 betrug und heute 92, stellten allerdings die Sorten der Materie dar, die chemisch nicht weiter zerlegbar und voneinander verschieden waren. Aber da ihre Eigenschaften mit steigendem Atomgewicht sich periodisch wiederholten, so durfte unser Unvermögen, sie weiter aufzulösen, nicht mehr als Grund gelten, sie als die letzten Bausteine der Materie anzusehen. Denn woher stammte die Periodizität der Eigenschaften, wenn die Atome der Elemente einheitlich waren und nichts miteinander gemein hatten? Hinter der Grenze unseres chemischen Könnens lag offenbar eine neue Welt mit versperrten Türen. Die Atome waren nicht die letzten Bausteine, sondern hatten ihrerseits Struktur. Aber unsere Hilfsmittel reichten nicht zum Eindringen in diese feinere Struktur. Das war der Stand am Ende des vorigen Jahrhunderts. Das neue Jahrhundert hat diese versperrte Tür aufgetan. Den Schlüssel lieferten die radioaktiven Entdeckungen und die elektrischen Erscheinungen im hohen Vakuum. Es zeigte sich, daß die Elemente mit den allerhöchsten Atomgewichten nicht stabil waren, sondern einem freiwilligen Zerfall unterlagen, der sie unter Aussendung elektrisch geladener Teilchen zu Elementen von niedrigerem Atomgewichte abbaute. Die ausgesandten geladenen Teilchen erhielten, soweit sie positiv geladen waren, die Bezeichnung α -Teilchen, während die negativen β -Teilchen genannt wurden, und entsprechend hießen die Strahlen dieser fliegenden Teilchen α - und β -Strahlen. Die β -Teilchen erwiesen sich identisch mit solchen, denen man beim Studium der Erscheinungen im hohen Vakuum begegnete. Sie

gingen im luftleeren Raume von glühenden Körpern aus, lösten sich bei gewöhnlicher Temperatur durch ultraviolett Licht von der Oberfläche der festen Stoffe ab und wurden in luftleeren Entladungsröhren als Projektile gradlinig von der negativen Elektrode in den Raum geschleudert. Sie waren unzweideutig ein gemeinsamer Baustein aller Stoffe und zwar ein besonders seltsamer Baustein, weil sie elektrische Ladungen darstellten, aber keine Masse im herkömmlichen Sinne des Wortes besaßen. Körper, die negative Ladung trugen, kannte man längst. Wenn man die Ladung entfernte, blieb das ungeladene Gebilde als eine Masse gewöhnlicher Art zurück. Aber wenn man von diesen sonderbaren negativen Korpuskeln, den Elektronen, die Ladung wegnimmt, bleibt nichts. Sie stellen die negative Ladung selbst dar. Sie sind nichts anderes als diskrete Mengen von Elektrizität und die Elektrizität besteht nur in Form dieser diskreten Mengen, die immer von derselben Größe und Art sind.

Die Atome der Elemente sind neutral, aber sie enthalten als gemeinsamen Baustein diskrete Elementarmengen der Elektrizität. Was aber ließ sich von dem positiven Rest aussagen, der im Atom diese negativen Ladungen neutralisierte?

Die meisten Fortschritte in der Naturwissenschaft kommen daher, daß ein glücklicher Beobachter mit einem neuen Hilfsmittel einen neuen Versuch macht. Aber die größten Fortschritte folgen aus jenen seltenen einfachen Gedanken, die hinterdrein jeder so naheliegend findet, daß er selber darauf hätte verfallen mögen. Aber er verfällt nicht darauf. Es gehört schon sehr viel Selbständigkeit, Urteilsschärfe und Mut dazu, die Fragestellungen zu wählen, die zu den großen einfachen Antworten führen. Selbständigkeit darum, weil der Bearbeiter seinen eigenen Weg gehen muß und sich nicht rechts und links an die Gedanken anlehnen kann, die andere Bearbeiter des gleichen Gebietes vorher ausgesprochen und geprüft haben. Urteilsschärfe darum, weil der Weg zur richtigen Lösung gemeinhin durch unbewußte Vorurteile verbaut ist, die jeder als Niederschlag seiner Lernjahre mit sich herumträgt, in denen ihm andere Grundanschauungen eingeprägt worden sind, und schließlich Mut darum, weil das Verwickelte dem Fachmann immer den Respekt des Laien sichert, während die erhabene Einfachheit den Urheber wie auf einer großen Schaubühne bloßstellt, wenn sie fehlgreift. Dann aber pflegt es noch ein besonderes Zeugnis dafür zu geben, daß der Weg zur richtigen Lösung nicht einfach zu finden war: in der Gestalt von Vorgängern, die die Selbständigkeit, die Urteilsschärfe und den Mut besessen hatten und bis dicht an die richtige Lösung herangekommen waren, ohne sie zu erreichen.

An diese Wahrheit wird sich jeder erinnert fühlen, der im letzten Vierteljahrhundert die Entwicklung der Gedanken über die Beschaffenheit des positiven Anteils der Atome erlebt hat.

Unsere heutige Vorstellung stammt von RUTHERFORD. Sie hat seit MENDELEJEFFS Leistung im Jahre 1869 den größten Fortschritt in der Lehre von den Elementen gebracht und eine überwältigende Fülle neuer Erkenntnis zur Folge gehabt.

RUTHERFORD studierte den Durchgang positiver α -Teilchen durch Atome und fand, wie es zehn Jahre früher schon LENARD für negative Strahlen dargetan hatte, daß sie im wesentlichen hindurchfliegen wie durch einen leeren Raum. Aber hier und da wurden sie scharf abgelenkt. Aus diesem Sachverhalte schloß er, daß alle positive Ladung in einem winzigen Kern des Atoms vereinigt sei, der 10 000- bis 100 000mal kleiner ist als das Atom selber. Die Ablenkung kommt zustande, wenn das positive α -Teilchen so nahe an dem gleichgeladenen Kern vorbeifährt, daß es von ihm eine kräftige elektrostatische Abstoßung erfährt.

Mit dieser Vorstellung war alle gewohnte Denkweise verlassen. Zu ungeheurer Dichte im winzigen Mittelpunkt des Atoms geballt, saß jetzt die positive Masse und nahm nicht mehr Raum ein als die Sonne in unserem Sonnensystem. Im leeren Atomraume kreiste darum der Schwarm der negativen Ladungen wie die Planeten um unsere Sonne. Ein Element aber besaß seinen charakteristischen Unterschied vom anderen vermöge der Ladung des Kerns und der Zahl der Elektronen, die darum kreisten. Im einfachsten Falle, bei dem niedersten Elemente, dem Wasserstoff, ist nur eine Ladung in der Mitte und nur ein kreisendes Elektron im Atomraum; beim nächsten, dem Helium, trägt der Kern eine doppelte positive Ladung und zwei Elektronen kreisen draußen; beim dritten, dem Lithium, sind drei positive Ladungen im Kern und drei Elektronen beschreiben Bahnen darum herum. So geht es fort, immer von Element zu Element um eine positive Kernladung wachsend und zugleich um ein Elektron im Elektronenschwarm, bis die Reihe beim Uran mit 92 Kernladungen und 92 umlaufenden Elektronen abbricht.

Die Kernladung wird zum ordnenden Prinzip bei den chemischen Elementen.

Dieses ordnende Prinzip bedeutet einen außerordentlichen Fortschritt gegenüber der älteren Theorie, die vom Atomgewicht ausging. Statt der unerklärlichen Unregelmäßigkeit im Massenzuwachs beim Fortschritt von einem Element zum nächsten besteht jetzt die vollständig regelmäßige Vermehrung der Kernladung um eine Einheit. Statt des undurchsichtigen und nicht immer eindeutigen Zusammenhanges von Atomgewicht und chemischen Eigenschaften zeigen sich Beziehungen zwischen der Anzahl der Elektronen im Schwarm und der Struktur dieses Schwarmes, die nicht nur die chemischen, sondern auch die elektrischen, die optischen und die magnetischen Eigenschaften der Elemente zu deuten erlauben. Der Reichtum und die Exaktheit der Aussagen, welche die Theorie ergibt, geht weit über alles frühere Maß.

Das Unbekannte und Rätselhafte aber, das früher in der großen Zahl der chemischen Ele-

mente gelegen war, die Unverständlichkeit, die früher darin bestanden hatte, daß sich am Weltbau Dutzende von Atomsorten beteiligten, von denen keine mit der anderen etwas gemein haben sollte, verschiebt sich zu dem Rätsel der 100 000mal kleineren positiven Atomkerne.

Aber man kann auch über diese Kerne einiges angeben.

Durch die radioaktiven Strahlen hat man nicht nur etwas über das ganze Atom, sondern gerade über den Atomkern erfahren. Denn sie stammen aus dem Atomkern. Das ergibt sich aus dem Vergleich der radioaktiven Erscheinungen mit den geläufigen Wirkungen von Röntgenstrahlen und von schnell bewegten positiven und negativen Ladungen. Alle drei dringen in das Atom und stören den Elektronenschwarm. Aber nach dem Abklingen der Störung ist das Atom unverändert, das Element nicht in ein anderes verwandelt. Bei der Aussendung der radioaktiven α - und β -Strahlen aber bleibt ein anderes Element zurück. Der Kern ist nicht mehr derselbe. Die abgeschleuderten Gebilde sind Kernanteile. Der Kern selber besteht also aus negativen und positiven Gebilden. Wenn wir das Atom aufgelöst haben in einen Elektronenschwarm mit einem winzigen Kern, so werden wir diesen winzigen Kern lernen müssen ein zweites Mal aufzulösen in eine Struktur von Elektronen und positiven Massen.

Was sind nun die positiven α -Teilchen? RUTHERFORD und SODDY haben sie schon vor mehr als zwei Jahrzehnten als positive Kerne von Heliumatomen erwiesen, die zu neutralen Heliumatomen werden, wenn sie die beiden Elektronen wieder einfangen, die im Heliumatom um den positiven Kern kreisen. Sie bilden einen Bestandteil der Kerne in den freiwillig zerfallenden Elementen. Sie bilden wahrscheinlich einen Bestandteil der Kerne aller Elemente vom Helium aufwärts. Aber sie können unmöglich den einzigen positiven Bestandteil der Kerne bilden. Denn ihre Masse, bezogen auf Wasserstoff = 1, beträgt 4 und die Atomgewichte müßten in Stufen von 4 zunehmen, wenn die Atomkerne, in denen ja die ganze Masse des Atoms enthalten ist, immer durch Zuwachs eines Heliumkernes sich auseinander aufbauten. Sie bauen sich aber oft in kleineren Stufen auf, und so muß es mindestens noch einen kleineren Baustein geben. Wir kennen aber nur eine kleinere positive Masse als den Heliumkern, und das ist der Kern des Wasserstoffatoms. So ergibt sich die Arbeitshypothese, daß die Kerne der Atome aus Elektronen, Wasserstoffkernen und Heliumkernen aufgebaut sind, und die alte alchemistische Fragestellung nimmt die Form an: Lassen sich diese Kerne in ihrer Zusammensetzung durch äußere Mittel willkürlich ändern? Alle gewöhnlichen chemischen Hilfsmittel sind dabei von Haus aus als hoffnungslos beiseite zu stellen. Sie vermögen nichts als außen am Elektronenschwarm anzugreifen und können niemals den Kern erfassen. Hoffnungen lassen sich in erster Linie an

die Gebilde knüpfen, die in den Elektronenschwarm hinein und durch ihn hindurch bis zum Kern dringen.

Was bei radioaktiver Umwandlung freiwillig aus Atomkernen nach außen tritt, verspricht am ehesten, von außen auf das Atom richtig zur Wirkung gebracht, Kerne zu verändern. So ist man zu der Vorstellung gekommen, daß man vielleicht mit α -Strahlen, mit β -Strahlen und mit jener besonders intensiven Sorte Röntgenstrahlen, die bei radioaktiven Umwandlungen auftritt und γ -Strahlung heißt, Atomverwandlungen willkürlich bewirken könnte. Die α -Strahlen aber schienen am meisten Aussicht zu bieten, weil sie am meisten Energie besitzen.

Von diesem Grundgedanken aus ist die Atomumwandlung versucht worden, zunächst von RAMSAY, mit den durchdringendsten α -Strahlen der radioaktiven Substanzen¹⁾. Die ließ er einstrahlen in wässrige Lösungen und fand dann chemisch kleine Mengen neu gebildeter Elemente, besonders Neon und Lithium. Aber die Nachprüfungen haben seinen Befund nicht bestätigt. Ihr Ergebnis war negativ, und es hat bis in die letzten Jahre gedauert, ehe RUTHERFORD und seine Schule zu einem positiven Ergebnis kamen, und zugleich klar wurde, warum das RAMSAYSche Ergebnis negativ war. Auch RUTHERFORD benutzte α -Strahlen. Aber er wandte zum Nachweis der Umwandlungsprodukte keine chemische Methode an, sondern benutzte ein physikalisches Hilfsmittel, das viele Male feiner war. Dies Hilfsmittel bestand im Nachweis und in der Zählung der Lichtblitze, die positive Teilchen auf einem Schirme hervorrufen, der mit Zinksulfidkryställchen besät ist. Ein einziges positives Teilchen gibt dabei einen sichtbaren Lichtblitz, während jeder chemische Nachweis billionenfach mehr Substanz fordert. Mit dieser Methode ergab sich ein positiver Erfolg. Es fand sich bei einer Anzahl leichter Elemente, bei Bor und Stickstoff, Fluor, Natrium, Aluminium und Phosphor, daß sie Bruchteile ihrer Atomkerne absplitterten, wenn sie von den α -Teilchen der radioaktiven Präparate getroffen wurden. Es gelang auch, aus der Ablenkung dieser Splitter mit magnetischen Hilfsmitteln ihre Natur als Wasserstoffkerne sicherzustellen, und es ließ sich zeigen, daß unter diesen Wasserstoffkernen eine erhebliche Zahl größere Geschwindigkeit und höheres Durchdringungsvermögen besaßen, als wenn sie aus Wasserstoff und Wasserstoffverbindungen durch die gleichen α -Strahlen herausgeschossen wurden. Dieser letzte Punkt ist von einem besonderen Interesse. Er zeigt sich namentlich bei Aluminium und Bor, wenn sie von α -Teilchen getroffen werden. Der zersplitternde Kern gibt den Wasserstoffsplittern eine Zusatzenergie aus seinem eigenen Energiebesitz mit auf den Weg. Diese Beobachtungen sind in

¹⁾ Die Literatur über Atomzertrümmerung findet sich in der Schrift von H. PETERSON und G. KIRSCH, Atomzertrümmerung. Verwandlung der Elemente durch Bestrahlung mit α -Teilchen. Leipzig 1926.

jüngster Zeit im RUTHERFORDSchen Laboratorium und im Wiener Radiuminstitut wetteifernd verfolgt worden. Die Zahl 6 der zertrümmerungsfähigen Elemente ist unter diesem Wetteifer allmählich auf 27 gestiegen, freilich nicht ohne erhebliche Meinungsverschiedenheit bei mehreren derselben über die Bündigkeit des Nachweises. Der Gegenstand ist in vollem Flusse und weder nach seinem experimentellen Inhalt noch nach der theoretischen Seite heute abschließend zu beurteilen.

Aber die Hauptsache ist, daß eine Art künstlich hervorgerufener Radioaktivität bei den leichten Elementen erwiesen ist, die freiwillig nichts der Art zeigen. Die schweren radioaktiven Stoffe schienen vorher als die letzten Überbleibsel einer früheren Welt, in der die Elemente sich umwandelten, und die leichten erschienen als zum Gleichgewicht gelangte Gebilde, die über die Umwandelbarkeit hinaus waren. Jetzt zeigt sich, daß sie die Verwandelbarkeit noch nicht eingeübt haben. Das alte alchimistische Problem ist in speziellen Fällen gelöst, aber die Lösung ist mit der Einschränkung behaftet, daß die erzeugten Mengen der Umwandlungsprodukte weit unter der Schwelle chemischer Nachweisbarkeit liegen. Als Baustein der Materie ist zugleich neben dem Heliumkern unzweideutig der Wasserstoffkern nachgewiesen.

Schließlich verstehen wir jetzt den Mißerfolg der RAMSAYSchen Versuche, die auf den chemischen Nachweis der Umwandlung gestellt waren. Der Kern muß getroffen werden, und der Kern ist so ungeheuer klein, verglichen mit dem Atom, daß er nur ungeheuer selten getroffen wird. Von einer Million α -Teilchen trifft nur eines einen Kern, obwohl jedes durch hunderttausend Atome hindurchfährt, ehe es seine Durchschlagskraft einbüßt.

Liegt nun dieser Sachverhalt in der Natur des Gegenstandes begründet? Ließe sich die Ausbeute nicht erhöhen? Die Zahl der α -Teilchen, die unsere radioaktiven Präparate aussenden, ist zu klein, um bei dieser geringen Treffwahrscheinlichkeit chemisch nachweisbare Mengen der neuen Elemente zu liefern. Ein Gramm Radium bedeutet für uns bereits eine gewaltige Menge radioaktiver Substanz, die äußerst selten an einer Stelle vereinigt zur Verfügung steht. Alle α -Teilchen aber, die von dieser gewaltigen Menge radioaktiver Substanz ausgeschleudert werden, bedeuten nur einen positiven Strom von $\frac{1}{25}$ Mikroampère und geben im ganzen Jahre, nachdem sie durch Einfangen ihrer Elektronen zu Heliumatomen geworden sind, nur 160 mm³ dieses Gases. Der Wasserstoff aber, den die wenigen Kerntreffer unter diesen Teilchen aus Stickstoff oder aus Aluminium durch Kernzertrümmerung hervorbringen, macht weniger als $\frac{1}{1000}$ mm³ aus.

Man bedürfte einer ausgiebigeren Quelle rasch bewegter positiver Teile, um chemisch nachweisbare Atomverwandlungen zu erreichen. Solche Quellen besitzen wir in den Kanalstrahlen und Anodenstrahlen. Es ist nicht schwierig, mit ihrer Hilfe viel größere Massen positiv geladener Teilchen

auf einen Treffpunkt zu werfen. Wenn wir statt mit den radioaktiven Präparaten mit technischen Stromquellen arbeiten könnten, so würden wir Aussicht haben, die Ausbeute an Umwandlungsprodukten um viele Zehnerpotenzen zu steigern und sie vielleicht in den Bereich des chemischen Nachweises hinaufzubringen. Aber diese technischen Stromquellen liefern nicht positive Teilchen von ausreichender Geschwindigkeit. Radioaktive α -Strahlen, deren Geschwindigkeit kleiner ist als 15 000 km/sec, haben sich außerstande gezeigt, die Atomzertrümmerung herbeizuführen. Um aber einem α -Teilchen diese untere Grenzgeschwindigkeit zu erteilen, muß es unter einer Spannung von mehr als 2 Millionen Volt ausgesandt werden, die wir technisch vorerst nicht beherrschen. Aber man ist immerhin von dieser Grenze nicht weit ab. Bis zu 1 Million Volt reichende Spannungen kommen im praktischen Gebrauche vor, und ihre Erhöhung auf die Beträge, mit deren Hilfe radioaktive Teilchengeschwindigkeiten erzielt werden, ist nicht unmöglich, ja vermutlich nur Frage einer kurzen Frist. Vorläufig jedoch reicht die Energie nicht aus, über die wir in den Laboratorien verfügen.

Indessen wird damit das Problem selber noch nicht notwendig unzugänglich für die Gegenwart. Ist es denn ausgemacht, daß nur die Gewalt zum Erfolge führt und nichts das Atom durchdringt, was nicht mit der äußersten, nur von den radioaktiven Partikeln erreichten Intensität gegen den Kern geschossen wird?

Es gibt ein sehr merkwürdiges Experiment auf diesem Felde, das RAMSAUER¹⁾ angestellt hat. Er hat gefunden, daß besonders langsame Elektronen durch die Atome von Edelgasen hindurchgehen, als ob sie sich durch den leeren Raum bewegten. Es ist sehr schwer, dieses RAMSAUERSCHE Experiment nach seiner Bedeutung zu verstehen. Aber wenn ein solches langsame Elektron, das durch ein Atom wie durch den leeren Raum hindurchgeht, gelegentlich in den Kern fallen sollte und dort steckenbliebe, was wäre die Folge? Jeder solche Kern würde in seiner positiven Ladung um eine Einheit abnehmen und zu dem Element mit der nächstniederen Kernladungszahl werden.

An diese Art der Umwandlung haben sicherlich viele gedacht, als vor zwei Jahren die Herren MIETHE und STAMMREICH mit der Angabe hervortraten, daß in Quecksilberlampen unter schwach erhöhtem Druck sich Quecksilber in chemisch nachweisbarer Menge in Gold verwandle. Es war eine sehr überraschende und unwahrscheinliche Beobachtung, aber es sprach ein unbestimmtes Gefühl zu ihren Gunsten. Warum brach, so hatte sich wohl jeder einmal gefragt, die Reihe der Elemente bei der Kernladung 92 ab? Warum waren die letzten Elemente in dieser Reihe radioaktiv? Was konnte der Grund sein, wenn nicht, daß die Stabilität mit zunehmender Kernladung sank, und was bedeutete dies anders, als daß bei den Elementen mit hoher Kernladung

einmal eine glückliche Beobachtung zu erhoffen war, die zeigte, daß man mit kleinem Zutun unsererseits die geringe natürliche Stabilität dieser Elemente stören und sie zum Zerfall bringen könne? Das Quecksilber war ein Element mit der hohen Kernladung 80. Es stand nur wenige Plätze von den radioaktiven letzten Elementen entfernt. Konnten die Herren MIETHE und STAMMREICH nicht das Glück gehabt haben, auf eine Form des Experimentes zu stoßen, bei der ein Elektron zum Kern kam und seine schwache Stabilität störte? Es war nicht sehr wahrscheinlich, aber es war möglich.

Das Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie ist seinerzeit von Herrn MIETHE für diese Versuche interessiert worden, weil wir mit der Analyse von Gold in sehr kleinen Mengen durch lange Beschäftigung mit den Edelmetallen im Meerwasser vertraut waren. Wir haben für ihn Proben untersucht, ohne ihre Herkunft zu kennen, und sind überrascht gewesen, das Gold, das wir teils in größerer, teils in geringerer Menge auffanden, von Silber begleitet zu sehen, dessen Masse im allgemeinen erheblich über die des Goldes hinausging. Gold und Quecksilber folgen einander nach der Kernladungszahl unmittelbar, und ein Quecksilberatom, das ein Elektron in seinen Kern einfinde und dafür eines aus seinem Elektronenschwarm verlore, wäre zu einem Goldatom geworden. Aber Quecksilber und Silber stehen weit getrennt. Denn Silber hat die Kernladungszahl 47 und Quecksilber 80. Die Entstehung von Silber aus Quecksilber würde eine Elementarumwandlung ganz neuer Art, ein Zerbrennen des Kernes in zwei Hälften bedeuten. War aber in den uns vorgelegten Proben das Silber eine zufällige Verunreinigung, so mußte seine Gegenwart das Mißtrauen wecken, daß auch das Gold auf unbeabsichtigte Weise und nicht durch Elementarumwandlung in das Versuchsmaterial gelangt war.

Ich habe damals eine Weltreise angetreten, in deren Verlauf ich nach Tokio gekommen bin, und der Zufall hat es gewollt, daß ich dort den Professor der Physik NAGAOKA mit Versuchen beschäftigt fand, die auf das gleiche Ziel der Umwandlung von Quecksilber in Gold gerichtet waren. Er hatte das ganze Problem ohne Kenntnis von den Arbeiten der Herren MIETHE und STAMMREICH aufgenommen und seine Versuchsanordnung war ganz anders. Er arbeitete nicht mit starken Strömen und vergleichsweise niederen Spannungen in einer Quecksilberlampe, sondern benutzte die kondensierten Funken, die ihm ein Induktor größter Form von $1\frac{1}{4}$ m Funkenschlagweite mit zugeschalteter Kapazität lieferte. Er ließ diese Funken im Innern eines dickwandigen Porzellangefäßes zwischen einer Eisen- oder Wolframspitze und einer Quecksilberfläche übergehen. Zwischen der Spitze und der Fläche war eine Paraffinschicht. Das Paraffin verkohlte und durchsetzte sich mit Quecksilbertröpfchen. Wenn er nach längerer Zeit den Versuch unterbrach, die ganze Masse von

¹⁾ C. RAMSAUER, Ann. d. Physik 64, 513. 1921; 66, 546. 1921. Jahrb. d. Radioakt. 19, 345. 1923.

Quecksilber und verkohltem Paraffin in ein Glasgefäß brachte, das Quecksilber durch Erhitzen verjagte und das verkohlte Paraffin mit Sauerstoff verbrannte, dann blieb eine Spur Gold zurück, die er auf sehr einfache Weise nachweisen konnte. Er erhitzte sie nämlich mit dem Glase und erhielt dadurch die charakteristische Gold-Rubinfärbung des Glases.

Der Versuch von MIETHE und STAMMREICH hatte nicht denselben physikalischen Sinn wie der Versuch von NAGAOKA. In der MIETHESCHEN Quecksilberbogenlampe wird durch den starken Strom eine ungeheure Zahl von Elektronen mit relativ kleiner Geschwindigkeit gegen Quecksilberatome geworfen. Die Geschwindigkeit der Elektronen ist so klein, daß nur die äußerste Zone des Elektronenschwarmes gestört wird, der die Kerne der Quecksilberatome umgibt. Dies folgt aus dem Spektrum der Quecksilberlampe. Bei NAGAOKA erreichen die Elektronen bei den intensiven Funkenentladungen Geschwindigkeiten, die ihren Geschwindigkeiten in Röntgenröhren ähnlich sind und ein Eindringen bis in die Tiefe des Elektronenschwarmes glaubhaft machen, wenn auch angesichts der Verwandlung von Paraffin und Quecksilber in ein kohliges Gemenge diese Anfangsbedingungen des Vorganges nicht sauber bestehen bleiben.

So unklar die Sache auch war, so gab doch die gemeinsame Behauptung zweier verschiedener Beobachter dem Gegenstand ein vermehrtes Gewicht, und es schien der Mühe wert, ihm Versuche zu widmen. Die Herren JAENICKE und MATTHIAS haben diese Versuche mit mir ausgeführt.

Inzwischen ist der Gegenstand von anderer Seite behandelt worden.

Die Herren RIESENFELD und HAASE haben im hiesigen physikalisch-chemischen Institut der Universität die Destillation edelmetallhaltigen Quecksilbers studiert und haben beobachtet, daß das Gold in kleinen Mengen mit flüchtig geht. Sie haben verstehen lassen, daß das MIETHESCHE Quecksilber durch Destillation nicht so gereinigt war, daß es nicht noch goldhaltig gewesen sein könnte. TIEDE, SCHLEEDE und GOLDSCHMIDT haben im 1. Chemischen Institut unserer Universität dasselbe festgestellt und sich durch besonders vorsichtige wiederholte Destillation reines Quecksilber beschafft. Mit diesem Quecksilber von ihnen ausgeführte Versuche nach MIETHE verliefen negativ. Sie ergaben kein Gold. Die Herren SHELDON, ESTEY und MAILY haben mit Mitteln der Zeitschrift *Scientific American* die MIETHESCHEN Versuche wiederholt und dabei ein Quecksilber benutzt, das aus einem sorgfältig ausgewählten goldfreien natürlichen Vorkommen stammte. Mit diesem Quecksilber waren ihre Ergebnisse ebenfalls negativ.

Aber die Herren MIETHE und STAMMREICH verharren auf ihren Angaben. Neue ziemlich mannigfache Versuchsanordnungen, die zum Teil dem NAGAOKASCHEN Verfahren näher liegen als

die ersten Lampenversuche, haben ihnen erneut positive Ergebnisse geliefert.

Die öffentliche Erörterung kommt sichtlich auf zwei Punkte hinaus, die immer stärker in den Vordergrund rücken.

Der eine Punkt ist die Herstellbarkeit größerer Mengen des „künstlichen“ Goldes. Man kann sich irren, wenn man eine Spur Gold, die man bei einem solchen Versuch antrifft, für künstlich erzeugt ansieht.

Es wird den Sachverhalt beleuchten, wenn ich das Beispiel eines jungen Mitarbeiters anführe, der gelegentlich bei anderen analytischen Aufgaben plötzlich Spuren Gold fand, die andere nicht finden konnten. Es zeigte sich dann, daß er die Gewohnheit hatte, seine goldene Brille abzunehmen, wenn er beobachtete, und daß er mit den Händen, die die goldenen Brillenbügel berührt hatten, ein Streifen reinsten Bleis anfaßte, um es in den Analysentiegel zu geben. Das genügte für einen Fehler der Goldbestimmung.

Es kam auch bei uns vor, daß jemand in unserem Laboratorium in dem einen Raum Gold oder Silber hoch erhitzte und daß dann, durch die Luft übertragen, im Nachbarraum Gold bei Analysen gefunden wurde, bei denen früher als goldfrei erkanntes Material untersucht wurde.

Aber man kann nicht irren, wenn die Quantitäten des gefundenen Goldes über ein gewisses Maß wachsen. Wenn man bei dem Versuch nur Materialien benutzt, die goldfrei sind oder doch äußerst goldarm, und bei geduldiger Versuchsführung allmählich das Goldausbringen *wachsen* sieht und zwar über die Menge hinaus, die aus den benutzten Utensilien stammen kann, dann erweckt das Ergebnis Vertrauen. Wenn man aber nur die kleinsten nachweisbaren Spuren erhält, die nicht wachsen wollen, dann erweckt der Befund Mißtrauen.

Der andere Punkt ist das Nachweisverfahren. Wenn der Zweifel besteht, ob Gold unter Umständen mit metallischem Quecksilber flüchtig geht, so muß man die Nachweisverfahren variieren und eine Methode, bei der diese Destillation metallischen Quecksilbers vermieden wird, zum Vergleich heranziehen.

Nach diesen chemischen Gesichtspunkten ist der Gegenstand in unserem Institut behandelt worden. Für die elektrischen Anordnungen aber haben wir geglaubt, uns eher an NAGAOKA als an MIETHE ursprüngliche Arbeitsform halten zu sollen, weil hier weniger Gegenzeugnisse vorlagen, und nur zum Schlusse haben wir die neueste Versuchsanordnung MIETHES mit einer Änderung untersucht, auf die ich zurückkomme.

Was die analytischen Verfahren anlangt, so ist zu erwägen, daß man in einer großen Menge Quecksilber wenig Gold finden und dazu das Quecksilber wegschaffen muß. Will man es nicht als Metall wegdestillieren, so ist das einfachste, es in Salpetersäure zu lösen, dann die ganze Masse im gleichen Gefäß einzudampfen und das Queck-

silber als Oxyd zu verflüchtigen. Hat man zuvor etwas Bleisalz zugefügt, so läßt sich nach der Verflüchtigung des Quecksilberoxydes das Bleioxyd reduzieren und das entstehende Blei mit dem Golde zu einem Regulus zusammenschmelzen, aus welchem die geringsten Goldmengen in gutbestimmbarer Form zu gewinnen sind. Herr JAENICKE und ich haben darüber im Vorjahre eine Mitteilung gemacht. Will man aber diese mühselige Entfernung des Quecksilbers vereinfachen, ohne zur Abdestillation größerer Mengen Quecksilbermetall zu schreiten, so treibt man die Lösung des Quecksilbers nicht bis zu Ende, sondern nimmt mit Salpetersäure nur soviel weg, daß eine kleine Quecksilberperle bleibt, die das Gold enthält, das vorher in der ganzen Quecksilbermasse verteilt war. Gibt man dann etwas Kadmiumblech hinzu so entsteht eine hantierliche metallische Masse aus Kadmium, Quecksilber und Gold, aus der der Rest des Quecksilbers mit der Wasserstofflampe verjagt, das Kadmium verschlackt und das Gold in Gestalt einer kleinen meßbaren Goldkugel gewonnen werden kann. Die ganze Operation läßt sich in mikrochemischer Art ausführen, indem man für den letzten Schritt eine Borsäureperle als Träger des Metalles benutzt. Nach beiden Methoden ist reines Quecksilber untersucht worden, dem auf 10 g $\frac{1}{10\,000}$ mg Gold zugefügt war und dieses $\frac{1}{10\,000}$ mg ist bis auf weniger als $\frac{1}{10}$ seiner Menge zurückgefunden worden.

Für unsere Versuche haben wir durch eine außerordentlich langsame wiederholte Destillation Quecksilber soweit gereinigt, daß es keine Spur Gold nach diesen Untersuchungsmethoden zeigte. Auch haben wir gelegentlich Quecksilber verwendet, das Herr TIEDE gereinigt hatte und das fast völlig goldfrei war.

Wir haben zunächst Versuche in der Art des Herrn NAGAOKA angestellt, wenn auch mit einer kleineren Energie, indem wir ein Induktorium von 80 cm Schlagweite und eine Kapazität von 5000 cm benutzten. Wir haben diese Versuche, um eine Art Ausgleich zu schaffen, wesentlich länger ausgedehnt, nämlich bis zu 50 Stunden, und in der Tat kleine Mengen Gold erhalten. Aber sie waren von der Größenordnung der Zehnmilliontel Gramme oder noch kleiner und ließen sich nicht höher hinaufbringen. Dann haben wir eine verwandte Arbeitsweise probiert, die Herr MIETHE angegeben hat, bei der man zwei Quecksilberanteile so mit Paraffin einschließt, daß sie durch eine dünne Paraffinwand getrennt sind, und durch einen starken kondensierten Funken die Wand durchschlägt. Bei diesem Verfahren, das wir eine Reihe von Malen durchgeführt haben, ist es uns niemals gelungen, Gold zu finden.

Dann sind wir zu physikalisch besser definierten Arbeitsweisen übergegangen. Wir haben einen Hochspannungstransformator, eine gekühlte Funkenstrecke, durch die ein heftiger Luftstrom blies, und eine Quecksilberlampe in einen Ent-

ladungskreis geschlossen und Kapazitäten verschiedener Größe parallel dazu geschaltet. Diese Anordnung, auf die uns Herr FRANCK in Göttingen aufmerksam gemacht hatte, liefert sehr viel schnellere Elektronen als die gewöhnlichen Quecksilberlampen, die sich in dem Spektrum durch intensive neue Linien zu erkennen geben. Jetzt erhielten wir wieder kleine Mengen Gold, aber sie waren nach 56 Stunden nicht größer als nach 4 Stunden und blieben immer unter einem Milliontel Gramm.

Weiter haben wir eine Art Röntgenröhre aus Glas gebaut mit einem glühenden Wolframdraht als Kathode und tief gekühltem Quecksilber als Gegenelektrode und diese Vorrichtung mit wachsenden Spannungen bis zu 30 000 Volt betrieben. Wieder ergaben sich sehr kleine Mengen Gold. Bei diesen Versuchen fand sich die größte Menge, die wir in irgendeinem Versuch erlangen konnten, nämlich 1,6 Milliontel Gramm. Diesem günstigen Versuch sind wir dann näher nachgegangen. Es war ein Versuch, bei dem im Entladungsgefäß und an den Zuführungen innerhalb des Vakuums ein Leuchten sich zeigte, das die Gegenwart von Quecksilberdampf und, physikalisch gesprochen, einen Ionenstrom verriet. Nach diesem Versuch wurde ein zweiter gemacht, bei dem der Druck tiefer war und reine Elektronenentladung stattfand. Es gab nur etwa den tausendsten Teil der Ausbeute des ersten. Dann wurde im gleichen Rohr der erste Versuch wiederholt, und diesmal war die Ausbeute noch kleiner als ein Tausendstel. Die Sache klärte sich auf, als die metallischen Stromzuführungen untersucht wurden, die in das Entladungsgefäß hineinführten. Sie waren aus Stahl mit kleinen Nickelansätzen an den Einschmelzstellen. Von Stahl wie von Nickel waren zuvor unbenutzte Probestücke untersucht und schwach goldhaltig gefunden worden. Die verwendete Menge beider Metalle im Entladungsgefäß enthielt im ganzen zwei Milliontel Gramm Gold. Jetzt nach den Versuchen ergab die Untersuchung der benutzten Stücke nur den 40. Teil. Der Unterschied vor und nach der Benutzung deckte sich sogar mit der Genauigkeit, die in solchen Fällen erwartet wird, mit dem im Quecksilber gefundenen Gold. Aber nicht diese Übereinstimmung, sondern das Ausbleiben der scheinbaren Quecksilberverwandlung bei goldfreien Elektroden ist die Hauptsache. Mit goldhaltigen Elektroden waren kleine Goldmengen im Quecksilber zu erhalten, mit goldfreien nicht. Wir haben dann elektrolytischen Kupferdraht, Nickeldraht, Stahlschrauben, fast kohlenstoffreies schwedisches Eisen auf Gold und Silber untersucht und immer mit positivem Ergebnis. Nur dünner Wolframdraht erwies sich als frei von Gold.

Wir haben schließlich noch Versuche gemacht, die sich besonders eng an die neueste Arbeitsweise anschließen, die Herr MIETHE angegeben hat. Er hat einen sog. Turbinenunterbrecher mit Quecksilber gefüllt und das Anwachsen des Gold-

gehalten beim Betrieb des Unterbrechers beobachtet. Die Arbeitsweise hat uns beunruhigt, weil dabei das Quecksilber mit der großen Metallmasse der Elektroden und mit dem emaillierten Metallgefäß des Turbinenunterbrechers in Berührung steht, während Abreißfunken spielen, und wir haben es deshalb vorgezogen, eine Quecksilberlampe mit reinem Quecksilber hinter den Turbinenunterbrecher zu schalten, so daß der zerhackte Gleichstrom des Unterbrechers die Lampe betrieb, die durch einen schwachen überlagerten kontinuierlichen Gleichstrom am Erlöschen verhindert wurde. Im Laufe des langgedehnten Versuches brannten die Stahlelektroden zweimal ab und mußten erneut werden. Der Goldgehalt im Quecksilber überschritt nach dem Versuche nur wenig den Wert von einem Zehnmilliontel Gramm, der aus dem Goldgehalt der dünnen Eisenlektroden oder durch zufällige Störung seine Erklärung fand und mehr als toomal kleiner war als von den Herren MIETHE und STAMMREICH angegeben.

Wie man sieht, ist es nicht gelungen, Gold aus Quecksilber in chemisch nachweisbaren Mengen zu machen. Die Goldmengen, die wir erhalten haben und die uns anfangs als Bestätigung der Angaben von MIETHE und NAGAOKA erschienen, haben sich im Laufe längerer Untersuchungen nicht vermehren lassen und sind als Verunreini-

gungen aufgeklärt worden, die aus den verwendeten Elektroden stammten. Nicht anders liegt es mit dem Silber, das wir auch in ähnlich geringen Mengen finden konnten. Es bleibt die entfernte Möglichkeit, mit Hilfe größerer Intensitäten im Sinne NAGAOKAS doch noch nachweisbare Mengen zu erhalten. Aber die Aussichten sind zu schlecht, um eine weitere Beschäftigung mit dem Gegenstande ohne neue gedankliche Grundlagen oder glaubhafte experimentelle Anhaltspunkte zu rechtfertigen.

Die Lösung des alchimistischen Problems bleibt vorderhand dort stehen, wohin sie RUTHERFORD geführt hat, nämlich bei Atomverwandlungen in den winzigen Mengen, die weit unter der Schwelle chemischer Nachweisbarkeit gelegen sind. Aber alle Ergebnisse auf diesem Gebiete sind Resultate der wenigen letzten Jahre und niemand wird wegen eines Fehlschlages auf die Hoffnung eines Erfolges verzichten wollen. Die Entwicklung unserer technischen Stromquellen zur Beherrschung hoher Spannungen und die fortschreitende Kunst mikrochemischen Nachweises kleinster Mengen arbeiten sich in die Hand, um den Boden für erfolgreichere Versuche vorzubereiten.

Ich danke zum Schluß meinen Mitarbeitern Dr. JAENICKE und Dr. MATTHIAS, ohne deren Hilfe die mühevollen und schwierigen Versuche nicht durchführbar gewesen wären.

Der gegenwärtige Stand der Zoologie und die Gründung zoologischer Stationen¹⁾.

VON ANTON DOHRN, Neapel.

I.

Als SCHLEIDEN seine erste Ausgabe der „Wissenschaftlichen Botanik“ schrieb, konnte er mit Recht sagen, daß die Zeit vorbei sei, in der man jemanden, der tausend Pflanzen zu benennen wußte, für einen Botaniker, den aber, welcher zehntausend Namen nannte, für einen großen Botaniker hielt. Pflanzenanatomie und -physiologie, Entwicklungsgeschichte und die so wichtigen Fragen über Entstehung und Natur der parasitischen Pflanzen, geographische und paläontologische Verbreitung der Pflanzen sind als Probleme erstanden und haben aus der scheinbar so einfachen Botanik ein überaus reiches anziehendes, wichtiges und zugleich sehr schwieriges Forschungsgebiet gemacht, auf dem eine Reihe von Forschern ersten Ranges, zumal in Deutschland ihre Lorbeeren pflücken.

Die Schwesterwissenschaft, die Zoologie, hat dasselbe Schicksal in vielleicht noch höherem Grade erlitten als die Botanik. Zum großen Teil war es ja auch notwendig, daß die Systematik lange Zeit überwog und so viel Ordnung innerhalb des zu behandelnden Stoffes schuf, als erforderlich war, um die eigentliche wissenschaftliche Tätigkeit, das Aufstellen und Lösen der Probleme, die Erkenntnis des Zusammenhangs und der Gesetzmäßigkeit der Erscheinungen anzubahnen. Auch

heißt es jetzt durchaus nicht: der Mohr hat seine Schuldigkeit getan, der Mohr kann gehen! Keineswegs, denn so hoch auch das Niveau der Zoologie als Wissenschaft gestiegen sein und noch ferner steigen mag — der Ordnung darf sie nimmer entraten, jener Ordnung, welche kraft-, raum- und zeitsparend ist und allein die Möglichkeit raschen, geistig gehobeneren Fortschreitens gewährt. Aber noch weniger darf die bisherige Systematik als der eigentliche wissenschaftliche Körper der Zoologie angesehen werden, für dessen Instandhaltung und Ausbreitung die Tätigkeit und Mittel der Einzelnen wie der Gesellschaften, vor allem der größten Gesellschaft, des Staates, mehr oder weniger ausschließlich aufgewandt werden dürfen! Die gründenden Taten LINNÉs und seiner Zeit sollen wahrlich nicht vergessen werden, aber wenn die Mitte des vorigen Jahrhunderts zwölf Auflagen von LINNÉs „*Systema naturae*“ brachte, so ist es an der Zeit, der gebildeten Jetztwelt ins Gedächtnis und zum Bewußtsein zu führen, daß sie auch CASPAR FRIEDRICH WOLFFS *Theoria generationis* und sein Werk über die Bildung des Darmkanals im bebrüteten Hühnchen erzeugte und damit die eigentliche Basis legte zu dem großen Umsturz, der gerade hundert Jahre später in DARWIN'S Buch vom Ursprung der Arten das Bewußtsein der ganzen gebildeten Welt in Erschütterung versetzen sollte. Und wenn CUVIERS Name auch bekannt genug geworden ist, so muß doch um so mehr CARL

¹⁾ Neudruck aus: Preußische Jahrbücher, Bd. 30 1872.

ERNST von BAERS überragende Bedeutung und die Großartigkeit seiner hohen und edlen Forscher-natur anerkannt werden, wenn von den Stützen unseres gegenwärtigen Wissens in der organischen Natur die Rede ist.

Durch die Taten dieser großen Männer ist es gekommen, daß aus der einfachen systematischen Zoologie eine Wissenschaft geworden ist, die in der Erforschung des Wesens, des Ursprungs und der Zielpunkte des Lebens so ungeheure Probleme vor sich sieht, daß ihr ohne Zweifel, je näher sie der Bearbeitung und der Lösung dieser Probleme tritt, ein um so bedeutenderer Einfluß auf die Gestaltung des menschlichen Denkens eingeräumt, ein um so größerer Anteil an der Erweiterung des Gesamtwissens und der daraus folgenden Gesamtentwicklung der Menschheit zugestanden werden muß. Wer hätte nicht schon oft gesehen, wie die menschliche Gesellschaft, dies eigentliche Objekt aller praktischen Philosophie, mit einem Organismus verglichen ward, der, aus unzählbaren einzelnen Individuen bestehend, doch wiederum nur ein Gesamtindividuum darstellt und als solches den großen Gesetzen alles organischen Werdens, Seins und Vergehens unterworfen ist? Und wenn sich nun immer mehr die Erkenntnis-Bahn bräche, daß dieser Vergleich nicht nur einen Vergleich, sondern die eigentliche richtige Betrachtung des Problems ausmacht, wenn von diesem Standpunkte aus neue und fruchtbare Gesichtspunkte für die Behandlung sozialer Probleme zu gewinnen wären, wenn solche Gesichtspunkte wenigstens einen unstreitig heuristischen Wert hätten? Träte nicht dann das Studium der Biologie noch in ganz anderer Weise in Beziehung zum praktischen Leben, als bloß durch die Verwendung anatomisch-physiologischer Erkenntnisse in der Medizin? Würden nicht gerade die scheinbar ganz außer allem Bezug zum menschlichen Leben stehenden Gebiete der Morphologie und Embryologie, würden nicht die abstrakteren Lehren der Physiologie einen ganz direkten Anwendungswert für die Kultur gewinnen, und würden nicht die in diesen Wissenschaften gemachten und fürder zu machenden großen Entdeckungen ebenso viele Schritte in der Entwicklung eines größeren und klareren Erfassens der menschlichen Bildung und Gesittung ausmachen?

Und wenn es wahr ist, daß unser größtes modernes Forschungsmittel die Anwendung des genetischen Prinzips geworden ist — wenn Geschichte, Sprachwissenschaft, Geologie, ja wenn sogar bereits die Astronomie „genetisch“ verfährt — müssen wir dann nicht gerade dahin uns wenden, wo dieser „genetische Gedanke“ geboren wurde, wo er zum ersten Male mit voller Kraft ganze und von großen Autoritäten getragene Lehrweisen zu Boden warf und auf ihren Trümmern Schritt für Schritt ein Gebäude nach dem anderen aufrichtete — müssen wir dann nicht unserem großen deutschen Landsmann CASPAR FRIEDRICH WOLFF auf seinen Wegen folgen und alle die großen Mittel und Wege modernen Forschens auf den Ausbau des Wissens-

gebietes hinüberleiten, welches von ihm geschaffen¹⁾ und gegründet wurde? Trägt doch auch gerade dieses Gebiet der Biologie den Namen der *Entwicklungsgeschichte* κατ' ἐξοχήν, zum Beweise, daß sie der Typus dieser neuen Forschungsweise ist oder wenigstens sein sollte.

Es ist wohl passend, daran zu erinnern, daß es deutsche Denker waren, welche den großen Gedanken der Entwicklung aufnahmen und in der so viel verschrienen Naturphilosophie, wenn auch oft verdunkelt und phantastisch aufgeputzt, in das allgemeine Denken einführten. War es doch GOETHE, der sein ganzes Leben diesem Gedanken widmete und noch dicht vor seinem Tode die französische Juli-Revolution für gleichgültig erklärte neben dem durch seine Teilnahme so berühmt gewordenen Streit zwischen CUVIER und GEOFFROY St. HILAIRE. Und auch in unsern Tagen ist es wiederum Deutschland, welches durch sein entschiedenes Eingreifen die große Sache der DARWINschen Theorie vor dem tollen Gebaren frommer und unfrommer Philister und hochmütiger Gelehrtenzöpfe sofort in Schutz genommen und durch sein ausschlaggebendes Gewicht in die unmittelbare rastlose Arbeit der Fachwissenschaften eingeführt hat.

Wenn also in der Tat der Zoologie in allen ihren Zweigen eine neue und große Bedeutung zukommt, so kann es nicht erstaunen, daß in zoologischen Kreisen plötzlich eine neue Teilnahme erwacht ist und jeder Zoolog mit doppelter Energie sich an seine Arbeit setzt. Wie nach einem großen Siege die Angehörigen der siegreichen Nation mit gehobenem Selbstgeföhle unter fremden Nationen auftreten und von diesen auch in der Tat — wenn auch oft widerwillig genug — höher geachtet werden, so erscheinen jetzt die Zoologen inmitten der andern Gelehrten mit dem Bewußtsein, daß ihre Wissenschaft es sei, welche einen der größten Gedanken der modernen Forschung entwickelt und gereift habe, daß sie diesen Gedanken auch fernerhin zu pflegen und auszubauen, und daß die übrigen Wissensgebiete ihn von ihr zu empfangen, mit ihm sich zu befruchten und zu reformieren haben. Töricht wäre es, wenn dieses Selbstbewußtsein in Hochmut, dieser berechnete Stolz in Eitelkeit ausartete, wenn der erste beste, weil er an dem mit den köstlichen Problemen beladenen, reich gedeckten Tische der Zoologie Platz genommen, einen Zipfel des Tischtuches gefaßt hat und mit Messer und Gabel klappert, sich nun auch einbildete, er habe unmittelbaren Anteil an der Mahlzeit. Aber mehr als töricht, nachteilig und schädlich würde es sein, wenn das erbessene Gelehrtentum älterer und reicherer Wissenschaften dem Andringen der neuen Schwester Widerstand leisten, ihr nicht bereitwillig über die schwierigen Zwischenstadien hinüberhelfen wollte, die zwischen ihren An-

¹⁾ Noch heut sind nicht einmal alle von CASPAR FRIEDRICH WOLFF hinterlassenen Manuskripte durch den Druck veröffentlicht worden. Würde die St. Petersburger Akademie der Wissenschaften nicht geneigt sein, die Herausgabe dieser Schriften vorzubereiten?

sprüchen und ihren Leistungen einstweilen mit Notwendigkeit noch mitten inne liegen. Jene bereits höher entwickelten Wissenschaften zogen begreiflicherweise auch höher veranlagte Geister an sich, sie gaben ihnen ein größeres und bedeutenderes Leistungsgebiet und empfingen in notwendiger Wechselwirkung auch von jenen neue und bedeutendere Gesichtspunkte. Mitunter verlor geradezu die Biologie solche hervorragende Kräfte, denen auf die Länge die verhältnismäßig geringere Tragweite ihrer Arbeit nicht genug tat. Jetzt aber wird sich dies mehr und mehr ausgleichen. Gerade der Charakter der Unfertigkeit, des großen Wollens und Strebens, der Reichtum an plötzlich lösbar gewordenen Problemen wird sicherlich in kurzer Zeit der Zoologie eine Reihe hervorragender Kräfte zu den jetzt schon vorhandenen hinzufügen, und das Gewicht dieser bedeutenden Persönlichkeiten an sich wird dann hoffentlich hinreichen, der von ihnen behandelten Wissenschaft den ihr gebührenden Rang in der Achtung und Teilnahme gebildeter Gesellschaft zu sichern.

Und dessen ist die Zoologie durchaus benötigt, wenn es ihr gelingen soll, die sehr ungünstigen äußeren Bedingungen ihrer Existenz zu verbessern und wohl gar in ihr Gegenteil zu verwandeln. Die Zoologie ist vor allen Dingen eine teure Wissenschaft, deren Studium große Mittel verlangt. Diese Mittel kann aber nur der Staat oder die private Tätigkeit größerer Kreise der Gesellschaft gewähren. Auf den Staat und die Gesellschaft in diesem Sinne zu wirken, ist aber der Zoologie nur möglich durch ihre Organe, die Zoologen, und was der einzelne Zoolog in dieser Richtung tun kann, wird wesentlich bedingt sein von dem Gewicht seiner Persönlichkeit.

So hängt also auch in dieser Beziehung das Schicksal der Zoologie von individuellen Verhältnissen ab und zeigt deutlich die noch bestehende große Unreife der Wissenschaft. Sie ist eben ohne Organisation, sie lebt von der Hand in den Mund, in einem Lande wird sie gründlich, in einem anderen gar nicht oder nur in krüppelhafter Weise angebaut, hier stehen ihr zufällig bedeutende Mittel zu Gebote, dort leidet sie Mangel am Allernotwendigsten, hier strebt sie in die kommenden Jahrhunderte hinein, dort steckt sie noch in mittelalterlichen Traditionen. Sie ist eben mit allen ihren bisherigen Resultaten nur ein Produkt individueller Initiative und günstiger Zufälle. Zur Astronomie, zur Mechanik und der Art ihrer wissenschaftlichen Organisation verhält sie sich ungefähr wie GARIBALDISCHE Freischaren zu einem preußischen Armeekorps. Sowenig man mit den ersteren große strategische Bewegungen ausführen kann, in denen der Individualität und dem Zufall wenig, dem geordneten und berechneten Zusammenwirken vieler aber alles überlassen bleibt, so wenig ist die Zoologie in ihrer gegenwärtigen Verfassung imstande, große Probleme Schritt für Schritt und nach vorüberlegtem Plane zu lösen. Dazu gebracht es ihr an der unentbehrlichen Organisation.

2.

Seit JOHANNES MÜLLER mit mehreren seiner Schüler Unteritalien und Sizilien aufsuchte, um sein Lieblingsstudium, die Morphologie und vergleichende Anatomie zu verfolgen, vergeht kein Jahr, in dem nicht einer oder der andere deutsche Zoolog nach Nizza, Neapel oder Messina geht, um dort zoologische Studien zu betreiben. Die namhaftesten skandinavischen und englischen, besonders aber schweizer und russische Zoologen haben diese Küsten aufgesucht, und überaus bedeutend sind die Resultate, die dort gefördert worden sind.

Aber noch um sehr viel bedeutender hätten sie sein können, stände nicht auch hier wieder der Mangel einer vernünftigen Organisation im Wege.

Wer viel gereist ist, wird wissen, daß gut, billig und erfolgreich Reisen eine Kunst ist, in der man nur durch Schaden klug wird, die man nur allmählich und durch viele Übung erlernt. Und doch gibt es für den Vergnügensreisenden eine Menge Leitfaden, Ratgeber, Cicerones, und wie all die Hilfsmittel heißen, die ihm in schwierigen Fällen aus der Not helfen. Der wissenschaftliche Reisende dagegen, vor allem der reisende Naturforscher ist darauf angewiesen, sich für seine Bedürfnisse auf eigene Hand Befriedigung zu schaffen, und das verursacht ihm natürlich großen Verlust an Kraft, Zeit und Geld. Und doch setzt sich aus diesen drei Elementen, wenn man die notwendige wissenschaftliche Vorbereitung als selbstverständlich voraussetzt, fast der ganze Erfolg einer wissenschaftlichen Reise zusammen. Selten gebietet ein Universitätsprofessor oder Dozent über mehr Zeit als etwa 3—6 Monate, oft nur über ebenso viele Wochen, die er den Universitätsferien entnimmt. Und steht ihm nicht ein anderweites Einkommen zu Gebote, so ist männiglich bekannt, daß sein Gehalt oder die mühsamen Ersparnisse von Jahren eben gerade ausreichen, ihn ohne Schulden wieder nach Hause reisen zu lassen, wo er dann von neuem Taler auf Taler zu legen beginnt, um nach jahrelangem Sammeln vielleicht noch ein zweites oder drittes Mal die Extravaganz einer transalpinischen Forschungsreise sich gestatten zu dürfen. Viele aber, und unter ihnen oft die Tüchtigsten, kommen niemals dazu, und all ihr Wissenskapital, das vielleicht in einem halbjährigen Aufenthalt an der Küste des Mittelmeeres seine höchsten Zinsen für die Wissenschaft getragen hätte, bleibt ungenutzt oder müht sich an heimischen, ungleich ungünstigeren Objekten ab, welche der Wissenschaft weniger nützen und der bearbeitenden Kraft größere Anstrengung zumuten als die ihr leider unzugänglichen Untersuchungsobjekte glücklicherer Länder.

Aber noch viel bedeutender als der Verlust an Geld und Zeit ist der Verlust an Kraft, den eine mangelnde Organisation den reisenden Zoologen verursacht. Sollen diese Reisen ihren vollen Erfolg haben, so ist vor allen Dingen nötig, daß sie schon von vornherein im Hinblick auf die Lösung eines bestimmten, wohlbegrenzten Problems angefangen

werden, und daß spezielle Vorbereitung, Fragestellung, das Zusammentragen und die Ausnutzung der das Problem angehenden Literatur vorangehen, ehe die Reise unternommen wird. Dann handelt es sich darum, auszukundschaften, wie und in welcher Weise das Arbeitsmaterial zu finden ist. Wer hätte nicht schon erfahren, welche Schwierigkeiten es bietet, in der eignen Heimat eine hinreichende Menge von gewissen Tieren — falls es sich um Anatomie — oder deren Eiern, falls es sich um Entwicklungsgeschichte handelt, zu erhalten, um daran eine längere Untersuchung ausführen zu können. Und doch kennt man die Lokalitäten, die Fauna und Flora ziemlich gut, man kennt die Menschen und weiß sich an die richtige Quelle zu wenden, und schließlich lebt man in seinen gewohnten Umgebungen, in denen man zur Not Ersatz für fehlgeschlagene Bemühungen findet, ja auch wohl Fachgenossen, die mit Rat und Tat zur Hand gehen. Das alles wird doppelt und dreifach schwierig, sobald man im fremden Lande weit, in dem alles anders, alles neu und fremdartig ist, in dem Natur und Menschen erst eine Akklimatisation und Umformung der Gewohnheiten fordern, ehe auch nur die alltägliche Arbeitskraft und Objektivität zu gewinnen ist, in dem besonders die eigentlichen Aufgaben des Reisenden nicht eher zu bewältigen sind, als bis Wochen vergangen sind, die ihn propädeutisch vorgebildet haben und nach vielem Suchen und Mähen endlich die gewünschte Gelegenheit bieten, seine Untersuchungen mit Erfolg aufzunehmen. Das Wohnungssuchen, die nötige Bedienung, Essen, Trinken und Schlafen vernünftig einzurichten, alles selbstverständliche Dinge zu Hause, werden im fremden Lande, vor allem in Städten wie Neapel und Messina, wichtige und schwierige Angelegenheiten, die oft zur Unbehaglichkeit, nicht selten zur wesentlichen Beeinträchtigung der gehofften Arbeitsergebnisse führen. Und wer nun nicht das Glück hat, sofort das gewünschte Arbeitsobjekt zu erhalten, wer vielleicht versäumt hat, sich bei Zeiten über sein Vorkommen und die Art, seiner habhaft zu werden, zu unterrichten, der wird fühlen, wie übel es ist, im fremden Lande auf sich selbst angewiesen, mit Unmut und Widerwärtigkeiten zu kämpfen zu haben.

Das ist eine Quelle des Kraftverlustes. Eine zweite, nicht minder wirksame, ist sehr entgegengesetzter Natur. Der nordische, vorzüglich der binnenländische Zoolog wird bei seiner Ankunft am Gestade der Bai von Neapel, der Straße von Messina, des Golfes von Villafranca plötzlich von einer so außerordentlichen Masse neuer, ihm lebend vorher nie vorgekommener tierischer Formen — man kann fast sagen: überfallen, daß er sich anfänglich gar nicht dagegen zu behaupten weiß. Er hält das aber noch dazu für einen außerordentlichen Vorteil. Was für Schätze kannst du sammeln und mit nach Hause führen! denkt er — und der Sammeltrieb bemächtigt sich seiner und zehrt an den Kräften, die der Lösung spezieller Probleme

vorbehalten waren. Oder er ist entzückt über die unaufhörliche Gelegenheit, durch Selbstuntersuchung alte, verblichene Kenntnisse in allen Teilen der Zoologie aufzufrischen, er anatomiert, determiniert und embryologisiert frisch drauf los an allem, was ihm nur in die Hände kommt und die Fischer für scheinbar geringes Geld ihm zutragen. Hier regt ihn die merkwürdige Natur des Endostyls der Salpen, dort die Frage nach dem Hermaphroditismus der Terebratulen an, ein paar Tage der Untersuchung dieser Verhältnisse zu weihen — aber ein paar Tage sind gar zu wenig, und die Fragen sehr schwer! Dazwischen kommen plötzlich ein halbes Dutzend *Alciop*e, die schönen pelagischen, völlig durchsichtigen Anneliden! Die Struktur der Augen zieht seine Aufmerksamkeit an: ja wer daran einige Wochen studieren könnte! Aber heut und morgen halten sie sich lebendig — übermorgen sind sie tot — und in Monaten sieht er sie nicht wieder. Er will doch nur ausschließlich die Embryologie der Medusen studieren, und alle Fischer erhalten Auftrag, Material zu schaffen. Aber in dem Wasser, welches die Eier enthält, schwimmen sonderbare kleine Dinge herum, die das Mikroskop erkennen lassen wird: wahrhaftig es sind ganz junge Appendikularien, in denen noch der Nervenstrang durch den ganzen Schwanz zu erkennen ist. Das ist gerade die modernste aller Fragen — also rasch an die Arbeit —, und die Meduseneier werden wieder verlassen.

Und so geht es tage- und wochenlang, und wenn auch gewiß so mancherlei Gutes und Tüchtiges zustande kommt, so ist es doch lange nicht das, was beabsichtigt, was erwartet war, sondern neben einer vielleicht halbvollendeten größeren Arbeit eine Reihe kleiner Notizen und Mitteilungen, die größtenteils unfertig blieben, oft nicht einmal zur Veröffentlichung kommen, keinenfalls aber einen wissenschaftlichen Fortschritt ausmachen, wie ihn etwa eine konsequent durchgeführte Untersuchung eines oder zweier bestimmter Objekte, die Lösung eines vorher festgestellten Problems geboten haben würde.

Welche Hemmnisse dann ferner auch den best vorbereiteten und mit energischer Einseitigkeit arbeitenden Forschern bereitet werden durch den Mangel einer Bibliothek, durch die Ungunst der Arbeitsräume, durch die primitive Ursprünglichkeit aller der hastig konstruierten Hilfsapparate und durch eine Menge zufälliger Umstände und Ereignisse, das weiß nur der wahrhaft zu sagen, der oft am Meere gearbeitet hat und trotz aller und ausgedehntester Erfahrungen doch jedesmal von neuem auf neue Hindernisse stößt, die ihn aufhalten und beengen, und die ihn, den Erfahrungen, nur um so lauter die Klage aussprechen lassen: Warum gibt es denn keine einzige Anstalt an der Küste des Mittelmeeres, in der die Hilfsmittel vorbereitet, in der Laboratorien und Bibliothek zu aller Gebrauche offen ständen, in welcher die so kostbare Arbeitskraft des Gelehrten vor Zersplitterung und nutzloser Verschwendung

gewahrt und auch dem Unbemittelten die Möglichkeit eröffnet würde, seine Arbeit der Bewältigung von Problemen zu weihen, die doch einmal gelöst werden müssen, soll unsere Wissenschaft nicht immer und immer wieder daran erinnert werden, daß sie noch ein Stiefkind ist, der man die von ihren bevorzugteren Geschwistern übriggelassenen Brocken zuwirft und noch obendrein einen untertänigsten Dank dafür von ihr erwartet?!

3.

Im Oktober des Jahres 1868 betrat ich zum ersten Male die Küste Siziliens. Wie ein fahrender Ritter war ich im August aus meiner binnenländischen Existenz in Jena ausgebrochen und zuerst über die Nordsee nach Schottland auf zoologische Abenteuer ausgezogen. Wenn jeder Faust seinen Mephisto im Leibe hat, so geht ebenso sicher kein Don Quijote ohne seinen Sancho Pansa in die Welt, und der zoologische irrende Ritter hat keine Vorrechte vor dem *famoso hidalgo de la Mancha*. Schlechtes Wetter, üble Laune und manche andere Umstände brachten die Hoffnung auf Entdeckungen und rasch gelöste Aufgaben sehr bald zu niedrigem Stande, und ich war zufrieden, als ich in Schottland sowie nachher in Plymouth je eine mir gestellte kleine Aufgabe mit Hilfe erfahrener und unterrichteter Freunde zu lösen imstande war. Der Oktober, wie gesagt, fand mich in Messina.

Sancho Pansa behielt im allgemeinen auch hier Recht. Trotz ziemlich reicher Ausstattung mit Instrumenten und Büchern muß ich doch, will ich der Wahrheit die Ehre geben, bekennen, daß meine Leistungen weit hinter meinen Erwartungen zurückblieben. Nicht viel besser ging es meinem russischen Gefährten, MICLUCHO-MACLAY. Wir waren leibhafte Beispiele für jene beiden oben erörterten Fälle der nutzlos verschwendeten Arbeitskraft, und wir beide wurden spontan dazu gebracht, über die großen Vorteile nachzudenken, die wir von einem wohleingerichteten Laboratorium hätten haben können.

Eine österreichische Eskader warf im November im Hafen von Messina Anker. Es waren zwei zur Weltumsegelung bestimmte Fregatten, an deren Bord eine Anzahl Naturforscher und Herr v. SCHERZER sich befanden¹⁾. Mit Kanonendonner waren

sie eingefahren, mit Kanonendonner sagten sie uns nach zweitägigem Aufenthalt wieder Lebewohl. Wie sie so geräuschlos dahinglitten, die großen Segel sanft geschwellt von frischem Südwind, stundenlang noch sichtbar in der Meerenge von Messina, da zog unsere Phantasie mit ihnen über das Meer an all die fernen Küsten und Inseln, und träumerisch nahmen wir Besitz von dem Merkwürdigen und Wissenswerten, was für die kommenden Jahrhunderte der Forschung dort aufbewahrt ist.

Ein träumender Naturforscher im neunzehnten Jahrhundert verfällt zwar nicht darauf, Drachen und Lindwürmer zu töten und sein Leben für das Lächeln einer Dulcinea gegen Räuber und Spitzbuben auf das Spiel zu setzen, aber Inseln zu erobern, sei es auch nur zur Ausnutzung ihrer zoologischen Vorteile, und Königreiche zu gründen, wenn auch nur von Wissenschafts Gnaden, das sind Don Quijoterien, die sich heut noch so gut zutragen wie jene ideologischen Raufereien im Mittelalter. Denn in der Tat! Die Träumereien, zu denen die weit am Horizonte verschwindenden Fregatten uns aufgefordert hatten, sie sind nicht wieder geschwunden: mein Freund MICLUCHO-MACLAY hat im Herbst des Jahres 1870 Europa an Bord einer russischen Korvette verlassen und hat sich die Erforschung Neu-Guineas als Reiseziel gesetzt. Sein letzter Brief aus Valdivia traf mich vor Jahresfrist, und seitdem habe ich nichts wieder von ihm gehört¹⁾. Und ich bin seit zwei Jahren damit beschäftigt, in Neapel eine große Zoologische Station zu gründen, als ersten und hoffentlich ermutigenden Anfang zur Herstellung eines Netzes Zoologischer Stationen über die ganze Erde.

Wie aber Organismen nicht durch *Generatio aequivoca* hervorgebracht werden, so lassen sich auch Organisationen nicht ohne weiteres in voller Reife ins Leben rufen. Es bedurfte also auch die Gründung einer Zoologischen Station einer auf-

viel beachtete Reisewerk über die Ergebnisse der 1857–1859 unternommenen 1. Österreichischen Weltumsegelungsexpedition auf der Fregatte „Novara“ verfaßt hatte. SCHERZER war unter dem Einfluß MORITZ WAGNERS zu Forschungsreisen begeistert worden. Er trat 1872 in den österreichischen Konsulardienst über, war zuerst Generalkonsul in Smyrna, dann in London, Leipzig, schließlich in Genua, und starb 1903 im Ruhestand in Görz.]
R. D.

¹⁾ [Es handelte sich um die Schraubenfregatte „Donau“ und die Schraubenkorvette „Erzherzog Friedrich“, die unter dem Kommando des Kontréadmirals Frh. v. PETZ und unter der wissenschaftlichen Leitung Dr. KARL VON SCHERZERS über Gibraltar eine Reise zur Erforschung der Handels- und Verkehrsverhältnisse in Indien, China, Siam und Japan unternahmen, von wo sie 1871 zurückkehrten. Mit dem zoologischen Sammeln war speziell Herr J. XANTUS vom Budapester Nationalmuseum beauftragt. Den offiziellen Reisebericht, der voller auch heute noch interessanter Angaben über Bienenzucht, Seidenraupenzucht, Fischerei usw. ist, veröffentlichte 1873 Dr. v. SCHERZER, der bereits das

¹⁾ Vor kurzem ist ein Brief an Dr. PETERMANN in Gotha gelangt, der schon von Neu-Guinea aus datiert war. [NIKOLAUS VON MICLUCHO-MACLAY ist von seiner Reise in den Stillen Ozean und einem mehrjährigen, zur Ordnung seiner Sammlungen verwendeten Aufenthalt in Sydney 1886 nach St. Petersburg zurückgekehrt und dort am 16. April 1888, erst 42jährig, gestorben, vor Fertigstellung seines Reisewerkes. Er war 1866 mit HAECKEL, GREEF und FOL auf Madeira und den Kanarischen Inseln gewesen und hatte u. a. die von HAECKEL beschriebene Besteigung des Pik von Teneriffa mitgemacht. Zoologisch hat er u. a. über marine Spongien gearbeitet und in den Druckschriften der Russischen Akademie publiziert. R. D.]

einanderfolgenden Reihe von Entwicklungsstufen. Mein erster Schritt zu diesem Ziele geschah in Messina selbst. Ich stellte alle von mir während des Winters 1868/69 benutzten Apparate, Aquarien, Netze, Taue, Glasgefäße, Chemikalien usw. usw. zusammen, gab sie dem mir befreundeten schwedischen Konsul in Verwahrung, der mir einen kleinen Raum seines Magazines in zuvorkommender Weise zu Gebot stellte, und fügte ein Buch hinzu, welches in verschiedenen Rubriken Nachrichten über allerhand lokale Zustände Messinas gab, die später eintreffenden Zoologen hätten nützlich werden können. Nach meiner Rückkehr begann ich in Deutschland Geld zu sammeln, in der Hoffnung, mittelst einer Summe von 1000—2000 Talern später in Messina ein kleines Haus bauen und darin Aquarien und Arbeitstische aufstellen zu können. Nach einem erneuten Besuche im Hamburger und Berliner Aquarium verband sich dieser Plan mit dem Gedanken, durch Hinzufügung eines kleinen Aquariums für das größere Publikum in Messina eine Einnahmequelle zur Instandhaltung des Laboratoriums und zur Besoldung eines Fischers zu gewinnen. Von da aber bis zu dem Entwurf, in Neapel ein großes Aquarium zu bauen, durch dessen Einkünfte ein ebenso großes Laboratorium erhalten werden könnte, war nunmehr nur noch ein Schritt, und diesen Schritt machte ich im Januar 1870, als ich nachdenkend in der Ecke eines Postwagens saß, der mich von der Eisenbahnstation Apolda nach Jena führte.

Ich besprach den Plan mit zwei Freunden¹⁾, die ihn für verwirklichungsfähig hielten, und begann sofort, mich mit Neapel in Beziehung zu setzen, um zuerst festzustellen, ob es eine den mannigfaltigen Ansprüchen genügende Lokalität gäbe, die mir auch für meine doch immerhin nur beschränkten Privatmittel zugänglich wäre. Im März ging ich selbst nach Süden, um persönlich an Ort und Stelle Ermittlungen anzustellen und nach einer längeren Periode von Entwerfen und Verwerfen verschiedener Projekte gelang es mir endlich, dem Maire von Neapel — damals Graf CAPITELLI — einen Kontraktentwurf vorzulegen, dessen wesentliche Bedingungen ich hier folgen lasse:

1. Die Stadt Neapel gibt ein Territorium von 7000 Quadratfuß unentgeltlich an Dr. DOHRN. Dasselbe befindet sich innerhalb der Villa Reale.
2. Dr. DOHRN errichtet auf seine Kosten das Gebäude der Zoologischen Station innerhalb Jahresfrist nach Unterzeichnung des Kontraktes.
3. Das Eigentumsrecht dieses Institutes bleibt Dr. DOHRN während seines Lebens. Nach seinem Tode geht es an die Stadt Neapel über.
4. Sollte Dr. DOHRN früh sterben, so bleibt das

¹⁾ [Der eine davon war ERNST ABBE, mit dem mein Vater seit der gemeinsamen Jenenser Zeit in enger Freundschaft bis zu ABBES Tode verbunden blieb. Der andere dürfte NIKOLAUS KLEINENBERG gewesen sein, der meinem Vater von Jena nach Neapel folgte und in den ersten Jahren sein Assistent und Mitarbeiter war. R. D.]

Eigentumsrecht, 30 Jahre lang vom Tage der Kontraktunterzeichnung an gerechnet, seinen Erben.

5. Zur Erbschaft werden nur zugelassen eine deutsche Universität oder die Universität Neapel.

Eine Reihe von anderen Bedingungen bestimmte Einzelheiten, deren Mitteilung kein weiteres Interesse für größere Kreise hat.

Nach vollen zweijährigen, vom deutsch-französischen Kriege unterbrochenen Verhandlungen und nach Überwindung beträchtlicher Schwierigkeiten gelang es mir, diesen Kontrakt im Juni des Jahres 1872 mit dem Baron NOLLI, gegenwärtigen Maire von Napoli, zu unterschreiben und so den Grund zu legen zu dem von der Wissenschaft lange begehrten, aber an widrigen Umständen immer wieder gescheiterten Versuch, der Zoologie ähnliche Vorteile zu sichern, wie sie seit vielen Jahren der Astrologie und der Meteorologie zu Gebote stehen und die hohe Vollendung der einen sowie das rasche Wachstum der anderen Wissenschaft gewiß am vornehmlichsten befördert haben.

Wie aber nun die Zoologische Station einzurichten sei, um als ein neues und förderndes Organ der Wissenschaft zu dienen und ihr Gebiet zu erweitern, das muß sich aus richtigem Verständnis des gegenwärtigen Standes der Zoologie und ihrer in der nächsten Zukunft bevorstehenden weiteren Entwicklung allenfalls übersehen lassen.

4.

Zwei Gedanken sind es hauptsächlich, in denen das Programm des nächsten Jahrhunderts zoologischer Forschung ausgesprochen zu sein scheint. Eines ist: der Kampf um das Dasein und die daraus hervorgehende natürliche Züchtung; das andere: die Rekapitulation der Stammesentwicklung durch die Entwicklungsgeschichte der Individuen. Beide Gedanken gehören der DARWINschen Theorie an.

Durch die Theorie der natürlichen Züchtung wird ein Gebiet der zoologischen Forschung wiederum belebt, welches im vorigen und im Anfang dieses Jahrhunderts verhältnismäßig viel besser und gründlicher studiert wurde als in den letzten fünfzig Jahren.

Es ist ja ohne Zweifel wahr, daß bei dem vielfachen Anwachsen der Museen und Sammlungen vor allem die Systematik ausgebaut werden mußte, sollte so viel Ordnung und Übereinstimmung in diesen Museen herrschen, daß eine Verständigung der Zoologen untereinander möglich wurde. Ebenso ist es unbedenklich wahr, daß zu einer vernünftigen Systematik auch das genaue Eingehen auf den inneren Bau der Tiere gehörte, daß somit auch die Anatomie einen hervorragenden Platz in der Tätigkeit der Zoologen beanspruchen mußte, — nichtsdestoweniger bleibt es aber doch ein Mangel, der gegenwärtig sehr fühlbar ist, daß wir von der Lebensweise der meisten Tiere, die wir nach äußerem und innerem Körperbau heut auswendig kennen, doch herzlich wenig zu berichten haben. Wir bleiben staunend, ja ungläubig davor stehen,

wenn uns die wunderbaren Erzählungen HUBERS über das Leben der Ameisen mitgeteilt werden, — wir zweifeln die Angaben nicht zünftiger Beobachter an, die uns dies oder jenes Faktum aus den Gewohnheiten der Bienen berichten, weil, ja weil diese Beobachter weder das Skalpell führen, noch auch die Tausend Gattungen und Familien kennen, die in unseren Katalogen zu finden sind, und weil uns nur der als Zoolog erscheint, der dies beides betreibt. Wenn es aber geschehen konnte, daß der Generationswechsel zuerst von einem Dichter, die Parthenogenesis von einem Pfarrer entdeckt wurde, so ist es wohl nicht übereilt, wenn man der zünftigen Zoologie in dieser Richtung eine Mangelhaftigkeit vorwirft, die sie abzulegen suchen muß.

Die natürliche Züchtung ist das Resultat des Kampfes um das Dasein, dem alle Geschöpfe unterworfen sind. Gilt es also, dies Resultat festzustellen und sein Zustandekommen zu ergründen, so müssen die Faktoren untersucht werden, aus denen dasselbe hervorgeht. Diese Faktoren aber sind nur durch das Studium der Lebensgewohnheiten der Tiere aufzufinden; darum also gewinnen genaue Feststellungen über Aufenthaltsort, Futter, Lebensdauer, Begattung und Trächtigkeitsdauer, über das Verhältnis der Mutter zu den Eiern und Jungen, kurz alles, was die isolierte Existenz eines Tieres angeht, überaus großen wissenschaftlichen Wert. Noch bedeutender aber werden die Ermittlungen über das Zusammenleben der Tiere sein, denn in diesem Zusammenleben handelt es sich dauernd um Krieg und Frieden, um Auffressen oder Aufgefressenwerden, und der gesamte Bau, alle Kräfte und Fähigkeiten, die ein Tier besitzt, werden aufgeboten, um in diesem buchstäblichen Kampf um das Dasein zu überwinden oder aber dem stärkeren Gegner zu entfliehen.

Wie schwierig derartige Feststellungen sind, das wird wiederum niemand verkennen, der nur je versucht hat, ein einziges Tier in seiner Lebensweise zu beobachten. Da handelt es sich um genaue Feststellung der Beschaffenheit des Mediums, in dem das Tier lebt, um die Luft, ihre Dichtigkeit, Temperatur, Feuchtigkeit usw., um die Erdarten, deren geologische und mineralische Beschaffenheit, den Feuchtigkeitsgrad, die Einflüsse der Vegetation usw., bei Tieren, die im Wasser leben, um die chemische Beschaffenheit desselben, den Salzgehalt des Meerwassers, die Strömungen und ihre Temperaturunterschiede — kurz und gut um die Feststellung eines endlosen Details gleich wichtiger und komplizierter Bedingungen. Da handelt es sich ferner um Ermittlung numerischer Verhältnisse, um den Grad der Mitbewerbung bei Angehörigen derselben Art, um Durchschnitts- und Minimalsumme, da wird es weiterhin zur Aufgabe, festzustellen — wo möglich experimentell —, welchen Grad von Veränderungen dieser oder jener Lebensbedingungen Individuen der gleichen Art noch aushalten können, ohne zugrunde zu gehen, welche Veränderungen ihre Struktur evtl. dadurch erleidet, daß sie auf die

Dauer und Generationen hindurch solchen veränderten Lebensbedingungen ausgesetzt werden. Das sind völlig neue, fast gänzlich unangebaute Gebiete, deren Betreten aber notwendig geworden durch die Theorie der natürlichen Züchtung, durch den großen Entwurf der DARWINSchen Lehre.

Handelt es sich nun um Auffindung von intellektuellen Kräften, welche diese neuen Aufgaben zu bewältigen haben, so wird jeder zuerst an die Universitäten denken. Aber diese sind heut völlig in Anspruch genommen von den Leistungen auf dem anderen Felde der Zoologie, das wir schon erwähnt und noch näher zu besprechen haben werden. Systematik, Anatomie und Embryologie, also die eigentlichen morphologischen Fragen beschäftigen fast ausschließlich Professoren und Dozenten, und wäre nicht C. TH. V. SIEBOLD in München, der die Zeugungsverhältnisse der Insekten, LEUCKART in Leipzig, der die Parasitenkunde, und MÖBIUS in Kiel, welcher die Lebensverhältnisse mariner Tiere studierte, so bliebe jenes ausgedehnte Gebiet, auf dem so viele Fragen von grundlegender Bedeutung zu lösen sind, fast völlig ohne akademische Vertretung¹⁾ in Deutschland. In anderen Ländern steht es nicht viel besser — hin und wieder erscheinen wohl einige Mitteilungen besonders über die Lebensweise nützlicher oder schädlicher Tiere — aber im rechten Zusammenhange und im Hinblick auf größere Probleme und Ideen wird fast nirgends gearbeitet.

Der Mangel der Vertretung eines so wichtigen Zweiges der Zoologie auf den Universitäten hat leider auch die bedauernswerte Folge, daß in den Kreisen nichtakademischer Forscher und Laien das Interesse dafür stark abnimmt. War es doch früher sehr allgemein, daß Pfarrer und Schullehrer auf dem Lande in ihren Mußestunden sich mit derlei Studien befaßten, und mannigfaltig sind die Früchte gewesen, welche von dorthier der Wissenschaft gekommen sind. Die Ruhe und Isolation, welche auf dem Lande herrscht, begünstigten überaus solche Tätigkeit, und unter der Führung akademischer Vorgänger — häufig auch ohne dieselbe — ward emsig und dankenswert gearbeitet. Auch das hat leider sehr abgenommen — teils aus Gründen veränderter politischer Verhältnisse, welche auf die Geistesart der jetzigen Generation von Landpfarrern und Schullehrern stark gewirkt haben, teils aber auch ohne Zweifel wegen der Vernachlässigung dieser Studien von seiten der akademischen Kräfte, infolgedessen die weniger genau orientierten Laien ohne bestimmte Aufgaben und Richtungslinien geblieben sind.

Diesem Mangel wäre nun in erster Linie durch Vermehrung der akademischen Kräfte abzuhelpen.

¹⁾ Den obengenannten Forschern hat sich kürzlich Prof. WEISMANN in Freiburg zugesellt. Seine letzte Schrift „Über den Einfluß der Isolierung auf die Artbildung“ enthält sehr wertvolle Erörterungen; die Zoologie muß mit Freuden auf diesen Versuch blicken, ihr Begriffsgebiet kritisch und schöpferisch zugleich zu erweitern.

Es scheint zwar leicht, zu raten, die Universitätsprofessoren sollten vielseitiger sein, nicht nur Systematiker, Anatomen oder Embryologen, sondern auch Biologen werden; aber wer nur einigermaßen in der Zoologie Bescheid weiß, wird begreifen, daß solch guter Rat eben ein guter Rat ist. Die Arbeitslast, die ein durchgebildeter Morpholog heute auf seinen Schultern liegen hat, ist viel, viel zu bedeutend, als daß da noch im geringsten Platz wäre für ein neues Gebiet von der Größe und Unbebautheit des hier Besprochenen. Ist es doch gar nicht in Abrede zu stellen, daß schon in den bisherigen Gebieten eine Arbeitsteilung hat Platz greifen müssen, welche aus dem einen Professor einen Systematiker, aus dem anderen einen Anatomen und Histologen, aus dem dritten einen Embryologen macht. Es ist gar nicht selten, daß ausgezeichnete Zoologen, welche den Fortschritten der mikroskopischen Anatomie die größten Dienste geleistet haben, doch in der Systematik und Artenkenntnis Schnitzer machen — ja daß sie von vornherein zugeben, darin mangelhaft unterrichtet zu sein. Und doch ist, wie gesagt, die Systematik ein unverlässliches Element der zoologischen Wissenschaft, sollen wir nicht einem Chaos verfallen; und die Teilnahme akademisch gebildeter Zoologen an dem Ausbau derselben ebenso unerlässlich, soll diese nicht zu einem ausschließlichen Tummelplatz eines bedenklichen Dilettantismus herabsinken.

Die einzige wirkliche Hilfe ist eine neue Teilung der Arbeit, die Errichtung eines zweiten Lehrstuhles für Zoologie an den großen, womöglich auch an den kleinen Universitäten. Die Arbeitsteilung muß darauf hinauskommen, daß dem einen Lehrstuhl Systematik und Biologie (im engeren Sinne), dem anderen vergleichende Anatomie und Embryologie zufiele. Daß gegenwärtig an manchen Universitäten der Lehrstuhl für menschliche Anatomie auch mit der Pflege der vergleichenden Anatomie beauftragt ist, hat gewiß sehr wohltätige Folgen sowohl für die erstere wie für die Ausbildung der Mediziner; dennoch kann darauf nicht gerechnet werden, wenn es sich um die Bedürfnisse der zoologischen Wissenschaft handelt. Es muß sogar im Gegenteil die vergleichende Anatomie die eigentliche Quelle sein, aus der die menschliche Anatomie, soweit sie nicht ausschließlich praktische Zwecke verfolgt, ihre leitenden Gesichtspunkte empfängt.

Überdies ist es mit der erneuerten Aufnahme des Studiums der Biologie im engeren Sinne noch lange nicht genug, sollen die Bedürfnisse der modernen Zoologie, wie sie durch den Einfluß der DARWINschen Theorie sich neuzugestalten beginnt, einigermaßen befriedigt werden. Ich wies schon zu Anfang dieses Abschnittes darauf hin, wie zwei große Gedanken auf die Entwicklung der Zoologie in den nächsten hundert Jahren einen entscheidenden Einfluß haben werden. Der erste ist eben die natürliche Züchtung mit allen Voraussetzungen und Konsequenzen, der andere aber die Rekapitulation der Stammesentwicklung durch die Entwicklung des Individuums.

Es kann hier nicht der Ort sein, die Wahrheit dieses Satzes mit Beweisen zu belegen, um diejenigen zu bekehren, welche noch nicht geneigt sind, ihm ohne weiteres zuzustimmen. Auch kann nicht weiter erörtert werden, in welcher Art und Weise der Satz einzuschränken oder auszubauen sei. Hier kann es sich nur darum handeln, zu untersuchen, welche Folgen seine Anerkennung für die weitere Entwicklung der Zoologie als Wissenschaft haben wird.

Und da ist es unverkennbar, daß, wie vorhin bei der Feststellung der Bedingungen des Kampfes ums Dasein der Biologie, so jetzt der Embryologie die Hauptlast der fortschreitenden Wissenschaft aufgebürdet wird. Das Ziel, welches erreicht werden soll, ist kein geringeres als die Feststellung der Geschichte der Tierwelt von ihrem ersten Beginn an bis zur Erscheinung eines Organismus, dem würdig schon den Namen Mensch beilegen können. Diese Geschichte beginnt also mehrere Hundert Millionen Jahre vor uns. Es erscheint wohl den meisten völlig unmöglich, darüber das geringste feststellen zu wollen. Dennoch aber gewährt uns das Gesetz der Erbllichkeit die Mittel, über unsere und aller übrigen Organismen Vorfahren mehr oder weniger genaue Nachrichten zu gewinnen. Jeder beginnende Organismus durchläuft in seiner sich bis zur Geschlechtsreife fortdauernd entwickelnden und ausbildenden Gestalt mit ungeheurer Schnelligkeit und mit überaus bedeutenden Abkürzungen die Gestaltenreihe, welche seine Vorfahren vom ersten Organismus an durchgemacht haben; diese Wiederholung würde sogar eine vollständige sein, wirkten nicht dem Walten der Erbllichkeit alle die Umstände beschränkend entgegen, welche den Kampf ums Dasein ausmachen und die natürliche Züchtung zur Tätigkeit rufen. Kraft dieser beiden Elemente wird die Urkundensammlung, welche jeder sich entwickelnde Organismus darstellt, durchlöchert, verkürzt, gefälscht. Da auch Eier und Embryonen miteinander in Wettbewerb stehen, und da auch sie den verändernden Einflüssen äußerer und innerer Agenzien unterworfen sind, so verwischen sich die Charaktere, die nicht mehr brauchbar sind, es verändern sich andere, die Reihenfolge wieder anderer verschiebt sich, ja es fügen sich wohl Charaktere hinzu, welche den Vorfahren überhaupt nicht angehört hatten. Hierdurch gerade wird es aber möglich, die verschiedensten Nachrichten über die Vorfahren der in Untersuchung genommenen Tiere zu sammeln, denn durch kritische Benutzung der Entwicklungszustände verschiedener naher verwandter Gattungen kann man die von jedem einzelnen nur überaus lückenhaft wiedergegebene Stammesgeschichte annähernd zusammensetzen und ergänzen. Wie die Linguisten aus den verschiedenen Sprachformen allmählich die Ursprache richtig herauslesen, oder wie ein Mosaikkünstler ein zerbrochenes Mosaikbild, wenn nur einige Andeutungen über die Gesamtkomposition erhalten sind, doch nach vielen ungenügenden Versuchen

in annähernder Genauigkeit wiederherstellen kann, so muß der Zoolog aus zahllosen embryologischen Daten heraus das Gesamtbild der Entwicklungsgeschichte eines Tierstammes entwerfen.

Die gewaltige Größe einer solchen Arbeit leuchtet jedem ein, der das Tierreich in seiner Ausdehnung kennt und bedenkt, welche ungeheure Zeiträume zu berücksichtigen sind. Schon die kurze Spanne der tierischen Stammesgeschichte, die uns von der Paläontologie enthüllt wird — Enthüllungen, die auch schwierig genug festzustellen sind — erfordert ein mächtiges Anspannen wissenschaftlicher Arbeit, soll ein einigermaßen wertvolles Resultat herauskommen — und doch wie geringfügig, wie kurz ist die Spanne Zeit vom silurischen System bis heute im Vergleich zu den Äonen, die vom Beginn individualisierter Materie bis zum Silur verflossen sind! Da heißt es wahrlich „tausend Jahre sind wie der Tag, der gestern vergangen ist“.

Und mit der Embryologie allein ist es wiederum nicht geschehen. Wie der Mosaikkünstler nicht allein aus den vor ihm liegenden Resten und Trümmern sein Werk wiederherzustellen suchen wird, sondern sich nach Kunstwerken ähnlicher Art, nach denselben künstlerischen Vorwürfen in Malerei und Bildhauerei umsieht, um dadurch auf den richtigen Weg gebracht zu werden, wie der Linguist bei der Aufsuchung der Ursprache und ihrer Veränderungen sich auch auf seine historischen Kenntnisse stützen wird, — so muß auch der zoologische Genealog noch ein Gebiet zu Hilfe nehmen, will er nicht hinter seiner Aufgabe zurückbleiben. Auf dies Gebiet gerät er, wenn er versucht, aus den Daten, welche die vergleichende Embryologie ihm an die Hand gibt, auf einen weit zurückliegenden Organismus zu schließen, welcher als Stammvater für die von ihm untersuchten Tiergruppen anzusehen ist. Dieser Organismus muß lebensfähig konstruiert werden, er darf keine Widersprüche der Organisation aufweisen, die seine Existenz unmöglich machen würden, ja noch mehr, er muß so konstruiert werden, daß sich alle die Linien, die von ihm aus aufwärts in seine Nachkommenschaft führen, in derselben physiologisch möglichen und wahrscheinlichen Weise anknüpfen lassen müssen. Das weist uns aber auf eine Aufgabe hin, die auch aus anderen Gründen mehr und mehr in den Vordergrund der gesamten biologischen Wissenschaften treten muß, auf die Schöpfung einer vergleichenden Physiologie oder vielmehr einer Physiologie, welche nicht nur das Bestehen der Funktionen, sondern ihre Entstehung ins Auge faßt und erklärt.

Daß es sich auch hier wiederum nicht um eine Art *Generatio aequivoca* handeln kann, wenn wir von der „Schöpfung“ dieser Wissenschaft reden, sondern daß es wesentlich darauf ankommen wird, die Anfänge, die bereits von mehreren Seiten gemacht sind — wir erinnern nur an das vortreffliche Buch von BERGMANN und LEUCKART sowie an das große Werk MILNE-EDWARDS —, mit neuem Impulse aufzunehmen und in immer größere Einzel-

heiten auszudehnen, weiß jeder, der mit dem Stande unserer Wissenschaft vertraut ist. Die Physiologie an den Universitäten hat diesen Gesichtspunkt seit Jahrzehnten aus den Augen gesetzt; sie vertieft und isoliert sich immer mehr in der Ergründung der sog. Nervenphysiologie auf der einen, der Verdauungsphysiologie auf der andern Seite und überläßt es der Morphologie, die Gebiete der Zeugungs- und Wachstumsphysiologie, ferner der Bewegungserscheinungen und der von den Bewegungen abhängigen Organisation, ja eigentlich das gesamte Gebiet der Korrelationserscheinungen innerhalb des tierischen Organismus auf ihre schon so überbürdeten Schultern zu nehmen.

Und gerade dies letztere Gebiet wird eine hervorragende Bedeutung gewinnen, wenn der Zoologie ein Ausbau zuteil werden soll, wie er ihr durch die Descendenztheorie ermöglicht worden ist. In ihm stecken die Lösungen für die zahlreichen Probleme, welche auch dem gemeinen Verstande so oft sich darbieten, jene scheinbar so wunderbaren Fügungen, welche dem Strauß große Beine zum Laufen, aber keine Flügel zum Fliegen, dem Adler mächtige Flügel, aber kurze Beine gegeben, welche dem schwerfälligen Rhinoceros seine fast undurchdringliche Haut, der flüchtigen Antilope die zarten, aber wie Stahl kräftigen Gliedmaßen verschaffen. Warum atmet der Fisch durch Kiemen? Warum der Vogel durch Lungen? Wie kam es, daß den Insekten Tracheen zuteil wurden, den Krebsen aber nicht? Der Gläubige antwortet mit ehrfurchtsvollem Hinweise auf den allmächtigen Schöpfer, — aber die Wissenschaft kann sich mit solchem Hinweise nicht zufrieden geben, sie will die unmittelbaren, wirkenden Ursachen feststellen. Und das wird vorzüglich die Aufgabe der vergleichenden Physiologie sein, die alle ihre Methoden, alle ihre Hilfswissenschaften — in diesem Falle Chemie und Physik — anzuwenden hat, um die Funktionen aller Tiere, selbst der niedrigsten aufzusuchen und ihr Zustandekommen mit Hilfe der Embryologie und vergleichenden Anatomie festzustellen.

5.

So liegen also vor den Zoologen Aufgaben von solcher Ausdehnung, daß sie fast verzagen müßten, jemals zu einer hinreichenden Lösung derselben zu gelangen, wäre es nicht möglich, die Arbeitskräfte und die technischen Hilfsmittel des Studiums schon jetzt sehr wesentlich zu vergrößern.

Wir haben einen Weg dazu vorgeschlagen: die Vermehrung der Lehrstühle an den Universitäten. Deutschland und Deutschösterreich zählen zusammen 23 Universitäten und verschiedene Akademien, an denen der Zoologie gleichfalls ein wichtiger Anteil gebührt. Wenn vorläufig auch nur bei einem halben Dutzend dieser Universitäten die Lehrstühle für Zoologie verdoppelt würden, so zöge das schon eine bedeutende Vermehrung der wissenschaftlichen Arbeitskräfte nach sich. Denn nicht nur diese sechs bezahlten Posten würden zu be-

setzen sein: um jeden einzelnen derselben würde sich wahrscheinlich eine Konkurrenz entwickeln, welche unter Umständen die doppelte Zahl von Bewerbern repräsentieren dürfte. Ein neuer Lehrstuhl läßt auch sehr bald eine Privatdozentur entstehen, und wäre es einmal festgestellt, daß bei Besetzung der ersteren der Biologie im engeren Sinne eine wesentliche Berücksichtigung geschenkt werden sollte, so würde auch von seiten der Privatdozenten dies Gebiet wieder aufgenommen und jener große Mangel, den wir oben zuerst hervorgehoben hatten, einigermmaßen ausgeglichen werden.

Aber mit einer Vermehrung der Arbeits- und Lehrkräfte müßte notwendigerweise auch eine bedeutende Vergrößerung der technischen Hilfsmittel erfolgen. Und da ist es nicht mehr mit einfacher Anschaffung von Mikroskopen und Vermehrung der großen Sammlungen getan. So hilfreich und unentbehrlich auch anatomische Studien an Spiritusexemplaren aller möglichen Tiere sind, so können sie doch niemals das Studium lebender oder ganz frisch getöteter Exemplare ersetzen. Zur Beschaffung dieser bietet aber vorläufig kein einziges Laboratorium irgendwelche Hilfe; jedem Studenten bleibt es überlassen, sich selbst solche Tiere zu suchen. Und ebensowenig wie den Studenten gewähren die Universitäten den Professoren und Dozenten Mittel und Wege zur Bewältigung derartiger wissenschaftlicher Aufgaben. Wer sich jahrelang in solchen Verhältnissen befunden hat, weiß, welche Schwierigkeiten es hat, lebendes Material für Untersuchungen immer in Bereitschaft zu halten; er weiß, welche Zeit und welche Kraft er durch die Beschaffung desselben verloren hat.

Man sagt wohl: ihr habt ja soundso viel zoologische Gärten, geht doch hin und arbeitet dort! Aber man stellt sich diese Gärten ganz anders vor, als sie wirklich sind. Bis jetzt sind sie mit wenig Ausnahmen nichts anderes als Anstalten des Zeitvertreibs auf der einen Seite und des Geldgewinnes auf der anderen. Wenn man, wie der Schreiber dieser Zeilen oft genug in den verschiedensten Zoologischen Gärten gebeten hat: werfen Sie dies Tier nicht weg, wenn es stirbt, geben Sie die Eier, die dieser Vogel legt, an den und den Professor, schicken Sie die Eingeweide dieses Tieres unverletzt an die pp. anatomische Anstalt — wenn man dann zusieht, wie Känguruhembryonen weggeworfen, die Kadaver gestorbener Tiere zerschnitten werden, um das Fell zu konservieren und in Museen aufzustellen, wenn man weder Eier noch Embryonen bekommt, weil die auskriechenden jungen Vögel mit einigen Talern im Handel bezahlt werden —, dann weiß man, daß es mit der Wissenschaftlichkeit der zoologischen Gärten noch gute Wege hat. Vergnügen und Geld — Geld und Vergnügen — damit ist vorläufig die Sache getan, und ehe man nicht dazu schreitet, den Direktoren, deren wissenschaftliche Tätigkeit durch die Verwaltungssorgen und Pflichten überaus beschränkt ist und immer beschränkt sein wird, einen vollständig für die akademische

Laufbahn ausgebildeten Zoologen an die Seite zu stellen, der selbst gründlich zu arbeiten und das zahlreiche Material, das solch Garten bietet, in die rechten wissenschaftlichen Hände zu bringen weiß, ehe wird sich aus den zoologischen Gärten auch kein bedeutsames wissenschaftliches Resultat gewinnen lassen. England, in der akademischen Pflege der Zoologie Deutschland außerordentlich nachstehend, ist in der Ausnutzung der zoologischen Gärten uns entschieden überlegen. Die Organisation und Verwaltung des Londoner zoologischen Gartens ist wissenschaftlicher als die irgendeines der vielen deutschen zoologischen Gärten; nicht nur, daß von der zoologischen Gesellschaft, welcher der Garten gehört, jährlich sehr bedeutende Publikationen gemacht werden — auch einen eignen Prosektor hat der Garten angestellt, welcher für ein jährliches Gehalt von 16—1700 Talern täglich Sektionen vorzunehmen und für die wissenschaftliche Ausnutzung des Materials Sorge zu tragen hat. In Hamburg bestand vor einigen Jahren die Absicht, dem aus dem Direktorat scheidenden Dr. BREHM einen akademisch gebildeten Nachfolger zu geben; man hatte zu dem Behufe Verhandlungen mit verschiedenen akademischen Lehrern angeknüpft; auch der Verfasser dieses Aufsatzes befand sich unter den in Aussicht genommenen Zoologen. Aber Schwierigkeiten persönlicher Art haben es bisher unmöglich gemacht, dieses Vorhaben zu verwirklichen. Gegenüber der in dem Hamburger Garten eingebürgerten Routine, besonders gegenüber dem fast nur aus Kaufleuten und größtenteils zoologisch nicht sachverständigen Mitgliedern bestehenden Verwaltungsrate wird es einer sehr bedeutenden Persönlichkeit von unbezweifelbarer wissenschaftlicher Autorität und begabt mit Welt- und Menschenkenntnis bedürfen, um die sich entgegenstehenden Wünsche und Absichten in harmonischer Weise und zum Besten der Wissenschaft auszugleichen.

Die zoologischen Gärten können vorläufig also die Universitäten nicht der Pflicht überheben, selbständig für Vermehrung des Untersuchungsmaterials des zoologischen Studiums zu sorgen, und so wird es hoffentlich nicht mehr allzulange dauern, bis man mit der Gründung zoologischer Versuchsstationen vorgehen wird. Solche Versuchsstationen würden sich zuerst am besten da einrichten lassen, wo landwirtschaftliche Akademien mit Universitäten verbunden sind. Wir haben in Deutschland den Vorzug, einen der geist- und kenntnisreichsten Landwirte zu besitzen, Herrn v. NATHUSIUS: dieser Name allein könnte schon hinreichen, ein ganzes Programm für die Errichtung zoologischer Versuchsstationen abzugeben. Wer aber DARWIN'S Werken aufmerksam gefolgt ist, wer jedes der von ihm abgehandelten Kapitel mit dem Vorsatz gelesen hat, über den Ausbau der darin aufgehäuften Tatsachen und Schlüsse weiter nachzudenken, wer den Anteil erwägt, den gerade die Beobachtung von Haustieren und Kulturpflanzen an der Vollendung der großen Theorie

des englischen Forschers gehabt hat, der wird voll Freuden seine Zustimmung zu dem Plane der Errichtung für solche Studien bestimmter Versuchsstationen aussprechen. Und man glaube ja nicht, daß man in solchen Stationen nur mit Pferden oder Rindvieh experimentieren dürfte, weil unsere bisherigen Erfahrungen über Züchtungen usw. gerade diese Linien innegehalten haben: es lassen sich höchst wertvolle Experimente an sehr viel billigerem Materiale anstellen, und an einer methodisch angestellten Züchtung von Vögeln, Insekten, Spinnen oder Schnecken ließen sich Prinzipien erörtern, deren Kenntnis ohne Zweifel einstmals zu dem alltäglichen Besitz eines halbwegs gebildeten Menschen gehören wird, und die gegenwärtig bereits in der DARWINSCHEN Theorie den Naturforschern vollkommen geläufig sind. Erst kürzlich hat die zoologische Literatur in dem neuen Werke CARL THEODOR VON SIEBOLD'S ein wahres Muster zoologischer Experimentaluntersuchungen erhalten¹⁾, die nur auf das lebhafteste wünschen lassen, daß es einem Forscher wie v. SIEBOLD noch vergönnt sein möge, mit reicheren Mitteln an die Gründung einer Schule die Lebensweise der Tiere beobachtender Zoologen zu gehen. Würde doch dadurch vor allem auch erreicht werden, daß diese so vielen Privatleuten, vor allem Gutsbesitzern, Landpfarrern und Landschullehrern zugängliche und erfreuliche wissenschaftliche Tätigkeit neu belebt würde. Solche Teilnahme der Privatleute ist aber unter allen Gesichtspunkten eines der erstrebenswertesten Ziele unserer zu reformierenden Wissenschaft, nicht nur weil diesen Männern selbst dadurch eine neue Sphäre ihres Berufes eröffnet würde, sondern weil auch der Wissenschaft eine größere und ausgedehntere Teilnahme aus Laienkreisen erwüchse, ohne die wir nun einmal nicht vorwärtskommen werden. Wer freilich von den zukunftsgeräten Gelehrten sich gegen eine solche mehr oder weniger dilettantische Einmischung des größeren Publikums in die Außenwerke der Wissenschaft zu verwehren wünscht, der möge nur auch seinen Klagen über die Kärglichkeit der uns zugemessenen Mittel Halt gebieten und sich, wie MÜNCHHAUSEN, an seinem eigenen gelehrten Zopfe aus dem Sumpfe ziehen. Solcher Standpunkt führt schließlich dazu, auch DARWIN für einen „Amateur“ zu erklären, was vor nicht langer Zeit HERR ELIE DE BEAUMONT in Paris in anerkennenswerter Offenheit zum Nutzen und Frommen aller ähnlich Denkenden auf sich genommen hat.

Zoologische Versuchsstationen an Universitäten würden aber ohne Zweifel auch für die anatomisch-embryologischen Studien von größtem Nutzen sein. Richtet man sie in zweckmäßiger Weise ein, so können sie einen unerschöpflichen Vorrat von lebendem Untersuchungsmaterial diesen Studien zur Verfügung stellen. Durch Herstellung eines kleinen Teiches würden Bedingungen für die

Existenz einer großen Zahl von Wassertieren geschaffen, die wie Frösche, Salamander, allerhand Fische, Krebse, Würmer und Schnecken, Süßwasserpolypen und Schwämme, Infusorien usw. täglich zur Verwendung in den Laboratorien kommen, und deren Eier und Larven, in besonderen, kleineren Abteilungen gezüchtet, den Embryologen ein vorzügliches Hilfsmittel immer wieder zu erneuernden Studien böten. Ein kleiner Bach, über künstliche Fels- und Steingrotten herabfließend, etwas Sumpfboden und Wiese, dann wieder reiner Sand, dem Sonnenschein ausgesetzt, allerhand Bäume und Sträucher, kurz die größtmögliche Mannigfaltigkeit, auf ein enges Gebiet zusammengedrängt und unterstützt durch sorgfältige Hilfe und Pflege eines erfinderisch-praktischen Menschen, würden eine vortreffliche Grundlage zoologischer Versuchsstationen bilden, denen bei fortdauernder Teilnahme und schöpferischer Fortbildung gewiß ein großer Einfluß zur Fortentwicklung der Wissenschaft zufallen müßte. Es würde äußerst dankenswert sein, entschlösse sich eine unserer großen Universitäten, mit der Gründung solcher Versuchsstationen den Anfang zu machen und mit der Kreierung einer neuen Professur zugleich auch dieser Professur ein solches Institut zur selbständigen Ausbildung zur Verfügung zu stellen. Einem solchen guten Willen würden von allen Seiten praktische Winke und Ratschläge nicht fehlen, und es würde ein bedeutender Schritt nach vorwärts in unserer Wissenschaft dadurch getan werden.

Uns Zoologen gebietet aber der Selbsterhaltungstrieb, die Einsicht der entscheidenden Behörden und ihre tatsächlichen Folgen nicht abzuwarten, sondern selbständig vorzugehen und soviel als möglich von diesen neuen Aufgaben aus eigener Kraft zur Lösung zu bringen. Und dazu soll, so hoffe ich, mein Entwurf zur Gründung zoologischer Stationen die Hand bieten.

6.

Schon oben hob ich hervor, daß die Zoologie eine teure Wissenschaft sei, und daß sie auf die Teilnahme großer und wohlhabender Kreise angewiesen bleibe, wenn sie ihren Aufgaben gerecht werden soll. Diese Teilnahme können ihr nur die Stationen gewinnen, indem sie wie die zoologischen Gärten und die bisher eingerichteten Aquarien durch Ausstellung von lebenden Tieren das große Publikum an sich ziehen und aus dem Eintrittsgelde solche Summen zu gewinnen suchen, welche nicht nur den technischen Betrieb vollständig decken, sondern auch Überschüsse ergeben, die zur Besoldung wissenschaftlicher Kräfte, zur Anschaffung notwendiger Instrumente und schließlich zur Vermehrung der Stationen verwendet werden sollen. Diese Summen kann die zoologische Station von Neapel vielleicht erwerben, wenn von den dorthin reisenden Touristen niemand an ihrer Türe vorbeigeht, ohne das Aquarium zu sehen und die kleine Summe des Eintrittsgeldes als Beisteuer zum Gedeihen unserer Wissenschaft zu zahlen.

¹⁾ [Gemeint sind hier jedenfalls die 1871 erschienenen „Beiträge zur Parthenogenese der Arthropoden“. R. D.]

Es würde das noch dazu so wenig ein Opfer sein, als von allen heute bestehenden Aquarien das von Neapel unstreitig das reichste und merkwürdigste sein wird. Das Mittelmeer liegt vor seiner Türe und die reichste Meeresfauna bietet täglich so wunderbare Gestalten dar, wie sie ein binnenländisches oder ein nördlich gelegenes Aquarium seinen Beschauern niemals wird vorzeigen können. Es trifft sich ferner so glücklich, daß die Zeit des größten Fremdenverkehrs — Januar bis April — zugleich die Periode ist, in welcher die Bai von Neapel von Seetieren aller Art am zahlreichsten besucht wird, so daß selbst denjenigen, welche zwei- oder mehreremal das Aquarium besuchen, sicherlich immer eine Anzahl von neuen Formen vor Augen treten wird, die sie bei dem vorhergehenden Besuch nicht gesehen haben.

Neben dieser weitaus wichtigsten und bedeutendsten Einnahmequelle werden sich noch einige weniger bedeutende finden lassen, die aber immerhin zu einem günstigen Gesamtergebnis in pekuniärer Beziehung beitragen und die großen Aufgaben durchführen helfen sollen.

Durch die Einrichtung der zoologischen Station wird nun unmittelbar den vorher betonten Bedürfnissen, was technische Hilfsmittel anbelangt, sofort und energisch abgeholfen. Das Aquarium selber bietet ausgiebige Gelegenheit zum Studium der Lebensweise der Seetiere, wie sie bisher nicht zu finden war; Mittel und Wege, die Elemente des Kampfes um das Dasein festzustellen, werden dadurch den Zoologen reichlich geboten. Durch die Ausstattung der Laboratorien mit Versuchs- und Zuchtaquarien wird fernerhin den Embryologen und vergleichenden Anatomen ihr Studium außerordentlich erleichtert, ja für viele Untersuchungen überhaupt erst die Möglichkeit geschaffen. Ein physiologisches Laboratorium soll die Gelegenheit bieten, das Studium der Funktionen auch an den Seetieren herbeizuführen, und so die vergleichende Anatomie aus der Einseitigkeit zu befreien, in die sie genau so wie bisher die Physiologie zu geraten droht. Das Ineinandergreifen dieser drei Untersuchungsweisen allein kann die großen Aufgaben lösen, die unserer Wissenschaft gestellt sind, und ihre Vereinigung in einem großen Laboratorium mag als günstige Vorbedeutung dafür angesehen werden, daß es auch in den akademischen Kreisen bald zu solcher bewußten Kooperation kommen wird.

Das wäre der eine, an sich schon unschätzbare Vorteil der Station. Es leuchtet aber ein, daß noch ein anderer, ebenso bedeutender, damit Hand in Hand geht.

Die wissenschaftliche Laufbahn eines Zoologen ist nicht danach angetan, ihm pekuniäre Vorteile zu bieten — im Gegenteil, einem Unbemittelten ist sie überhaupt nur in den seltensten Fällen möglich. Die schwierigste Periode dieser Laufbahn ist aber gewiß die, in welcher die eigentliche grundlegende Arbeit des jungen Forschers geschieht — zwischen den beendeten Studienjahren und einer

festen Anstellung, sei es als Lehrer an höheren Schulen oder als Professor an der Universität. Gerade diese Jahre, welche der Ausbreitung und Vertiefung der gesamten Bildung eines Forschers vor allem geweiht bleiben sollten, werden häufig durch hastiges Arbeiten und einseitiges Erfassen irgendeiner speziellen Aufgabe um ihre eigentliche Wirksamkeit gebracht, und die Folge davon ist, daß statt eines weit um sich blickenden, nach großen Aufgaben verlangenden Geistes ein wenn auch immerhin tüchtiger, doch oft mit viel zu engen Gesichtspunkten arbeitender Forscher entsteht, welcher nicht so, wie es bei ruhigerer Ausbildung hätte geschehen können, die Wissenschaft fördert. Viele aber kommen auch nicht einmal zu dieser engeren Fachbildung; die Mittel zum Leben gehen ihnen aus, sie werden gezwungen, praktische Laufbahnen zu ergreifen, und wenn sie auch anfänglich noch die frühere Neigung zu theoretischer Arbeit behalten, so wird sie doch bald aus Not oder durch die bequemeren Erfolg gewährende praktische Tätigkeit verdrängt und vernichtet. So gehen der Zoologie oft bedeutende und höchst wertvolle Kräfte gänzlich verloren, andere erreichen nicht die volle Höhe ihrer Leistungsfähigkeit.

Da treten die zoologischen Stationen ins Mittel. Gerade diesen jungen Forschern, welche ihre Kräfte ausbilden, ihre Kenntnisse erweitern und ihre allgemeinen Gesichtspunkte vertiefen wollen, denen bieten sie die Hand. Einem jungen Manne ist ja eigentlich alles getan, wenn ihm die Möglichkeit zu allseitiger Ausbildung zugleich mit der Freiheit von drängendsten Nahrungssorgen auf 4–5 Jahre geboten wird. Er kann in dieser Zeit mehr als hinreichend beweisen, ob er wirklich den Beruf zum Forscher besitzt; mag ihn nun seine Individualität zu der mühsamen Arbeit des Herausschälens kleiner und kleinster Fakta treiben oder ihm ein weites Problem vor Augen stellen, das mit Aufbietung von Scharfsinn und Geist durch alle Irrwege der Kombination zu verfolgen, mit allen Mitteln der Phantasie und der Kritik anzufassen und zur Lösung zu bringen ist. Die zoologischen Stationen werden beiden Typen von Forschern zur vollen Ausbildung behilflich sein und so den Universitäten eine Pflanzschule von jungen Gelehrten bieten, aus denen diese sich ihre Professoren und Dozenten nach bestem Ermessen wählen können.

Freilich werden die zu vergebenden Stellungen an der zoologischen Station von Neapel über eine gewisse Zahl nicht hinausgehen können — aber es ist eben auch meine feste Absicht, welche von Anfang an mein Handeln bestimmt hat, die Station von Neapel als Zentralstation einzurichten und soviel Tochterstationen als irgend möglich ins Leben zu rufen, deren jede wiederum wenigstens einen besoldeten, zur Leitung berufenen Zoologen gebraucht. Die Gründung solcher weiteren Stationen wird natürlich nach zwei Gesichtspunkten erfolgen: nach dem wissenschaftlichen und dem pekuniären. Es gibt aber noch hinreichend viel Lokalitäten, wo diese beiden Elemente gleichmäßig

berücksichtigt werden können — und es gibt zugleich auch noch Mittel und Wege, Geld für diese Gründungen zu gewinnen, die bisher noch nicht betreten worden sind. Liegt es doch zu sehr im Interesse aller, daß die Wissenschaften auch außerhalb Europas mit bestimmten Organisationen festen Fuß fassen und das halb abenteuernde Reisen einzelner, oft nur sehr ungenügend vorbereiteter Forscher ersetzen, das soviel Geld und Energie kostet und verhältnismäßig so wenig erkleckliche Resultate bietet. Die wissenschaftliche Forschung darf nicht darauf verzichten, von der mächtigen Verkehrsentwicklung der neueren Zeit Vorteil zu ziehen. Wenn es nötig geworden ist, aus Deutschland nach Neapel und Sizilien zu gehen, wenn eine zoologische Station am Mittelmeere unentbehrlich ist, so wird es ebenso nötig werden und ebenso vorteilhaft sein, über Europa hinaus und in die anderen Weltteile vorzudringen. Die Möglichkeit, wissenschaftliche Stationen dort mit Erfolg einzurichten, mag man in Zweifel ziehen, ebenso wie man von den verschiedensten Seiten die Möglichkeit der neapolitanischen Station in Zweifel zog. Wer aber neben wissenschaftlichen Gesichtspunkten seine Aufmerksamkeit und seinen Anteil dem modernen Weltleben nicht vorenthält, wer im Gegenteil überzeugt ist, daß zwischen dem wissenschaftlichen und dem Weltleben intimste Beziehungen bestehen, die beide einander unentbehrlich machen, der wird mit mir die Durchführbarkeit des Planes, zoologische Stationen in den verschiedenen Erdteilen zu errichten, für möglich und darum für erstrebenswert halten. Wie weit meine Bemühungen in dieser Richtung schon gegangen sind, und welche Erfolge sie erzielt haben, mag einstweilen noch unausgesprochen bleiben; es genüge zu bemerken, daß an einflußreichen Stellen die unentbehrliche Teilnahme dem Plane schon gewonnen und das *Δός μοι πον σιῶ* kein frommer Wunsch mehr ist.

Und so sei denn dies ganze Unternehmen der Teilnahme gebildeter Menschen, die es schon in so reichem Maße zu erfahren Gelegenheit hatte, auch weiterhin empfohlen!

Neapel, Juni 1872.

* * *

Diesem von dem Herausgeber der *Naturwissenschaften* angeregten Neudruck einen kurzen Epilog beizufügen, erscheint fast überflüssig; so aktuell wirkt der vor über fünfzig Jahren geschriebene Aufsatz meines Vaters auch heute noch. Und zwar gilt das nicht nur für Detailpunkte wie z. B. für die Tatsache, daß auch heute noch der wissenschaftliche Nachlaß CASPAR FRIEDRICH WOLFFS in den Archiven der Russischen Akademie der Wissenschaften seiner Veröffentlichung harret. Auch

Dinge mehr prinzipieller Art sind heute der Wirklichkeit noch nicht nähergekommen, wie die als „erstrebenswertes Ziel unserer zu reformierenden Wissenschaft“ bezeichnete Teilnahme der Privatleute und Laienkreise an den Aufgaben der Wissenschaft. Ähnliches gilt von der in bezug auf die Organisation der zoologischen Wissenschaft aufgestellten Forderung der wissenschaftlichen Auswertung des in den Zoologischen Gärten und Aquarien befindlichen Materiales, das mit wenigen Ausnahmen für die Wissenschaft verlorengeht.

Ganz besondere Bedeutung gewinnt aber — rückschauend — die in dem Aufsatz aufgestellte Forderung des engen Zusammengehens von Embryologie, vergleichender Anatomie und vergleichender Physiologie; und dies bietet mir doch noch Anlaß, ganz kurz einiges Prinzipielles hier beizufügen. Heute besteht kaum mehr die Gefahr, daß, wie es in dem Aufsatz meines Vaters heißt, die Physiologie in der Ergründung der sog. Nervenphysiologie und Verdauungsphysiologie aufgehe, oder daß sie Probleme wie etwa die Korrelationserscheinungen innerhalb der tierischen Organismen der Morphologie überlassen möchte. Eher das Gegenteil ist zu befürchten: daß nämlich über der seit jener Zeit mächtig entwickelten experimentellen Methodik und kausalen Fragestellung die Grundlagen der beschreibenden morphologischen und entwicklungsgeschichtlichen Richtung gelockert werden. Dieser der Biologie drohenden Gefahr, in entgegengesetzter Richtung aus dem Gleichgewicht gebracht zu werden, kann nun heute gerade wieder die Neapeler Zoologische Station in aussichtsreicher Weise entgegenwirken dank dem in ihr verwirklichten und durch sie in immer neuer Form möglichen engen Kontakt beider Forschungsrichtungen; der morphologisch-embryologischen und der physiologischen. Dies dürfte auch besonders der Fall sein durch Pflege der physikalischen Chemie, der neben den Problemstellungen, die ihr von der theoretischen Physik kommen, Anforderungen und Anwendungen auf biologischem Gebiet zum Ausbau ihrer experimentellen Basis nur erwünscht sein können.

In solcher Weise und wenn man — wie der Aufsatz meines Vaters schließt — „neben wissenschaftlichen Gesichtspunkten seine Aufmerksamkeit und seinen Anteil dem modernen Weltleben nicht vorenthält, im Gegenteil überzeugt ist, daß zwischen dem wissenschaftlichen und dem Weltleben intimste Beziehungen bestehen“, dann wird man die zuversichtliche Hoffnung hegen dürfen, daß der ursprüngliche und ureigenste Geist der Neapeler Zoologischen Station, mit neuen Symbolen und neuen Kontaktflächen ausgerüstet, sich auch weiterhin lebendig und fruchtbar erweisen wird. Q. b. f. f. s.!

Neapel, März 1926.

REINHARD DOHRN.

Erste Erfahrungen mit dem rotierenden Laboratorium.

Von L. PRANDTL, Göttingen.

In dem Festvortrag zur Einweihung des Kaiser Wilhelm-Institutes für Strömungslehre, der im Heft 16 dieses Jahres abgedruckt ist, wird unter den geplanten Versuchseinrichtungen ein „rotierendes Zimmer“ aufgezählt. Dieses ist in den letzten Monaten fertig geworden und hat dabei zunächst zu Beobachtungen über das Verhalten des Menschen in einem völlig geschlossenen, in Drehung befindlichen Raum Anlaß gegeben. Dabei stellten sich zu unserer Bestürzung Erscheinungen heraus, die den Zweck des rotierenden Zimmers, nämlich darin Versuche über Wasserströmung und andere mechanisch interessierende Vorgänge zu machen, in Frage zu stellen schienen. Um es kurz zu sagen, nicht nur das Gefühl für die Erhaltung des Körpergleichgewichts war so arg gestört, daß die Ausführung von Ortsveränderungen äußerst mühsam war, sondern wir wurden regelrecht seekrank! So schwer rächte sich die Nichtübereinstimmung des Sehraumes mit dem durch das Gleichgewichtsorgan empfundenen Trägheitsraum. Es ist sehr bemerkenswert, daß wir bei Vorversuchen, als die Wände des rotierenden Zimmers noch nicht geschlossen waren, von all diesen Erscheinungen nichts bemerkt hatten. Hier sah man, wie beim gewöhnlichen Karussell, die nicht mitdrehende Umgebung, und die Empfindungen des Gleichgewichtsorgans waren in Einklang mit dem, was man sah¹⁾. Außer dem gewöhnlichen Schwindel, wie er auch sonst bei länger fortgesetztem Drehen auftritt, stellten sich hier weitere Störungen nicht ein. — Im übrigen zeigte die systematische Fortsetzung der Versuche und die Analyse der Empfindungen, die den einzelnen Arten von Bewegung entsprechen, doch sehr bald, daß eine „Hygiene des rotierenden Zimmers“ sehr wohl möglich ist. Sie besteht ganz wesentlich darin, daß man alles Wenden und Neigen des Kopfes gänzlich vermeiden muß oder, wenn es nötig wird, es nur sehr langsam ausführt. In der Tat haben wir später bei Einhaltung dieser Regel die dreifache Drehzahl von der, bei der früher Seekrankheit auftrat, glatt vertragen. Es handelte sich dabei um 40 Umdrehungen pro Minute, bei einem Innendurchmesser des kreisrunden Zimmers von rd. 3 m. Man wird dabei von einer Zentrifugalkraft gleich 2,4 mal Erdschwere an die Wand gedrückt und hat Mühe, auch nur einen Arm vor-

zustrecken; bei ruhiger Kopfhaltung sind aber keine weiteren Nachteile dabei aufgetreten.

Die bei Kopfbewegungen auftretenden Gefühle lassen sich etwa so beschreiben: Es sei angenommen, daß sich das Zimmer so dreht wie der Zeiger einer auf dem Boden liegenden Uhr. Dann hat man bei Neigen des Kopfes nach links den Eindruck, daß der Boden in der Blickrichtung sich abwärts neigt, bei Neigen nach rechts, daß der Boden in der Blickrichtung hochkommt. Bei Neigung des Kopfes nach vorn scheint der Boden sich nach links zu bewegen, beim Aufrichten des Kopfes nach rechts¹⁾. Führt man derartige Kopfdrehungen langsam hin und her schwingend aus, so hat man den Eindruck, als wenn man in einer großen Schaukel stände, die bei Seitenneigung des Kopfes vor- und zurückschwingt, bei Vornüberneigung dagegen links und rechts ausschwingt.

Sehr auffällig ist auch das Gefühl für Änderungen der Drehgeschwindigkeit des Zimmers. Beim Anlauf z. B. hat man, obwohl man nichts sieht, wonach man die Drehung beurteilen könnte, den deutlichen Eindruck, daß das Zimmer sich dreht. Später verschwindet dieser Eindruck; und man hat das Gefühl, in Ruhe zu sein, so lange man sich nicht bewegt. Beim Abstellen (Bremsen) hat man den Eindruck, daß das Zimmer in entgegengesetzter Sinne wie früher rotierte. Verläßt man nach rascher Bremsung den Raum, so empfindet man denselben Schwindel, wie er sich nach länger fortgesetztem Drehen einzustellen pflegt („Dreh-schwindel“).

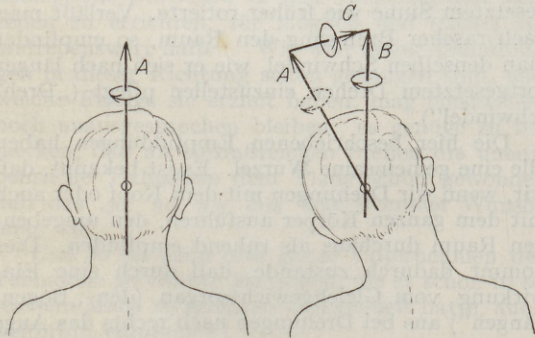
Die hier beschriebenen Empfindungen haben alle eine gemeinsame Wurzel. Es ist bekannt, daß wir, wenn wir Drehungen mit dem Kopf oder auch mit dem ganzen Körper ausführen, den umgebenden Raum durchaus als ruhend empfinden. Dies kommt dadurch zustande, daß durch eine Einwirkung vom Gleichgewichtsorgan (den „Bogen-gängen“) aus bei Drehungen nach rechts das Auge sich mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit nach links dreht (und umgekehrt). Bei größeren Drehungen springt es nach einem gewissen Winkelweg immer wieder nach rechts zurück, um dann die Drehung nach links fortzusetzen. Das Auge fixiert also der Reihe nach gewisse ruhende Raumstellen und erweckt dadurch gerade den Eindruck, daß die Umgebung ruhe. Diese Augenbewegung wird auch im Dunkeln, ja selbst bei geschlossenem Auge, ausgeführt. Im drehenden Zimmer gleitet das Auge beim Anlauf im Uhrzeigersinn durch seine vom Gleichgewichtsorgan eingeleitete Bewegung nach links an der Wand entlang und erweckt dadurch die Empfindung einer nach rechts bewegten Wand. Bei jedem Zurück-

¹⁾ Wie mir Herr Dr. BETZ, hier, mitteilte, hat er bei gelegentlichen Fahrten auf einem U-Boot festgestellt, daß starke Schlingerbewegungen des Bootes bei ihm Übelkeit verursachten, wenn er im Innern des Bootes war, daß alles aber sehr bald wieder gut wurde, sobald er auf Deck kam und den Horizont sah. Die Nichtübereinstimmung zwischen Sehraum und Trägheitsraum scheint also, wenn auch nicht die einzige, so doch eine wesentliche Ursache der Seekrankheit zu sein. Die Berichte über Seekrankheit im Flugzeug stimmen damit gut überein.

¹⁾ Bei Drehung des Zimmers entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn ist in vorstehenden Angaben rechts und links zu vertauschen.

springen erblickt es aber dieselbe Wandstelle in derselben Blickrichtung, so daß sich die Empfindung des Drehens mit der Ruhe vermenget, ganz wie bei dem gewöhnlichen Drehschwindel. Die Augenbewegung kommt allmählich zum Stillstand, und es verbleibt der Eindruck der Ruhe. Beim Bremsen gibt die Änderung der Drehgeschwindigkeit dem Gleichgewichtsorgan einen neuen Impuls, jetzt in der umgekehrten Richtung, der wieder eine Augenbewegung verursacht und den Anschein der Rückwärtsdrehung hervorbringt.

Die Wirkung einer Neigung des Kopfes läßt sich auf derselben Grundlage erklären, und zwar erweisen sich die eigenartigen Erscheinungen, die oben beschrieben wurden, als von genau derselben Art, wie die Rückwärtsdrehung beim Bremsen. Das Gleichgewichtsorgan, das ja nicht auf die Drehgeschwindigkeit, sondern nur auf ihre zeitliche Änderung reagiert, hat bei lange andauernder Drehung allmählich „vergessen“, daß eine Drehung besteht, und empfindet daher in der Folge Unterschiede gegen diese Drehung als selbständige Drehungen. Bekanntlich kann man bei der Zusammensetzung von Drehgeschwindigkeiten wie bei der von Kräften operieren, wenn man die Drehgeschwindigkeiten durch Strecken parallel der Drehachse darstellt. Beim Neigen des Kopfes nach links z. B. wirkt die „vergessene“ Drehung *A*, vgl. die Figur, so weiter, daß sie relativ zum Gleichgewichtsorgan, also relativ zum Kopf fixiert erscheint.



Die wirkliche Drehung hat die Lage *B*. Empfohlen wird die Drehungsdifferenz *C* zwischen *B* und *A*, daneben während der Ausführung des Kopfeigens natürlich noch die Neigebewegung selbst. Durch die Reaktion des Gleichgewichtsorgans auf die letztere werden aber nur die normalen Empfindungen geweckt. Die Drehung *C* dagegen, die auch nach Anhalten des geneigten Kopfes weiter wirkt, wird als sehr störend empfunden und dauert so lange an, bis sie unter den Eindrücken, die das Auge weiter liefert, und die der Drehung *C* nicht entsprechen, wieder „vergessen“ wird. Im einzelnen ereignet sich folgendes: Die Drehung *C*, die vorne abwärts führt, bewirkt eine Aufwärtsbewegung des Auges, und damit den Eindruck des Versinkens des Bodens. Die gleiche Überlegung führt bei Vorwärtsneigen des Kopfes usw. auf die anderen beschriebenen Erscheinungen.

Blickt man beim Vorwärtsneigen des Kopfes genau wagerecht nach vorn, so bemerkt man außer einer unangenehmen Störung des Gleichgewichtsempfindens sehr wenig, während bei gesenktem Blick die Wirkung sehr stark ist. Das ist durch Analyse der Augenbewegung gut verständlich. Einem Rade, das sich um die Blickrichtung als Achse langsam dreht, können die Augen nicht so folgen, daß der Eindruck eines stillstehenden Rades entsteht. Zu einer Drehung des Kopfes um die Blickrichtung als Achse gibt es also keine kompensierende Augenbewegung, und deshalb kommt beim Vorwärtsneigen im drehenden Zimmer, wobei die Drehachse *C* nach vorn gerichtet ist, keine Sehtäuschung zustande. Sie ist aber sehr wohl da, wenn die Blickrichtung mit der Achse *C* einen Winkel einschließt¹⁾.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß die Änderung der resultierenden Schwerkraftichtung (Resultierende aus Schwere und Zentrifugalkraft) nicht so stark empfunden wird, als man erwarten möchte. Man beobachtet, wenn man exzentrisch steht, deutlich eine Neigung des ganzen Raumes in dem erwarteten Sinn, aber die Neigung ist, offenbar unter der Gegenwirkung der Gesichtseindrücke, viel kleiner als die Neigung der resultierenden Kraft. Die Empfindungen durch die mechanischen Einwirkungen auf die Gliedmaßen, besonders die der ablenkenden Kraft im drehenden Raum (Corioliskraft) sind genau die nach den Gesetzen der Mechanik erwarteten, wenn sie auch immer am eigenen Leibe beobachtet, überraschend wirken, wie z. B. die, daß man mit dem Bein links herum kreisende Bewegungen mit Leichtigkeit (leichter als gewöhnlich) ausführen kann, rechts herum dagegen nur mit großen Schwierigkeiten (dies für Drehung im Uhrzeigersinn).

Es steht sehr zu hoffen, daß das rotierende Laboratorium, nachdem der Mensch sich in ihm zurechtzufinden gelernt hat, auch seinem eigentlichen Zweck, Strömungsgesetze zu erforschen, eine reiche Ausbeute von Ergebnissen liefern wird. Anfänge sind auch hier schon gemacht. Hierüber hoffe ich später im Zusammenhang berichten zu können.

Nachtrag.

Gelegentlich eines Vortrages über obiges Thema vor dem Niedersächsischen Gauverband der Deut-

¹⁾ Zusatz bei der Korrektur: Inzwischen ist noch eine recht interessante Feststellung an zwei Personen gemacht worden, die infolge früherer Krankheit nur noch ein funktionsfähiges Bogengangsystem besitzen, nämlich daß solche Personen im rotierenden Zimmer weder die oben beschriebenen störenden Empfindungen haben, noch auch Schädigungen des Wohlbefindens erfahren. Es geht daraus hervor, daß es sich beim Zustandekommen der beschriebenen Erscheinungen anscheinend um eine Wechselwirkung der beiden Bogengangsysteme handelt (wofür man nicht annehmen will, daß auch das verbliebene Gleichgewichtsorgan der beiden Personen nicht mehr vollwertig ist, was nicht näher hat untersucht werden können).

schen Physikalischen Gesellschaft bin ich darauf aufmerksam gemacht worden, daß die Beobachtungen über das Verhalten des Menschen im rotierenden Zimmer bereits vor etwa fünfzig Jahren von ERNST MACH beschrieben worden sind. In der Tat fand ich in seinen „Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen“, Leipzig 1875, S. 23 bis 31, ungefähr alle Beobachtungen beschrieben, über die ich in dem vorstehenden Aufsatz berichtet habe. MACH verwandte einen in einem vertikalen

Rahmen drehbaren und neigbaren Stuhl, den er, um die Wirkung des Außenraumes auf die Gesichtsempfindung auszuschalten, mit einem papiernen Kasten umgeben hat. MACH erwähnt dabei, daß ähnliche Versuche bereits von PURKINJE, 1826, beschrieben worden seien („Physiologische Beobachtungen über den Schwindel“, 10. Bulletin der Naturwissenschaftlichen Sektion der Schlesischen Gesellschaft, S. 35, Breslau 1825; s. a. 12. Bulletin 1826, S. 1).

Über die chemische Reaktion von Gasionen.

Von HARTMUT KALLMANN, Berlin-Dahlem.

Die außerordentlich mannigfaltige neue Erkenntnis, die die physikalische Forschung der letzten Jahrzehnte gebracht hat, hat auch ein tieferes Eindringen in das Wesen der chemischen Reaktion ermöglicht. Wir wollen hier nur anführen, daß man heut weiß, auf welche Weise z. B. chemische Reaktionen unter gewissen Bedingungen Licht aussenden können; und zwar auch dann aussenden können, wenn die Temperatur des Reaktionsgemisches so niedrig ist, daß *allein* infolge der Temperaturbewegung der reagierenden Teilchen sicher kein Leuchten auftreten kann. HABER und ZISCH (1), die ein solches Leuchten — nämlich das Auftreten der D-Linie des Na — bei der Reaktion Natrium-Chlorgas fanden, gaben folgende Erklärung hierfür. Die bei der Reaktion freiwerdende Energie kann entweder bei dem Reaktionsprozeß selbst oder unmittelbar darauf, solange sie noch völlig in einem Gebilde konzentriert ist, direkt auf ein anderes Atom übertragen werden, und vermag so zu dessen Anregung zu führen. Die Auffassung von HABER und ZISCH konnte dann durch weitere Versuche bestätigt werden (2), wobei gezeigt wurde, daß nicht nur an der Reaktion teilnehmende Atome, sondern auch andere an der Reaktion überhaupt nicht beteiligte Atome zum Leuchten angeregt werden konnten.

Ist die bei der Reaktion freiwerdende Energie groß genug, um ein im Reaktionsgemisch vorhandenes Gebilde zu ionisieren, so werden Ionen gebildet werden und die chemische Reaktion führt auf diese Weise zu einer Emission elektrisch geladener Teile. HABER und JUST (3) haben in der Tat bei der Reaktion Chlor mit festem Natrium eine Elektronenemission nachweisen können.

Die bisher betrachteten Prozesse waren dadurch ausgezeichnet, daß die Reaktionsenergie zur Schaffung angeregter oder ionisierter Gebilde verwendet wurde. Es sind aber auch die umgekehrten Prozesse möglich, bei denen erst durch Schaffung angeregter oder ionisierter Gebilde chemische Reaktionen infolge der hohen Energie dieser Gebilde hervorgerufen werden. Solche energiereichen Gebilde können z. B. durch Einstrahlung von Licht erzeugt werden. Die dadurch hervorgerufenen photochemischen Reaktionen werden durch das sog. photochemische Äquivalentgesetz geregelt,

welches bekanntlich besagt, daß für jedes absorbierte Quant eine chemische Umsetzung stattfindet.

Da diese photochemischen Prozesse eine gewisse Ähnlichkeit mit den später zu besprechenden Ionenreaktionen besitzen, sei auf dieselben etwas näher eingegangen. Es hat sich gezeigt, daß in dieser soeben erwähnten strengen Form das Äquivalentgesetz nicht allgemeine Gültigkeit hat. Es ist vielmehr so, daß für jedes absorbierte Quant ein angeregtes Gebilde geschaffen wird und daß dann durch sekundäre Reaktionen desselben entweder eine oder auch mehrere chemische Umsetzungen bewirkt werden können. So weiß man z. B., daß bei der Bestrahlung von Jodwasserstoff jedes absorbierte Lichtquant zur Dissoziation von 2 HI-Molekülen führt. Dies geht vielleicht so vor sich, daß durch Absorption eines Lichtquants zunächst ein angeregtes HI-Molekül geschaffen wird und dieses dann beim nächsten Zusammenstoß in die Atome dissoziiert. Das dabei entstandene H-Atom reagiert dann weiter mit einem anderen HI-Molekül zu $H_2 + I$. Die bei diesen Prozessen entstehenden I-Atome bleiben so lange bestehen, bis sie sich miteinander zu I_2 assoziieren. Auf diese Weise führt also ein Absorptionsprozeß zur Dissoziation von 2 HI-Molekülen. Man kann diese Ausbeute von zwei Dissoziationsprozessen für jedes absorbierte Quant auch noch auf andere Weise erklären, auf die wir aber hier nicht eingehen wollen.

Bei der Chlorknallgasreaktion hingegen bewirkt bekanntlich ein vom Chlormolekül absorbiertes Lichtquant eine viel weitergehende Reaktion. Man kann dies durch die Annahme erklären, daß durch die Absorption ein Chlormolekül (in analoger Weise wie bei HI) dissoziiert wird, jedes der beiden so entstandenen Chloratome reagiert dann wieder mit einem H_2 -Molekül zu $HCl + H$ und das entstandene H-Atom reagiert nun seinerseits wieder weiter mit einem Cl_2 -Molekül zu $HCl + Cl$. Das neu entstandene Cl-Atom reagiert dann ebenfalls wieder wie die früheren Cl-Atome und so geht die Reaktion in Form einer NERNSTschen Kettenreaktion immer weiter fort, bis schließlich die Cl- und H-Atome durch eine Reaktion mit einem andren Cl- oder H-Atom am weiteren Reagieren behindert werden.

Die soeben betrachteten Reaktionen sind, wie

schon hervorgehoben wurde, durch angeregte Atome und Moleküle bedingt. Ganz analog finden wir, daß durch ionisierte Gebilde ähnliche Reaktionen hervorgerufen werden und auch die Gesetze, die dieselben beherrschen, ähneln den oben geschilderten.

Bei der Betrachtung der Wirkungsweise der Ionen beschränken wir uns auf Reaktionen, die im Gasraume verlaufen. Wir wollen hier 3 verschiedene Arten von Reaktionen unterscheiden:

1. Stoßreaktionen: a) durch Elektronenstoß, b) durch Ionenstoß;
2. Chemische Reaktionen geladener Teilchen mit neutralen Atomen und Molekülen: a) der Elektronen, b) der Ionen;
3. Reaktionen geladener Teilchen miteinander.

Zu der ersten Art von Reaktionen wollen wir alle jene Reaktionen zählen, die darauf beruhen, daß die reagierenden Elektronen und Ionen eine wesentlich größere Geschwindigkeit haben als ihnen durch die Temperaturbewegung zu Teil wird. Zur Gruppe 1a gehören also die Prozesse, die den bekannten Elektronenstoßversuchen von FRANCK und HERTZ (4) zugrunde liegen. Bei diesen besteht die Einwirkung der Elektronen auf Gasatome und -moleküle bekanntlich darin, daß die Elektronen ihre kinetische Energie an diese abgeben und dabei die getroffenen Gebilde in je ein positives Ion und ein Elektron zerlegen können, falls deren Ionisierungsenergie kleiner ist als die kinetische Energie der stoßenden Elektronen. Ganz analog ist die Wechselwirkung beim Ionenstoß (5). Nur liegt hier infolge der größeren Masse der Ionen (wegen Gültigkeit des Impulssatzes) die kinetische Energie, bei der zum ersten Male Ionisierung eintreten kann, oberhalb der Ionisierungsspannung der getroffenen Gebilde. Ferner sind hier noch jene in Kanalstrahlen auftretenden im allgemeinen als Umladungen bezeichneten Prozesse zu erwähnen (6).

Zu der zweiten Art von Ionen-Reaktionen möchten wir alle jene Prozesse zählen, bei denen die Ursache einer Wechselwirkung zwischen Ionen und neutralen Atomen oder Molekülen *nicht* in der besonders großen kinetischen Energie der Ionen liegt. Diese Art von Ionenreaktionen, mit denen wir uns sogleich näher befassen werden, ist wohl der gewöhnlichen chemischen Reaktion neutraler Gebilde weitgehend analog.

Die oben unter 3 genannten Ionenreaktionen spielen im allgemeinen nur eine untergeordnete Rolle, weil die Konzentration der Ionen so gering ist, daß ein Zusammentreffen zweier gleichnamiger Ionen nur sehr selten stattfindet. Nur der Fall, bei dem ein positives und ein negatives Ion oder Elektron zusammentrifft, gewinnt Bedeutung, weil hierbei ein neutrales Gebilde entstehen kann und dadurch dem Prozeß der Ionenreaktion ein Ende bereitet wird.

Die Wechselwirkung, die zwischen langsam bewegten Ionen und Gasmolekülen besteht, ist nun

in letzter Zeit vor allem nach 2 Methoden genauer untersucht worden. Die eine Methode ist eine chemische. Sie untersucht den chemischen Umsatz, der in einem ionisierten Gase stattfindet und bestimmt vor allen Dingen die Ausbeute desselben, d. h. sie bestimmt die Zahl der chemischen Umsätze, die auf jedes ionisierende Gase erzeugte Ionenpaar kommt. Diese Methode bestimmt also die aus den einzelnen Ionenreaktionen resultierende gesamte chemische Veränderung des untersuchten Gases. Die andere Methode, die Methode der sog. Ionenstrahlanalyse — eine modifizierte Kanalstrahlmethode — gestattet hingegen mehr den Elementarprozeß der Ionenreaktion im einzelnen zu untersuchen.

Die erste Methode ist in letzter Zeit von S. C. LIND (7) sorgsam ausgearbeitet worden. LIND bestimmt den zeitlichen Verlauf der Reaktion, die in einem mit Radiumemanation versetzten Gasgemisch vor sich geht. Durch Druckmessungen stellt er die jeweilige chemische Zusammensetzung des Gasgemisches fest. Da ferner die durch die Radiumemanation hervorgerufene Ionisation bestimmbar ist¹⁾, so kann man aus dem jeweiligen chemischen Umsatz die Ausbeute berechnen. LIND untersuchte nun die Einwirkungen der Emanation auf folgende Gase und Gasgemische:

In einem Wasserstoff-Sauerstoffgemisch wird Wasser gebildet.

Jedes erzeugte Ionenpaar führt zur Bildung von rund 4 Wassermolekülen.

Kohlenoxyd reagiert zu Kohlensäure. Jedes Ionenpaar bewirkt den Zerfall von rund 2 Kohlenoxydmolekülen.

Kohlendioxyd erleidet überhaupt keine Veränderung, während in einem Gemische von Kohlenoxyd und Sauerstoff jedes Ionenpaar die Reaktion von 4 CO₂-Molekülen mit 2 O₂-Molekülen zu 4 Kohlendioxydmolekülen hervorruft²⁾.

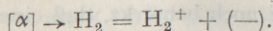
Die Versuche zeigen, daß auch bei diesen Ionenreaktionen ein ähnliches Äquivalentgesetz gilt, wie bei den photochemischen Prozessen. Die Ausbeute hat sich bisher stets größer als 1 ergeben, und dieses ist wohl dahin zu deuten, daß die ionisierende Wirkung der Teilchen nicht etwa darin besteht, daß ein Ion gebildet wird und das ionisierte Molekül sogleich zerfällt. Würde nämlich ein solcher Prozeß vor sich gehen, so würde man die gefundene Ausbeute nicht zu erklären vermögen. Die Tatsache nun, daß die Ausbeute wesentlich größer als 1 ist, deutet LIND vielmehr durch die Annahme, daß bei dem

¹⁾ Es ist nämlich die von der Radiumemanation ausgesandte Zahl der α -Teilchen bekannt und ferner auch die Zahl der von jedem α -Teilchen im Gas erzeugten Ionen.

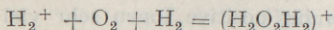
²⁾ Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Versuche natürlich nicht eine Ausbeute von genau 4 oder 6 ergeben haben. Es zeigen vielmehr die gefundenen Ausbeuten Abweichungen, die wohl auf der geringfügigen Mitwirkung verschiedener anderer Reaktionen beruhen.

Ionisationsprozeß ein positives Molekülion (d. h. ein Gasmolekül, dem ein Elektron fehlt) und ein Elektron gebildet werden, und daß dann die positiven Molekülionen sich an ein oder an mehrere Gasmoleküle anlagern und so Ionenkomplexe bilden, die sich schließlich durch Vereinigung mit einem Elektron oder einem negativen Ion neutralisieren und dabei zu neuen Molekülen zerfallen. Die Wirkung der bei dem Ionisationsprozeß gebildeten Elektronen besteht darin, daß sie einen positiven Ionenkomplex neutralisieren oder daß sie, wenn im Gasgemisch ein Gas mit starker Elektronenaffinität¹⁾ vorhanden ist, sich mit diesen Gasmolekülen zu einem negativen Molekülion vereinigen. Diese negativen Ionen reagieren dann in ähnlicher Weise weiter wie die positiven.

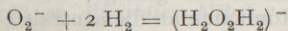
Diesen vermuteten Mechanismus der Ionenreaktion kann man sich am besten an Hand eines Reaktionsschemas darstellen. Wir nehmen dazu gleich das zur Erklärung der Wasserstoff-Sauerstoffreaktion angegebene Reaktionsschema. Bezeichnet man die Ionisation eines Moleküls H_2 durch ein α -Teilchen mit $[\alpha] \rightarrow H_2$ und führt man für das Elektron das Zeichen $(-)$ ein, so führt die Ionisation des Wasserstoffs danach zu folgenden Reaktionsschemata:



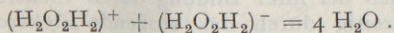
Das H_2^+ -Ion reagiert dann mit Sauerstoff und Wasserstoff nach folgendem Schema:



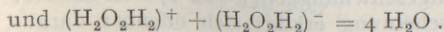
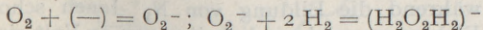
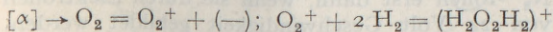
Das Elektron wird von einem Molekül O_2 gebunden $O_2 + (-) = O_2^-$ und das entstandene O_2^- -Ion reagiert mit 2 H_2 -Molekülen in folgender Weise:



und schließlich vereinigen sich die beiden Komplexe zu einem neutralen Gebilde, das in 4 Wassermoleküle zerfällt.



Ganz entsprechend geht die Reaktion bei einer Ionisation des Sauerstoffs vor sich



Es ist durchaus möglich, daß dieses soeben angegebene Reaktionsschema der Wasserbildung nicht in allen Punkten der Wirklichkeit entspricht. Zunächst ist es aber die beste Weise, die bei dieser Reaktion gefundene Ausbeute von 4 Wassermolekülen für jedes erzeugte Ionenpaar zu deuten.

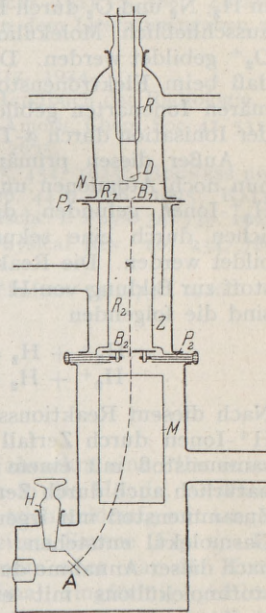
Die übrigen untersuchten Reaktionen verlaufen nach einem ganz ähnlichen Schema. Die Tatsache, daß die Ionen im Kohlendioxyd keine Reak-

¹⁾ Als Gas mit genügend großer Elektronenaffinität kommt bei den LINDSchen Versuchen nur Sauerstoff in Frage. Alle anderen verwendeten Gase haben gegenüber O_2 eine geringere Elektronenaffinität.

tion hervorrufen, beruhen vermutlich darauf, daß der sich bildende Ionenkomplex bei seiner Neutralisation wieder in CO_2 -Moleküle zerfällt.

Ob allerdings die von LIND vermuteten Schemata in allen Einzelheiten wirklich zutreffend sind, können wohl erst weitere Untersuchungen zeigen. Hier bietet sich vielleicht für die Methode der Ionenstrahlanalyse, die ja den Einzelprozeß zu kontrollieren erlaubt, ein weites Feld der Untersuchung. Auf alle Fälle scheint aber die LINDSche Untersuchung zu zeigen, daß das Wesen der chemischen Wirksamkeit der Ionen darauf beruht, daß die Ionen infolge ihrer Ladung zu Molekülkomplexen zusammenzutreten imstande sind, die sich unter gewöhnlichen Bedingungen aus neutralen Molekülen nicht zu bilden vermögen.

Mit diesen Resultaten wollen wir nun die Ergebnisse, die die Ionenstrahlanalyse bisher geliefert hat, vergleichen. Nach dieser Methode sind von verschiedenen Forschern (8) die einfachen Gase H_2 , N_2 und O_2 untersucht worden. Das Prinzip der Methode sei an Hand beistehender Figur (die aus der Arbeit KALLMANN-BREDIG entnommen ist) kurz erläutert. In dem mit dem untersuchten Gase erfüllten Raume R_1 (der Gasdruck beträgt etwa 1/1000 mm Quecksilber) werden durch beschleunigte Elektronen, die von einem glühenden Wolfram-

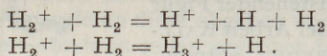


drahte herrühren, Ionen erzeugt. Die Ionen werden durch ein möglichst schwaches elektrisches Feld auf die Platte P_1 gedrückt und können durch den kleinen Schlitz B_1 in den Raum R_2 treten, in dem durch dauerndes Pumpen ein wesentlich kleinerer Druck aufrecht erhalten wird als in dem Raum R_1 . Hier werden sie durch ein zwischen P_1 und Z liegendes starkes elektrisches Feld beschleunigt und treten dann durch ein Blendensystem in den Raum M ein, in dem sie durch ein senkrecht zur Zeichnungsebene gerichtetes magnetisches Feld in der in der Figur gezeichneten Weise abgelenkt werden. Treffen die Ionen auf dem Auffänger A eines Elektrometers auf, so werden sie dort elektrisch registriert. Aus der Größe des elektrischen und magnetischen Feldes und aus der Ablenkung läßt sich dann in bekannter Weise der $\frac{e}{m}$ Wert der Ionen bestimmen (e Ladung der Ionen, m Masse der Ionen).

Sobald nun die Elektronen im Raum R_1 eine genügende kinetische Energie besitzen, bilden sie

in dem oberen Raum Ionen, und man stellt dann auf die oben geschilderte Weise fest, daß im allgemeinen verschiedene Ionensorten gebildet werden. Es ist nun von Wichtigkeit, daß man unterscheiden kann, welche Ionen primär durch Elektronenstoß und welche sekundär durch Reaktion der primär gebildeten Ionen mit den neutralen Gasmolekülen entstehen. Variiert man nämlich in dem Raume R_1 den Druck, so ist es augenscheinlich, daß die Anzahl der sekundären Ionen im Verhältnis zu der Anzahl der primären Ionen mit abnehmendem Druck abnehmen muß. Diejenigen Ionen, deren relative Intensität also mit verschwindendem Druck immer größer wird, sind primär gebildete Ionen. Auf diese Weise hat man festgestellt, daß in H_2 , N_2 und O_2 durch Elektronenstoß primär fast ausschließlich Molekülionen wie H_2^+ , N_2^+ und O_2^+ gebildet werden. Diese Versuche zeigen also, daß beim Elektronenstoß offenbar dieselben primären Ionenarten gebildet werden, die LIND bei der Ionisation durch α -Teilchen annimmt.

Außer diesen primären Ionenarten hat man nun noch Atomionen und beim Wasserstoff auch H_3^+ -Ionen gefunden, die sicherlich im wesentlichen durch eine sekundäre Ionenreaktion gebildet werden. Die Reaktionen, die beim Wasserstoff zur Bildung von H^+ und H_3^+ führen können, sind die folgenden



Nach diesem Reaktionsschema entstehen also die H^+ -Ionen durch Zerfall des H_2^+ -Ions beim Zusammenstoß mit einem H_2 -Molekül. Sie können natürlich auch durch Zerfall des Molekülions beim Zusammenstoß mit irgendeinem anderen fremden Gasmolekül entstehen. Die H_3^+ -Ionen entstehen nach dieser Annahme durch Reaktion des Wasserstoffmolekülions mit einem neutralen Wasserstoffmolekül. Es ist aber auch möglich, daß die sekundär gebildeten H^+ -Ionen selbst erst durch tertiäre Reaktion mit einem H_2 -Molekül zur Bildung von H_3^+ nach folgendem zweiten Schema führen: $H^+ + H_2 = H_3^+$.

Man kann nun auch noch unterscheiden, welche von diesen beiden Annahmen wohl die richtige ist. Geht nämlich die Bildung des H_3^+ -Ions auf die zuerst beschriebene Art und Weise vor sich, so hat man zu erwarten, daß dann das Intensitätsverhältnis¹⁾ H_3^+ zu H^+ unabhängig vom Gasdruck wird, solange keine fremden Gase anwesend sind. Erfolgt die Reaktion jedoch nach dem 2. Schema, so hat man zu erwarten, daß das Intensitätsverhältnis H_3^+ zu H^+ mit wachsendem Drucke zunimmt, und zwar, wie die nähere Betrachtungsweise zeigt, wenigstens bei genügend hohen Drucken ungefähr proportional mit dem Drucke. Wir haben in letzter Zeit diese Frage besonders studiert und gefunden, daß bei hohen Drucken, bei denen eine Störung durch Fremdgase am leichtesten zu

vermeiden ist, das Intensitätsverhältnis H_3^+ zu H^+ keineswegs konstant ist, sondern mit dem Drucke anwächst. So stieg z. B., als wir von einem H_2 -Druck von $8 \cdot 10^{-3}$ auf einen Druck von $80 \cdot 10^{-3}$ gingen, das Intensitätsverhältnis H_3^+ zu H^+ auf ungefähr den 10fachen Wert. Wie man sieht, hat also eine starke Änderung mit dem Drucke stattgefunden und man möchte daraus schließen, daß die Reaktion wohl nach dem 2. Schema vor sich geht.

Man kann aus den soeben beschriebenen Versuchen auch noch über die Wahrscheinlichkeit einer Reaktion bei einem Zusammenstoß eines Ions mit einem Gasmolekül, wenigstens größenordnungsmäßig, etwas aussagen. Aus unseren Versuchen ergibt sich nämlich, daß der Zerfall des H_2^+ -Molekülions nicht bei jedem Zusammenstoß eines solchen Ions mit einem Gasmolekül stattfindet, sondern, daß allerhöchstens jeder 50. Zusammenstoß zu einer Dissoziation des H_2^+ -Ions führt.

Macht man für die Bildung von H_3^+ die Reaktion $H^+ + H_2$ verantwortlich, so muß man aus dem gemessenen Intensitätsverhältnis für diese Anlagerungsreaktion hingegen schließen, daß fast jeder Zusammenstoß zu einer Bildung von H_3^+ führt.

Ferner sei noch bemerkt, daß eine Anlagerung von Elektronen am Wasserstoff auch bei ganz kleinen Elektronengeschwindigkeiten nicht gefunden wurde. Es ist also die Affinität des H_2 -Moleküls für positive Ionen sehr viel größer als für Elektronen.

Die Untersuchungen in Stickstoff und Sauerstoff (9) haben nur eine Bildung von Stickstoff- und Sauerstoffatomionen gezeigt; aber keine Anlagerung der Atomionen an die neutralen Gasmoleküle. Dabei wurde gefunden, daß eine Dissoziation des Stickstoffmolekülions und des Sauerstoffmolekülions erst dann eintritt, wenn den gebildeten Molekülionen bei ihrer Bildung durch Elektronenstoß gleichzeitig durch das stoßende Elektron noch mehr Energie, als bloß zu ihrer Ionisierung benötigt wird, hinzugefügt wird. So dissoziieren die N_2^+ -Ionen erst dann, wenn sie durch Elektronen von 24 Volt Geschwindigkeit gebildet werden, während die Bildung von N_2^+ -Ionen schon bei Elektronengeschwindigkeiten von 17 Volt einsetzt. Diese Erscheinung erklärt sich offenbar daraus, daß die Dissoziationsarbeit des N_2 -Moleküls relativ groß ist und daher auch das N_2^+ -Ion erst nach Aufnahme von weiterer Energie zu dissoziieren vermag (10). Beim Wasserstoff wurde ein solcher Effekt nicht gefunden, weil offenbar das H_2^+ -Ion schon bei sehr geringer Energiezuführung zu zerfallen vermag.

Vergleicht man nun die Resultate, die man nach der Methode der Ionenstrahlanalyse erhalten hat, mit den LINDSchen Ergebnissen, so zeigt sich, daß im Gegensatz zu der LINDSchen Auffassung sehr wohl Dissoziation der gebildeten Molekülionen eintreten kann, ja daß dieses sogar unter geeigneten Bedingungen der weitaus überwiegende Prozeß

1) Dabei ist die Intensität des Ionenstromes ein Maß für die Zahl der gebildeten Ionen.

ist. Bei der Ionisation von H_2^+ ist nach diesem Versuch sicherlich die Bildung von Atomionen und H_3^+ -Ionen der maßgebende Prozeß. Bei den anderen Ionenarten könnte vielleicht die Tatsache, daß die Molekülionen erst nach der Aufnahme von einigen Volt Energie dissoziieren können, die Bildung von Komplexionen erleichtern.

Wir glauben aber trotzdem nicht, daß diese Ergebnisse im direkten Widerspruch zu den LINDSCHIEN Resultaten stehen. Da nämlich, wie wir gesehen haben, der Zerfall des Moleküls nicht durch jeden Zusammenstoß herbeigeführt wird, sondern, da das Molekül eine ganze Reihe von Zusammenstößen überdauern kann, so wäre es gut denkbar, daß bei Zusatz eines Gases, das z. B. sehr leicht mit H_2^+ Komplexionen bildet, doch eine solche Komplexbildung, die praktisch allein vor sich gehende Reaktion ist, weil sie schneller vor sich geht als der Zerfall.

Wir wollen daher zum Schluß noch zwei Versuche erwähnen, die für eine solche Möglichkeit zu sprechen scheinen. In Kanalstrahlen ist ein Ionenkomplex H_4^+ , wenn auch von geringer Intensität, gefunden worden. Und ferner ergab sich bei unseren Versuchen, daß bei Zusatz von etwas Wasserdampf zum Wasserstoff die Intensität der Wasserstoffionen sehr stark zurückging und sich offenbar

dabei Komplexionen zwischen Wasser und Wasserstoff bildeten. Eindeutig würden sich diese Fragen aber erst durch eine weitere Ausdehnung der Versuche mit der Ionenstrahlanalysemethode entscheiden lassen.

Literatur:

- 1) HABER und ZISCH, Zeitschr. f. Phys. 9, 302. 1922.
- 2) KAUTSKY und ZOCHER, Zeitschr. f. Phys. 9, 267. 1922; POLANYI und BEUTLER, Naturwissenschaften 13, 711. 1925; 14, 164. 1926; FRÄNZ und KALLMANN, Zeitschr. f. Phys. 34, 924. 1925; H. F. BONDHOEFFER, Zeitschrift f. physik. Chemie 116, 391.
- 3) HABER und JUST, Physikal. Zeitschr. 12, 1035. 1911; Ann. d. Phys. 36, 308. 1911.
- 4) FRANCK, Physikal. Zeitschr. 1921, S. 388. Zusammenfassender Bericht, in dem Literaturangaben zu finden sind.
- 5) Zeitschr. f. Phys. 25, 312. 1924.
- 6) WIEN, Kanalstrahlen. Handbuch der Radiologie.
- 7) S. C. LIND, Journ. of the Americ. Chem. Soc. 41, 531; 45, 2585; 46, 2003; 47, 2675.
- 8) SMYTH, Physical Rev. 25, 452. 1925; HOGNESS und LUNN, Physical Rev. 26, 44 u. 786. 1925; KALLMANN und BREDIG, Zeitschr. f. Phys. 34, 736. 1925.
- 9) HOGNESS und LUNN, Physical Rev. 26, 234, 786. 1925.
- 10) SPONER, Naturwissenschaften 14, 275. 1926.

Merkmal und Erbanlage.
(*Ipomoea imperialis reduplicata*.)

Von C. CORRENS, Berlin-Dahlem.

Beim Beginn meiner Untersuchungen über die Buntblättrigkeit der *Ipomoea imperialis* der Gärtner (wohl zu *Pharbitis Nil* L. gehörig) fiel

mir vor mehr als einem Jahrzehnt eine Pflanze mit ganz eigenartigen Blüten in die Hände. Gewöhnlich ist die Blumenkrone trichterförmig mit langer, schlanker Röhre und breitem Saume (Fig. 1). Bei dem erwähnten Individuum aber war die Kronröhre fast immer zweimal ringförmig gefaltet.

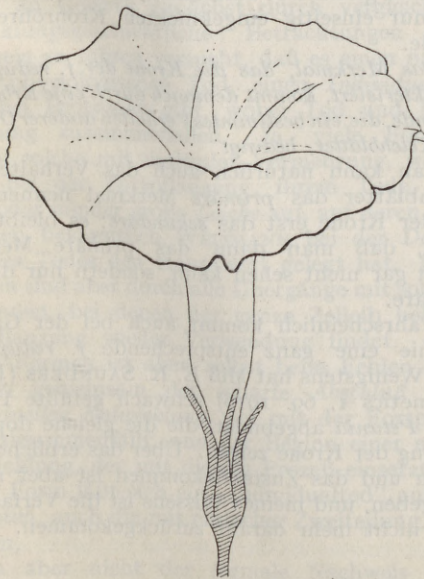


Fig. 1. Blüte der normalen *Ipomoea imperialis*, etwas verkleinert.

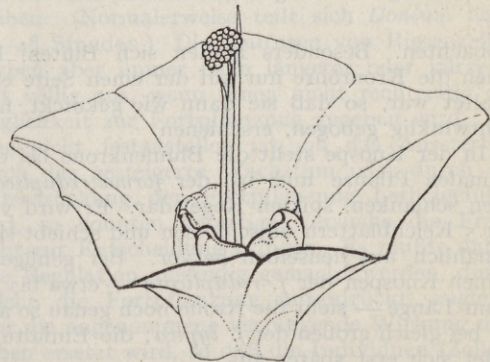


Fig. 2. Aufsicht auf eine Blumenkrone der *forma reduplicata*. Die Staubbeutel sind von den Staubfäden entfernt; in ihrer Mitte der Griffel mit der kopfigen Narbe. Sehr wenig vergrößert.

Fig. 2 zeigt das Verhalten rascher und besser als eine längere Beschreibung; als Ergänzung mag Fig. 3 dienen, die einen Längsschnitt durch den

unteren Teil einer entfaltungsreifen Blütenknospe schwach vergrößert darstellt.

Die Form stellte sich als eine erbliche Sippe heraus. Sie kommt nach Selbstbefruchtung konstant wieder, ist gegenüber der normalen Sippe recessiv und spaltet bei Selbstbefruchtung des Bastardes wieder heraus. Um eine kurze Bezeichnung zu haben, habe ich sie in meinen Notizen *forma reduplicata* getauft. Diesen Namen soll sie auch weiterhin führen. Auf die Vererbungserscheinungen gehe ich an dieser Stelle nicht weiter ein. Es ist das *Verhältnis von Merkmal und Erbanlage*, auf das ich hier die Aufmerksamkeit lenken möchte.

Es war mir von vornherein schwer vorstellbar, wie eine Anlage direkt das sichtbare Merkmal, die ringförmige, doppelte Einfaltung der Kronröhre, bewirken sollte. Dazu konnte ich gelegentlich allerlei unvollkommene reduplizierte Zustände

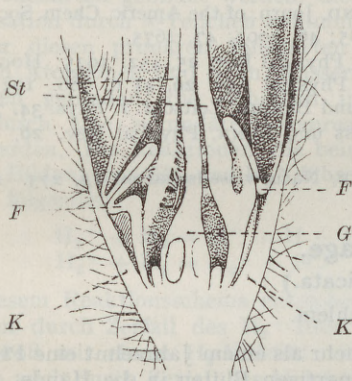


Fig. 3. Längsschnitt durch den unteren Teil einer entfaltungsreifen Knospe der *forma reduplicata*. K, K Kelchblätter, FF die Falte der Krone, St die Staubfäden, G der Fruchtknoten mit dem Griffel. Etwa 4mal vergrößert.

beobachten. Besonders fanden sich Blüten, bei denen die Kronröhre nur auf der einen Seite eingefaltet war, so daß sie dann wie geknickt, fast rechtwinklig gebogen, erschienen.

In der Knospe stellt die Blumenkrone bei der normalen Pflanze und bei der *forma reduplicata* einen schlanken, spitzen Kegel dar. Er wird von den 5 Kelchblättern umschlossen und schiebt sich allmählich aus denselben hervor. Bei genügend kleinen Knospen der *f. reduplicata* — etwa bis zu 8 mm Länge — sieht die Krone noch genau so aus wie bei gleich großen der *f. typica*; die Einfaltung bildet sich erst später aus.

Es machte mir nun ganz den Eindruck, als ob bei der normalen Sippe die Kelchblätter dem Hervorschieben der Krone keinen wesentlichen Widerstand entgegengesetzten, die Kronröhre sich

also frei strecken könnte. Bei der *f. reduplicata* schlossen sie dagegen fester zusammen, so fest, daß die Streckung der eingeschlossenen Kronröhre gehemmt würde. Da sie trotzdem weiter wächst, schiebt sie sich ringförmig zusammen, bis schließlich der Widerstand der Kelchblätter doch überwunden wird.

Ob diese Vorstellung über das Zustandekommen der Reduplikation richtig sei, ließ sich auf zwei verschiedenen Wegen prüfen. Man konnte einerseits bei Blütenknospen der normalen Sippe durch Druck von außen, etwa durch festes Umwickeln mit Bast, den Schluß der Kelchblätter stärker machen, als er gewöhnlich ist, und hatte dann an *Typica*-Pflanzen *Reduplicata*-Blüten zu erwarten. Diese Versuche führten nicht zum Ziel; sie wurden auch sehr bald aufgegeben, weil der zweite Weg einen vollen Erfolg brachte. Er bestand darin, daß bei der *f. reduplicata* an genügend jungen Knospen (die noch keine Einfaltung der Kronröhre zeigten) mit großer Sorgfalt die Kelchblätter abpräpariert wurden bis zum Grunde. Dann entwickelte sich die Krone weiter, aber ihre Röhre blieb glatt und schlank wie bei der *f. typica*; die *f. reduplicata* trägt jetzt *Typica*-Blüten. Die Kelchblätter sind demnach für die Ausbildung der Blumenkronröhre verantwortlich.

Daß die Faltung immer im unteren Teil der Blumenkrone, in der Röhre, eintritt (dort aber nicht immer an genau der gleichen Stelle) und nicht weiter oben, etwa gar im Saum, hängt damit zusammen, daß der obere Teil der kegelförmigen Knospe aus den eingeschlagenen und umeinander gewickelten Kronzipfeln besteht, so daß die Spitze des Kegels viel fester, fast solid ist. — Schließen die Kelchblätter nicht rundherum gleich lang und gleich fest zusammen, so kommen Blüten mit nur einseitig eingeknickten Kronröhren zustande.

Das Merkmal, das die Krone der *f. reduplicata* charakterisiert, kommt demnach durch eine Erbanlage zustande, die ein bestimmtes Verhalten anderer Organe, der Kelchblätter, bedingt.

Man kann natürlich auch das Verhalten der Kelchblätter das primäre Merkmal nennen und das der Krone erst das sekundäre; es bleibt aber dabei, daß man dann das primäre Merkmal direkt gar nicht sehen kann, sondern nur das sekundäre.

Wahrscheinlich kommt auch bei der Garten-Petunie eine ganz entsprechende *f. reduplicata* vor. Wenigstens hat Miß E. R. SAUNDERS (Journ. of genetics 1, 69. 1910) schwach gefüllte Blüten einer *Petunia* abgebildet, die die gleiche doppelte Faltung der Krone zeigen. Über das erbliche Verhalten und das Zustandekommen ist aber nichts angegeben, und meines Wissens ist die Verfasserin auch nicht mehr darauf zurückgekommen.

Über experimentelle Unsterblichkeit von Protozoen-Individuen.

Von M. HARTMANN, Berlin-Dahlem.

Das Problem der sog. potentiellen Unsterblichkeit der Einzelligen, das AUGUST WEISMANN durch seinen berühmten Aufsatz vom Jahre 1882 aufgeworfen und das seitdem eine reiche experimentelle Bearbeitung erfahren hatte, war durch Versuche an der Volvocinee *Eudorina elegans* rein sachlich im Sinne WEISMANN'S entschieden worden. Dieses Flagellat wurde im Laufe von 10 Jahren rein agam über 3500 Generationen bei gleicher Teilungsrate gezüchtet, ohne daß aus inneren Gründen in den späteren Generationen sog. physiologische Degenerationen und Depressionen auftraten (HARTMANN 1921). Mit WEISMANN kann man daher annehmen, daß bei den Protozoen Assimilation, Wachstum und Teilung ungehindert ad infinitum weiter gehen können.

Dagegen ist es nicht zugänglich, mit WEISMANN diese Fähigkeit der Einzelligen als „Unsterblichkeit“ zu bezeichnen und den Protozoen ein Altern und einen physiologischen Tod abzusprechen. Diese Begriffe, die ursprünglich für die Verhältnisse der höheren Tiere geprägt und die hier eng mit dem Begriff der „Individualität“ verknüpft sind, wurden nämlich bei den Protozoen von WEISMANN und seinen Nachfolgern unbedenklich auf Generationsreihen, also ganze Folgen von Individuen, von einer Geschlechtsgeneration zur anderen übertragen. Einen Tod kann es aber nach dem Sinne, der diesem Begriff innewohnt, nur bei Individuen geben; nur hier hat die Frage nach Tod und Unsterblichkeit eine Berechtigung.

Ich hatte nun schon früher mehrmals im Anschluß an GOETTE zunächst durch vergleichend entwicklungsgeschichtliche Betrachtungen den Nachweis zu führen versucht, daß es einen natürlichen physiologischen Tod, einen *Individualtod*, auch bei Protozoen gibt, wobei Tod und Fortpflanzung zusammenfallen. Ja, viele Formen, speziell solche mit multipler Vermehrung, weisen sogar bei der Fortpflanzung, ihrem Tode, eine mehr oder minder große *Leiche* auf, auf deren Vorkommen bekanntlich WEISMANN bei der Definition des Todes den Hauptwert gelegt hat. Diese Formen sind aber durch alle Übergänge mit solchen verbunden, bei denen der ganze Zelleib bei der Fortpflanzung wieder Verwendung findet. Allen diesen Formen ist aber, selbst beim Fehlen einer *Leiche*, gemeinsam der scharfe *Abschluß einer individuellen Entwicklung*, der mit der Fortpflanzung zusammenfällt, und der Beginn einer neuen Entwicklung, der mit diesem Prozeß einsetzt. In dieser Form läßt sich ein „*Individualtod*“ auf alle Protisten, auch die mit einfacher Zweiteilung, ausdehnen.

Da aber nicht der formale Nachweis eines physiologischen Todes das wesentliche physiologische Problem ist, sondern die Frage nach einem *individuellen Altern*, so habe ich es für richtig ge-

halten, um nicht in bloßen Wortstreitigkeiten und Begriffsspaltereien stecken zu bleiben, das hier vorliegende Problem in eine scharf formulierte physiologische Fragestellung zu bringen, die experimentell geprüft werden kann. Dieselbe lautet: „*Ist es möglich, geschlossene biologische Systeme dauernd in Assimilation und Wachstum zu halten ohne Alters- und Degenerationserscheinungen und ohne Reduktion des Systems durch Teilung und sonstige Regulierung?*“ Oder anders ausgedrückt: *Sind mit der Assimilation und dem Wachstum auch bei Protisten, die sich nur durch Zweiteilung vermehren, fortschreitende Entwicklungsvorgänge, also ein Altern, verbunden, und bedeutet die Fortpflanzung bzw. die Zellteilung bereits eine Verjüngung dieser Systeme?* Daran hätte sich noch die andere Frage anzuschließen: *Ist es möglich, die verjüngende Wirkung der Fortpflanzung durch eine andere Regulation des Systems zu ersetzen?*“

Ich habe nun bereits in früheren Mitteilungen über eine Methode und Versuche berichtet, durch die eine Beantwortung der letzten Fragestellung möglich ist. Diese setzt zwar bis zu einem gewissen Grade die Beantwortung der ersten, und zwar im Sinne einer verjüngenden Wirkung der Fortpflanzung, voraus; immerhin werden Versuche, die sich nur mit der experimentellen Prüfung der letzten Frage befassen, unter Umständen auch eine Beantwortung der ersten bereits in sich schließen. Es war nun zwar möglich, wie Versuche an Volvocineen (spez. *Gonium sociale*) gezeigt haben, die Fortpflanzung zu unterdrücken und die Zellen dauernd in Assimilation und Wachstum zu erhalten, wobei Riesenzellen von vierfach größerem Durchmesser entstehen, die wochenlang am Leben bleiben. (Normalerweise teilt sich *Gonium* nach 24—48 Stunden.) Die Kulturen von Riesenzellen sterben aber immer nach längerer oder kürzerer Zeit völlig aus, wenn ihnen nicht rechtzeitig die Möglichkeit zur Fortpflanzung gegeben wird. Da aber nicht festzustellen ist, ob das Aussterben durch das gesteigerte Wachstum oder durch die Unterdrückung der Fortpflanzung herbeigeführt wird, so konnten derartige Versuche die Frage nicht zur Entscheidung bringen. Es mußte daher eine Regulation ausfindig gemacht werden, durch welche die Fortpflanzung unterdrückt, zugleich aber die angenommene verjüngende Wirkung derselben ersetzt wird, so daß die Individuen (Zellen) dauernd am Leben, dauernd in Assimilation und Wachstum erhalten werden können. Eine solche Möglichkeit ergab sich durch fortgesetzte Amputationen mit nachfolgender Regeneration.

Man hatte angenommen (und Versuche von POPOFF und WOODRUFF sprechen sehr dafür), daß die Anhäufung von Exkretstoffen der Tiere selbst Depressionen, also Alterserscheinungen, hervorrufen. Bei gesteigertem Wachstum müßten

sich daher mehr Exkretstoffe in den Organismen ansammeln, da die Oberfläche im Verhältnis zur Masse immer mehr verringert würde und die vermehrten Exkretstoffe aus den Organismen selbst nicht genügend entfernt werden könnten. Wenn diese Auffassung richtig war, dann mußte sich durch eine künstliche Verkleinerung der biologischen Systeme vor Eintritt der natürlichen Teilung eine verjüngende Wirkung erzielen und die Fortpflanzung bei dauerndem Wachstum ausschalten lassen.

Derartige Versuche wurden mit dem erwarteten Resultat an Strudelwürmern (*Stenostomum leucops*), Infusorien (*Stentor coeruleus*) und verschiedenen Amöbenarten durchgeführt. Die an den Amöben ausgeführten Versuche sind insofern für unser Problem wichtiger, als es sich hier um einkernige Zellen handelt, die Frage daher eindeutig zu beantworten ist, während bei den vielzelligen Würmern und dem vielkernigen Infusor *Stentor* regulierende Zell- und Kernteilungen nicht ausgeschlossen werden können. Nachdem schon früher mit *Amoeba polyppodia* ein solcher Versuch über einen Monat durchgeführt wurde, der aber durch eine Hitzewelle frühzeitig ein Ende fand, konnten im letzten Jahre mit einer anderen Amöbenart die Versuche in viel sicherer Weise mehrere Monate hindurch ausgeführt werden.

Die Amöbe, die zu den neuen Versuchen diente, ist die bekannte *Amoeba proteus* oder eine ihr jedenfalls sehr nahestehende Form. Sie wurde in Knopflösung von 0,01% im Thermostat bei 21° kultiviert. Als Futter dienten *Gonium sociale*, sowie *Stentor Röseli*. Die Amöbe gedeiht zwar auch allein bei Goniumfutter, auf die Dauer aber nicht so gut und gleichmäßig. Bei gleichzeitiger Beigabe von *Stentor*, wobei sich derselbe von *Gonium* nährt, läßt sich dagegen die Amöbe vorzüglich züchten. In dieser dreigliedrigen Zucht teilt sie sich ziemlich regelmäßig jeden zweiten Tag. Die Operationen wurden in der Regel nicht jeden zweiten Tag, sondern der größeren Sicherheit wegen, um ja nicht den richtigen Zeitpunkt der Operation vor Beginn der ersten Anzeigen der Teilung zu versäumen, täglich vorgenommen, und nur kleinere Stücke des Plasmaleibes unter der Binokularlupe mit einem feinen Augenoperationsschneidmesser abgeschnitten. Die Amöben wurden zuvor entweder in frische Nährlösung überführt oder aber vom Boden der Kulturschale, auf dem sie fest angeheftet sitzen, losgelöst. In beiden Fällen bilden sie nach kurzer Zeit eine größere Anzahl von Lobopodien in der für die *Amoeba proteus* charakteristischen Weise. Nur die Pseudopodien wurden dann abgeschnitten. Man war dadurch ziemlich sicher, bei der Operation nicht den Kern, der im Entoplasma liegt, zu schädigen. Auf diese Weise gelang es, mehrere Serien von Amöben durch tägliche Amputation mit nachfolgender Regeneration monatelang hindurch ohne Teilung von Kern und Plasma dauernd am Leben, dauernd in Assimilation und Wachstum zu erhalten. So

wurden z. B. in der Serie IX vom 14. Oktober 1925 bis zum 21. Februar 1926 die Amöben durch 130 Operationen ohne Teilungen am Leben erhalten. Da die Schwesterzellen während dieser Zeit 65 Teilungen durchgemacht haben, ist also das Leben dieser Amöbenindividuen gegenüber dem ihrer Schwesterzellen um das 65fache durch den Versuch verlängert worden. Nach der 130. Operation wurden sie sich selbst überlassen und teilten sich dann in ganz normaler Weise in gleichmäßigem Rhythmus. Assimilation, Wachstum und Teilungsrhythmus sind also am Ende des Versuches die gleichen wie am Anfang. Andere Serien wurden durch 120 oder 123 Operationen ungeteilt erhalten und zeigten dann auch noch den gleichen Teilungsrhythmus. In einer weiteren Serie erfolgten nach der 52. Operation infolge Überfütterung nach vorausgegangenem Hungern unbeabsichtigte Teilungen; nach denselben wurden die Amöben wieder durch 100 Operationen ungeteilt erhalten und teilten sich danach wieder in normaler Weise.

Man darf wohl nach dem Ausfall und der langen Zeit der Durchführung dieser Versuche ohne weiteres annehmen, daß bei längerer Durchführung die Amöbenindividuen in derselben Weise potentiell ad infinitum ohne Teilung ungestört in Assimilation und Wachstum erhalten werden können. Im Gegensatz zu WEISMANN'S potentieller Unsterblichkeit der Protozoengenerationen ist hiermit eine experimentelle *Unsterblichkeit von Protozoenindividuen* aufgezeigt. Zugleich scheint mir durch diese Versuche bewiesen, daß mit der Assimilation und dem Wachstum fortschreitende Entwicklungsvorgänge, Alterserscheinungen, verbunden sind, die normalerweise durch die Fortpflanzung aufgehoben werden. Durch die Fortpflanzung (Zellteilung) geschieht nämlich normalerweise das gleiche wie in den Versuchen: Die mit dem Wachstum verbundene, auf die Dauer schädigende Übergröße der Zelle wird reduziert, so daß Assimilation und Wachstum ungehindert weitergehen können. Andererseits zeigen die Amputationsversuche, daß die Fortpflanzung selbst ohne Störung ausgeschaltet werden kann und daher in den oben erwähnten *Gonium*-versuchen das Riesenwachstum und nicht die Hemmung der Fortpflanzung für das Absterben verantwortlich gemacht werden kann.

Eine derartige Verlängerung des individuellen Lebens, eine individuelle potentielle Unsterblichkeit ist natürlich nur im Experiment möglich und kommt in der Natur nicht vor. Unter natürlichen Lebensbedingungen wachsen eben die Organismen, entwickeln sich und pflanzen sich fort, oder aber, wenn die Assimilation zu gering ist, hungern sie, degenerieren und sterben schließlich.

Ob wir die mit der Fortpflanzung zum Abschluß kommende individuelle Entwicklung eines Protozoenindividuums „Tod“ nennen, ist völlig gleichgültig (in der Praxis werden wir es natürlich meist nicht tun). Wir können sogar ruhig den Begriff des Todes auf Vorgänge beschränken, bei

denen eine Leiche auftritt, aber nicht beschränken dürfen wir darauf die Anwendung des Altersbegriffes, da wir dadurch zugleich eine Grenze zwischen biologischen Vorgängen aufrichten, zwischen denen keine Grenze vorhanden ist, und den Blick vom Wesentlichen auf das Unwesentliche

lenken. Dadurch weist man Probleme ab, die nun einmal in den lebenden Systemen vorhanden sind und die trotz allen Abweizens immer wieder auftreten werden, und verbaut sich zugleich den tieferen Einblick in die eigentlichen physiologischen Ursachen des Alterns.

Neue Ergebnisse der Celluloseforschung im Lichte der NÄGELISCHEN Micellartheorie.

Von KURT HESS, Berlin-Dahlem.

C. v. NÄGELI (1) hat eine Theorie über den Aufbau organisierter Gebilde, wie Stärkekörner, Cellulosemembrane und solcher, die aus „eiweißartigen, leimgebenden, elastischen, hornartigen oder anderen Substanzen“ bestehen, entwickelt. Ausgehend von Quellungserscheinungen und mikroskopischen Beobachtungen an Stärkekörnern (2), kam v. NÄGELI zu der Auffassung, daß derartige Gebilde nicht unmittelbar aus den Molekülen bestehen, sondern daß diese zunächst zu *Molekülgruppen* zusammengeschlossen seien, die ihrerseits das organisierte Gebilde nicht kontinuierlich erfüllen, sondern Raum lassen, um sich in wassergequollenem Zustand mit Wasserhüllen zu umgeben. Die Molekülgruppe nannte v. NÄGELI *Micelle*.

So finden wir schon bei C. v. NÄGELI eine Unterscheidung zwischen Molekül und Molekülverband, mit der er das offenbar gleichartige Sonderverhalten all dieser wichtigen Naturstoffe zu umfassen versuchte.

Die Gegenüberstellung von Molekül und Molekülverband (*Micelle*) wird bei NÄGELI deutlich durch den Vergleich der fraglichen Stoffe mit dem wasserlöslichen Rohrzucker: im Gegensatz zu Rohrzucker, der durch Wasser bis zu den Einzelmolekülen aufgelöst werde, können die organisierten Körper in einer geeigneten Lösungsflüssigkeit nur in die *Micellen* zerfallen. „Die Ursachen für den letzteren Vorgang sind die nämlichen wie für den ersteren. Da aber die *Micellen* . . . untereinander einen weniger festen Zusammenhang haben als die Moleküle . . . , so ist es begreiflich, daß die Lösungsursachen sich schon mächtig genug erweisen, um *Micellen* von einem Körper loszutrennen und eine *Micellarbildung* zu lösen, während sie noch viel zu schwach sind, um die *Micelle* in die Moleküle zu zerlegen und eine *Molekularlösung* herzustellen“.

Der Vergleich mit dem Rohrzucker lehrt, daß C. v. NÄGELI für den Zusammenschluß der Moleküle in der *Micelle* grundsätzlich die gleichen Kräfte annahm, die auch im Rohrzuckerkrystall zwischen den Molekülen wirksam sind. Diese Annahme entsprach der Auffassung einer krystallinen Struktur der *Micelle*, die NÄGELI aus den anisotropen Eigenschaften der natürlichen Gebilde gefolgert hatte. NÄGELI machte sich auch Gedanken über die Ursache der verschiedenartigen Löslichkeit von Rohrzucker und den nur micellarlöslichen Stoffen, wie beispielsweise Stärke und Cellulose: für eine nur micellare Auflösung könnte die Ursache die

geringe Verwandtschaft der Stoffe zum Lösungsmittel sein, die größere Kohäsion der Moleküle zueinander oder schließlich schwächere Bewegungszustände infolge hohen Gewichtes des Einzelmoleküles.

Die Chemiker haben sich nur wenig um die NÄGELISCHEN Vorstellungen gekümmert. Man neigte hier von organisch-chemischer Seite von jeher nicht dazu, sich in die von NÄGELI entworfene Aufbaumöglichkeit der in Frage stehenden Substanzen durch Molekülgruppen zu vertiefen, sondern hielt mit einer verschwindenden Ausnahme (3) die NÄGELISCHEN Molekülgruppen für Einzelmoleküle im Sinne der klassischen Strukturchemie, also im Falle der Stärke und Cellulose für chemisch komplizierte Gebilde zahlreicher, durch Kondensation verknüpfter (*Glucosidbindung*) Glucosemoleküle, die nur durch *Hydrolyse* wieder voneinander getrennt werden können. Von H. PRINGSHEIM (4) war diese Vorstellung für die Stärke durch eine andere ersetzt worden. Hiernach sollte der Aufbau dieser Großmoleküle nicht ausschließlich im Sinne glucosidischer Verknüpfung, sondern zu einem wesentlichen Teil durch Wirkung von Restaffinitäten im Sinne ALFRED WERNERS zu denken sein, die von gewissen *Ringgebilden* glucosidisch verknüpfter Zucker ausgehen sollten. Danach würden die Stärkemzellen als Verbindungen höherer Ordnung aufzufassen sein.

Auf Grund einer eingehenden Untersuchung über die Vorgänge bei der Auflösung der Cellulose in Kupferamminlösung wurde diese Anschauung für die Cellulose unwahrscheinlich (5). Wir fanden, daß sich die Cellulose Kupferamminlösung gegenüber wie ein niedermolekulares Kohlenhydrat verhält. Es ließ sich für die Lösungen sehr wahrscheinlich machen, daß die mit Kupfer reagierenden strukturchemischen Moleküle von der Größe eines Glucoseanhydrides ($C_6H_{10}O_5$) sind. Die Versuche ließen keinen Raum für die Ansicht, daß höhermolekulare Struktureinheiten, wie etwa $C_{12}H_{22}O_{11}$ oder wie man auch geglaubt hat, $(C_6H_{10}O_5)_4$ am Celluloseaufbau beteiligt sind. So entfiel auch die von PRINGSHEIM für die Stärke geäußerte Ansicht einer Molekülverbindung im Sinne WERNERS, die ja nur bei Molekülgrößen in Frage kommen konnte, die ein Mehrfaches von $C_6H_{10}O_5$ sind. So folgerten wir, daß Cellulose aus $C_6H_{10}O_5$ -Molekülen besteht, deren für einen mehrwertigen Alkohol auffallende Unlöslichkeit oder Schwerlöslichkeit auf besondere Gitterkräfte zurückzuführen sei.

Betrachten wir diese Folgerung vom Standpunkt der NÄGELISchen Theorie, so besagt sie, daß die Cellulosemicellen aus $C_6H_{10}O_5$ -Molekülen bestehen, für deren molekularen Zerfall die üblichen Lösungsmittel nicht ausreichen. Kupferamminlösung indessen vermag infolge der entstehenden hydrophilen Cellulose-Kupferkomplexverbindung den Molekülverband so weit zu lockern, daß sich die Existenz von Einzelmolekülen nachweisen läßt.

In letzter Zeit wurden nun Beobachtungen gemacht, die ebenfalls, und zwar besonders übersichtlich, zu erkennen geben, daß die Cellulose in *chemischer Beziehung* ein Glucoseanhydrid mit unlöslichen oder schwerlöslichen Eigenschaften ist.

Es ist lange bekannt, daß Nitrocellulose und Acetylcellulose in vielen organischen Lösungsmitteln micellar zerfallen. Ungenügend bekannt ist die Frage, ob solche löslichen Cellulosederivate sich auch molekular in organischen Lösungsmitteln auflösen können. Nachdem es gelungen war, Di- und Tri-Acetylcellulose in gut kristallisierten Formen zu gewinnen (6), und nachdem hierdurch eine gewisse Gewähr für die chemische Einheitlichkeit der Cellulose beigebracht werden konnte (7), haben wir alte Versuche wieder aufgenommen, um auf kryoskopischem Wege das Lösungsvermögen zu prüfen, und hierfür zunächst Acetylcellulosen in Eisessiglösung untersucht. Dabei hat sich gezeigt, daß der Eisessig, und zwar im Bereiche *niederer* Konzentrationen, ein ausgezeichnetes Lösungsmittel für Acetylcellulosen ist. Nach anfänglichen Schwierigkeiten, die schließlich auf eine Störung der beobachteten Gefrierpunktdepressionen durch die Anwesenheit der atmosphärischen Luft zurückgeführt werden konnten, ließen sich einwandfreie Beobachtungen in einer besonderen Apparatur, bei der Luft ausgeschlossen wurde, erzielen. Es wurde festgestellt, daß sich sowohl Di- wie Tri-Acetylcellulose in Konzentrationen von 0,05 bis 0,6% monomolekular bis zu Molekülgrößen auflösen, die genau einem Glucoseanhydrid entsprechen (8). Die Tendenz zum Übergang in hochmolekulare Micellargebilde ist auch in Eisessig groß. Meist verschwindet die dem Glucoseanhydrid entsprechende Depression, nachdem sie im Verlaufe mehrerer Tage konstant geblieben war, vollständig, scheinbar regellos und oft ganz spontan, so daß man in diesem Verhalten einen grundsätzlichen Unterschied gegenüber bekannten Kohlenhydratacetat, wie Glucosepentacetat und Cellobioseoctacetat u. a., zu bemerken hat.

Besondere Beachtung verdiente die Frage, ob die Präparate, die in Eisessig den monomolekularen Zustand nachweislich durchlaufen haben, noch echter Cellulose entsprechen. Dies ist nun in der Tat der Fall. Die aus den Eisessiglösungen abgeschiedenen Präparate von Cellulosediacetat kristallisieren in denselben Nadelformen wie das zur Auflösung verwendete Präparat, das Verseifungsprodukt des aus Eisessiglösung zurückgewonnenen Acetates stimmte in seinem polarimetrischen Verhalten (9) mit dem von Fasercellulose vollkommen überein.

Berücksichtigen wir, daß Celluloseacetate mit einer Ausbeute von über 95% d. Th. aus gewachsener Fasercellulose gewonnen werden können, und berücksichtigen wir ferner, daß diese Acetate mit nur geringen Verlusten in vollständig durchkristallisierte Formen übergeführt werden können, so gewinnt folgender jetzt sichergestellter Kreislauf für die Auffassung der Cellulose ausschlaggebende Bedeutung:

Fasercellulose \rightarrow kristallisiertes Celluloseacetat \rightarrow molekular zu $C_6H_7O_5(COCH_3)_3$ bzw. $C_6H_8O_5(COCH_3)_2$ gelöst \rightarrow kristallisiertes Celluloseacetat \rightarrow Cellulose.

Wir halten das Ergebnis für grundsätzlich wichtig. Es lehrt, daß es mit Hilfe bekannter Methoden, deren physiko-chemische Grundlagen unbestritten sind, möglich ist, einen entscheidenden Einblick in den Aufbau eines natürlichen Polysaccharides zu nehmen: wir erkennen, daß im Eisessig ein Lösungsmittel vorliegt, das die im Sinne C. v. NÄGELIS in den Micellen zusammengeschlossenen Moleküle ohne weiteres zu trennen vermag.

Bei der Trennung und bei der Wiedervereinigung der Moleküle beobachtet man nicht, daß irgendeine chemische stöchiometrische Beziehung von $C_6H_{10}O_5$ -Molekülen untereinander besteht, etwa in dem Sinne, daß eine besondere Neigung zum Zusammenschluß von 2 Molekeln zu einem Zwillingsverband vorhanden wäre, so daß auch hier jeder Anhalt für das Spiel WERNERScher Koordinationsvalenzen fehlt. Man gewinnt vielmehr den Eindruck, daß es keine Kräfte sind, die wir als chemische Valenzkräfte zu bezeichnen gewohnt sind, und wie sie auch in den Verbindungen höherer Ordnung zum Ausdruck kommen, die für den Zusammenschluß unseres Glucoseanhydrids in Eisessig maßgebend sind, sondern daß es sich vielmehr um eine Art von scheinbar *regellos* wirkenden Kohäsionskräften handelt.

Das Ergebnis stützt die Folgerungen, zu denen das Verhalten der Cellulose in Kupferamminlösung Anlaß gab, und ermutigt zu der Auffassung, daß auch der Aufbau der Micellen der anderen organischen Gebilde, die C. v. NÄGELI mit seiner Theorie umfaßt, in einer grundsätzlich ähnlichen Weise erfolgt.

Literatur.

1. C. v. NÄGELI, Theorie der Gärung, S. 98 ff. München 1879.
2. C. v. NÄGELI, Stärkekekörner 1858.
3. A. G. GREEN und A. G. PERKIN, Journ. of the chem. soc. (London) 89, 811. 1906; s. besonders S. 813.
4. H. PRINGSHEIM, Ber. d. dtsh. chem. Ges. 46, 2539. 1912; 46, 2962, 2965. 1913 und spätere Mitteilungen.
5. K. HESS, Liebigs Ann. d. Chem. 435. 111. 1923.
6. K. HESS und G. SCHULTZE, Naturwissenschaften 13, 1003. 1925.
7. K. HESS und G. SCHULTZE, Liebigs Ann. d. Chem. 444. 272, 274. 1925.
8. Die Untersuchung wurde mit Herrn Dr. G. SCHULTZE durchgeführt und erscheint ausführlich in Liebigs Ann. d. Chem.
9. Vgl. K. HESS, E. MESSMER und N. LJUBITSCH, Liebigs Ann. d. Chem. 444, 287. 1925.

Über den Unterschied von links- und rechts-Milchsäure im Organismus¹⁾.

Von O. MEYERHOF und K. LOHMANN, Berlin-Dahlem.

Wie früher an dieser Stelle mitgeteilt²⁾, kann von außen dem intakten ruhenden Muskel dargebotene Milchsäure ebenso unter Atmungssteigerung in Glykogen synthetisiert werden, wie es bei der oxydativen Erholung nach der Arbeitsleistung mit der im Muskelinnern gebildeten Milchsäure geschieht. Ein solcher Umsatz zugesetzten milchsäuren Salzes findet sich nicht nur bei der Muskulatur, sondern in allen darauf untersuchten Organen, wie Hirn, Leber, Niere des Säugers, ferner auch bei der Hefezelle. Im Fall des Lebergewebes und der Hefezelle ist ebenso wie im Muskel der oxydative Verbrauch der Milchsäure mit einer bilanzmäßig nachweisbaren Zunahme des Kohlenhydrats — also einer Synthese — verknüpft.

Dieser Umstand, daß den Zellen von außen dargebotene Milchsäure ebenso umgesetzt wird wie die im Stoffwechsel gebildete, gestattet nun auch zu entscheiden, ob zwischen der bei den höheren Tieren allein vorkommenden d-Milchsäure und ihrem optischen Antipoden Unterschiede bestehen. Ein einzelner Versuch in dieser Richtung ist schon von DAKIN und DUDLEY³⁾ ausgeführt und ergab, daß beim phlorrhizin-diabetischen Hund Zufuhr von l-Lactat eine erhebliche Ausscheidung von Extrazucker bewirkt. Indessen zeigte sich bei unseren Versuchen, daß zwischen d- und l-Milchsäure beträchtliche quantitative Unterschiede bestehen. Während allerdings bei der Hefe die Atmungssteigerung durch die beiden Antipoden nur um 10—20% differiert und entsprechend auch die Kohlenstoffassimilation keine bedeutenden Verschiedenheiten aufweist, ist sowohl beim Kaltblüter-

muskel wie bei den verschiedenen Milchsäure verbrauchenden Säugetiergeweben der Unterschied beträchtlich. Die *Geschwindigkeit* des *Lactatverbrauches* und der *Zuckersynthese* im intakten Froschmuskel ist mit l-Lactat etwa 4mal langsamer als mit d-Lactat bzw. mit racemischem Lactat (zwischen letzteren beiden ist bei etwas höherer Konzentration natürlich kein Unterschied mehr zu beobachten). Ähnlich verhält sich die *Atmungssteigerung*, die mit l-Lactat oft schon in die Schwankungsbreite der Kontrollversuche fällt. Noch ausgesprochener ist der Unterschied zwischen beiden Säuren bei verschiedenen Säugetiergeweben. Im Lebergewebe bleibt die durch d-Milchsäure bewirkte beträchtliche Atmungssteigerung um nahezu 100% mit l-Milchsäure vollständig aus und eine wirkliche Kohlenhydratzunahme ist nicht mehr festzustellen, sondern höchstens ein gegenüber der Kontrolle verlangsamter Kohlenhydratschwund; auch ist der Verbrauch des Lactats nicht mehr meßbar, höchstens $\frac{1}{10}$ so groß wie der von d-Lactat. Ähnliches gilt für die graue Substanz des Gehirns, wo l-Lactat nicht meßbar verbraucht wird und nicht imstande ist, die normale Atmungsgröße aufrechtzuerhalten, wie es Glucose und ebenso das racemische Lactat vermag. Nur beim Nierengewebe fand sich eine allerdings geringfügige Steigerung der Atmung mit l-Milchsäure und ein geringer Verbrauch derselben. Die (soweit geprüft) allen Organen des Warmblüters, nicht etwa nur dem Muskel und der Leber, zukommende Fähigkeit, Milchsäure oxydativ umzusetzen, ist demnach mindestens in ihrer Geschwindigkeit von der optischen Konfiguration abhängig. Die Regel, daß im Tierkörper von zwei optischen Antipoden der eine weitgehend bevorzugt wird, ist also auch hier nicht durchbrochen.

1) Erscheint ausführlich in der Biochem. Zeitschr.

2) Naturwissenschaften 12, 1137. 1924.

3) Journ. of biol. chem. 15, 143. 1913.

Über die Bildung von Milchsäure durch die Zellen grüner Pflanzen.

Von CARL NEUBERG und GÜNTHER GORR, Berlin-Dahlem.

In großen Zügen zeigt der Stoffwechseltypus der Atmung, soweit diese an eine Spaltung von Zucker geknüpft ist, bei den heterotropen Gewächsen ein anaerobes Gepräge. Die alkoholische Gärung sowie die ihr biologisch verwandte Milchsäuregärung, die Hapterscheinungsformen der intramolekularen Atmung, dominieren bei Pilzen und Bakterien in offener Weise. Weniger durchsichtig sind die Atmungsvorgänge bei den autotrophen Pflanzen; hier überwiegt bilanzmäßig der oxybiontische Stoffumsatz, so daß wir nur auf Umwegen zu Kenntnissen vom Ablauf anaerober Geschehnisse gelangen können.

Nun weiß man seit langem, daß im Stoffwechsel tierischer Zellen und vieler Mikroorganismen die *Milchsäure* eine außerordentlich wichtige Rolle

spielt. Die Forschungen des letzten Jahrzehnts haben gelehrt, daß die Fähigkeit zur Produktion von Milchsäure eine der verbreitetsten Eigenschaften der lebenden Zelle überhaupt darstellt. Über die *Bedeutung der Milchsäure im Haushalt der höher organisierten Vegetabilien* liegen kaum Erfahrungen vor, selbst für das bloße *Vorkommen* von Milchsäure bei grünen Pflanzen sind nur dürftige und unsichere Unterlagen vorhanden.

J. STOKLASA hat vor 20 Jahren über eine Bildung von Milchsäure durch Samenpflanzen berichtet; von ihm rührt die bemerkenswerte Angabe her, daß bei der anaeroben Atmung von Zuckerrüben, Gurken, Bohnen und Kartoffeln neben Äthylalkohol und Kohlendioxyd auch Milchsäure auftritt; in komplexer Reaktion sollen bei Luftzufuhr

weiterhin Essigsäure, Ameisensäure sowie Wasserstoff, die beiden letzteren über das Methan, entstehen.

Über die Menge solcher im Atmungsprozeß erzeugten Milchsäure geben STOKLASA und seine Mitarbeiter folgende Auskunft:

0,82% Milchsäure ist der höchste gefundene Wert; er wurde bei 1 kg Gurkenmasse (als Trockensubstanz) während 100stündiger anaerober Atmung bei 20° erreicht. Aus 5—6 kg frischem Pflanzenmaterial wurden durch Auspressung unter 400 Atmosphären Druck 500 ccm zellfreier Saft erhalten, aus dem mit Alkohol-Äther 6—10 g Rohenzym niedergeschlagen wurden. 25 g dieses Fermentpräparates erzeugten innerhalb 52 Stunden aus 250 ccm 15proz. Traubenzuckerlösung bei antiseptisch geführter Gärung 0,53 g d,l-Milchsäure. Diese im Wasserstoffstrom erzielte Ausbaute sank beachtenswerterweise bei Zuleitung von Sauerstoff auf 0,13 g herab.

Etwas niedrigere Werte hat J. BODNÁR für die Milchsäure ermittelt, die bei anaerober Glykolyse durch das als trockenere Pulver abgeschiedene Enzym der Zuckerrübenwurzeln und Kartoffelknollen produziert wird.

Gleich den genannten Autoren scheint es ein Jahrzehnt später auch G. MUENK gelungen zu sein, das glykolytische Ferment von der intakten Pflanzelle abzutrennen. Er verfuhr gemäß der Vorschrift, die von NEUBERG sowie DAKIN und DUDLEY zur Gewinnung des aus Methylglyoxal Milchsäure bildenden tierischen Fermentes ausgearbeitet worden war (s. unten), und teilte mit, durch Extraktion von zerkleinerten Lupinensamen mit physiologischer Kochsalzlösung ein Enzym isoliert zu haben, das mit großer Leichtigkeit aus Stärke, Glykogen, Insulin, Traubenzucker, Galaktose, Maltose, Saccharose, namentlich aber aus Milchzucker Milchsäure bildet und gegen Antiseptica, wie Toluol oder Fluornatrium, wenig empfindlich ist.

In *Körnern* und *Pflanzensäften*, z. B. bei Gerste, Mais, in Kartoffeln, bei Tausendgüldenkraut und in der Agave ist ein Vorkommen von Milchsäure (zumeist von d,l-Form) beobachtet (WINDISCH, HABERMANN, MC GEORGE). In den Blättern der Himbeere, Brombeere sowie in Kirschsafte sind nach H. FRANZEN und seinen Mitarbeitern wechselnde Mengen Milchsäure, oft allerdings nur Spuren, zugegen; doch ist es nach FRANZEN und KEYSNER unentschieden, ob sie präformiert oder durch bakterielle Gärung nachträglich entstanden ist. Überhaupt werden alle die erwähnten Angaben über die Bildung von Milchsäure im Eigenstoffwechsel der grünen Gewächse von FR. CZAPEK sowie C. OPPENHEIMER in ihren bekannten Lehrbüchern skeptisch beurteilt. Eine Vorstufe der Milchsäure, die dem Lactacidogen der tierischen Zelle entsprechen würde, hat R. FLURY (1924) in Kartoffeln, Lupinen und Spinat nicht aufzufinden vermocht, obgleich J. BODNÁR (1925) den wichtigen Nachweis erbracht hat, daß zum mindesten den Erbsen ein Phosphorylierungsvermögen eigen ist. Es läßt

sich bisher nichts darüber aussagen, ob das nach dem gegenwärtigen Stand der Erkenntnis jedenfalls seltene und geringfügige Vorkommen von Lactat in Vegetabilien etwa mit einem schnellen Verbrauch zusammenhängt. G. CIAMICIAN und C. RAVENNA haben vor einigen Jahren gezeigt, daß bestimmte Vegetabilien (Spinat, Bohnen) zugefügtes Lactat angreifen; es wird dabei teils oxydativ unter Abspaltung von Acetaldehyd, teils durch Umwandlung in ätherunlösliche Stoffe (Resynthese?) verändert.

Bei den besonders gearteten energetischen Verhältnissen der höheren Pflanzen erscheint das „Fehlen“ von Milchsäure unter gewöhnlichen Verhältnissen ebenso erklärlich wie für den normal funktionierenden Organismus der höheren Tiere. Sofern mit Gewißheit bei den vorerwähnten positiven Befunden die Mitwirkung von Bakterien keine Rolle spielt, kann angenommen werden, daß es bei den vegetabilischen Zellen unter anaeroben Bedingungen zu einer Anhäufung von Lactat kommen kann.

Wenn nun die Fähigkeit zur Milchsäurebildung tatsächlich ein Attribut auch der höheren Pflanzenzelle ist, so dürften wir erwarten, daß sie diese Säure aus derselben Vorstufe bildet, die wir heute mit guten Gründen für die tierischen Gewebe und die Bakterienzellen als Milchsäurequelle annehmen.

Durch die Untersuchungen von C. NEUBERG, H. D. DAKIN und H. W. DUDLEY sowie P. A. LEVENE und G. M. MEYER ist schon 1913 für animalische Organe der Beweis geliefert worden, daß sie sehr glatt Methylglyoxal in Milchsäure überzuführen vermögen. Für die entartete Zelle der Tumoren gilt nach O. WARBURG, K. POSENER und E. NEGELEIN ein gleiches. Mit der seit mehr als einem Jahrzehnt von uns vertretenen Ansicht, daß die Milchsäure als Stabilisierungsprodukt des Methylglyoxals anzusprechen ist, steht das Verhalten der in den Zellen vorhandenen, das Methylglyoxal umwandelnden Ketaldehydmutase auch nach neueren Untersuchungen O. MEYERHOF'S in bestem Einklange, indem dieses Enzym den Charakter eines typischen Stoffwechselfermentes aufweist.

Vor einiger Zeit haben C. NEUBERG und G. GORR dargetan, daß in *niedrig organisierten pflanzlichen Gebilden*, bei verschiedenen Bakterien, Methylglyoxal ebenfalls als Vorstufe der Milchsäure gelten kann. Für drei verschiedenen Gruppen angehörende Vertreter, für den *Lactobacillus*, das *Bacterium coli* sowie für den *Bacillus propionicus*, ist eine solche Beziehung außer allen Zweifel gesetzt. (Der erstgenannte Mikroorganismus ist ein regelrechter Milchsäurebildner; wir haben mit ihm die reine Vergärung von Glucose zu Milchsäure im Umfange von 91,2% bewirkt.)

Im Hinblick auf das Problem, ob in der ganzen belebten Natur eine einheitliche Bedeutung der Milchsäure zur Geltung kommt und ob ihr hauptsächlichster Bildungsmechanismus als ähnlich vorausgesetzt werden darf, haben wir eine Prüfung der Frage für wichtig gehalten, ob Zellen höherer

Pflanzen Methylglyoxal in typischer Weise zu Milchsäure dismutieren. Als geeignete Objekte ermittelten wir die *Erbsensamen*, die zugleich den Vorzug leichter Zugänglichkeit besitzen. Wie wir gefunden haben, enthalten diese das Methylglyoxal angreifende Ferment in so reichem Maße, daß man die ruhenden Samen verwenden und nicht durch vorangehende Keimung ihren verlangsamten Stoffwechsel anzufachen braucht. Da man mit starken antiseptischen Mitteln arbeiten kann, so kommt eine Beteiligung von Mikroben nicht in Betracht. Man kann die vorher mit 0,1proz. Sublimatlösung keimarm gemachten Erbsen, sodann die nicht vorbehandelten Erbsen in Gegenwart von viel Toluol, weiterhin Aceton-Trocken-Erbsen, ferner wässrige Auszüge gemahlener Erbsen, sowie die durch Fällung mit Alkohol-Äther aus solchen Wasserextrakten von Erbsen erzeugten Niederschläge (nach ihrer Wiederauflösung) unter Beigabe von Toluol benutzen. Überall ist das Ferment vorhanden, das unter Luftabschluß längstens in einem Tage 1—2proz. Lösungen des Methylglyoxalhydrates quantitativ umwandelt. Dabei sind 70—80% der theoretisch möglichen Menge Milchsäure nachgewiesen worden. An der als *Zinklactat* abgeschiedenen Substanz wurde konstatiert, daß die racemische Säure vorlag. Dieser Befund deckt sich mit den Erfahrungen von J. GADAMER, J. N. CURRIE sowie A. W. DOX und R. E. NEIDIG, daß die Bildung von inaktiver Säure auch bei Bakterien vielfach bevorzugt ist; FRANZEN hat in den Blättern und Früchten grüner Pflanzen jedenfalls nur d,l-Lactat beobachtet.

Wir haben den ruhenden Erbsensamen stets frei von präformierter Milchsäure befunden, so daß dieses in so vielfachen Zubereitungen taugliche Erzeugnis ein günstiges Material für das Studium

der Ketonaldehydmutase bei höheren Pflanzen abgibt.

Es hat sich bereits herausgestellt, daß solche Fermentpräparate auch auf analoge Glyoxale einwirken. Nach Versuchen, die Herr BINDER-KOTRBA ausgeführt hat, erzeugt das Erbsenzym z. B. aus Phenylglyoxal in praktisch quantitativer Ausbeute rechtsdrehende Mandelsäure.

Am gleichen Objekte, am Erbsensamen, haben unlängst C. NEUBERG und A. GOTTSCHALK gezeigt, daß die von ihm ausgelöste alkoholische Gärung der Zuckerspaltung durch Hefe analog verläuft, indem sie hier ebenfalls über die Zwischenstufe des Acetaldehyds fortschreitet. In der reichlichen und leichten Bildung von Milchsäure erblicken wir einen Anhalt dafür, daß die im Effekt der alkoholischen Gärung sich schon verrätende Fähigkeit der grünen Pflanzen zur Glykolyse unter bestimmten Bedingungen auch mit einer Ansammlung von Milchsäure zutage tritt, d. h. mit der Stabilisierung des Intermediärproduktes Methylglyoxalhydrat, das sich in der Norm — im Sinne der von C. NEUBERG und M. KOBEL gemachten Ausführungen — nicht anhäuft oder umlagert, sondern der Restitution unterliegt.

Jedenfalls verfügen Phanerogamen über ein vom lebenden Gewebe abtrennbares Stoffwechselferment, das die bedeutsame Verschiebung in der 3-Kohlenstoffreihe besorgt. Damit ergibt sich eine wesentliche Übereinstimmung im Grundtypus der Kohlenhydratumwandlung für die Zellen der grünen Pflanzen, der Tiere sowie der Mikroorganismen. Im Sonderfalle der Erbsensamen wird als Eigentümlichkeit die Tatsache offenkundig, daß die beiden glykolytischen Fermentsysteme, das der alkoholischen Zuckerspaltung und das der Milchsäurebildung, wohl ausgebildet nebeneinander bestehen.

Über Abtötung von Tumorzellen im Körper.

Von OTTO WARBURG und ERWIN NEGELEIN, Berlin-Dahlem.

Eine Tumorzelle gewinnt die zum Leben notwendige Energie auf zweierlei Art: durch Atmung und durch Gärung. Unterbrechen wir *eine* der beiden energieliefernden Reaktionen, so bleibt die Tumorzelle am Leben, unterbrechen wir beide, so stirbt sie bei Körpertemperatur im Laufe einiger Stunden ab.

Obwohl nicht nur Tumorzellen sondern alle Körperzellen bei Unterbrechung der energieliefernden Reaktionen zugrunde gehen, ist es, wie wir gefunden haben, möglich, Tumorzellen im lebenden Tier durch Mangel an Energie zu töten. Nach Versuchen von F. WIND und den Verfassern beruht dies darauf, daß die Versorgung des Tumors mit Sauerstoff und Glucose durch den Blutstrom schlechter ist als die Versorgung der normalen Organe. Senken wir beispielsweise den Sauerstoffgehalt des arteriellen

Blutes, so entsteht zunächst nur in dem Tumor und erst bei stärkeren Senkungen in den normalen Organen Mangel an Sauerstoff.

Um die beiden energieliefernden Reaktionen des Tumors gleichzeitig zu hemmen, müßte gleichzeitig die Glucose- und Sauerstoffkonzentration im arteriellen Blut gesenkt werden, was aus technischen Gründen nicht gut möglich ist. Hier kommt uns die Natur zu Hilfe. Denken wir uns den Tumor in eine „arterielle“ und eine „venöse“ Hälfte zerlegt, so gärt im Körper nur die arterielle Hälfte beträchtlich. Die venöse Hälfte gärt kaum, weil die Glucosekonzentration auf dem Wege durch die arterielle Hälfte zu tief sinkt. Andererseits reicht die Versorgung des Tumors mit Sauerstoff gerade aus, um die Atmung in dem Tumor zu erhalten. Gehen wir also mit dem Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes auf die Hälfte herunter, so ge-

rät der venöse Teil des Tumors unter Sauerstoffmangel und muß, da in ihm auch die Gärung klein ist, aus Mangel an Energie sterben.

Um die Versuche auszuführen, brachten wir Ratten, die im Abdomen kirschgroße JENSEN-sarkome trugen, 40 Stunden in Gasgemische, die 5 Vol. % Sauerstoff enthielten (statt 21 Vol. %, wie die Luft). Eine kleine Menge Ammoniak, zur Verminderung der Acidosis, war den Gasgemischen zugefügt. Die Tiere wurden dann getötet, die Tumoren herausgenommen und ihr Stoffwechsel gemessen. Es zeigte sich, daß der Hauptteil der Tumoren abgestorben war, nur ein dünner äußerer Rand hatte die Behandlung überlebt. Der Stoffwechsel der Randzellen war normal, der Stoffwechsel der übrigen Zellen, sowohl ihre Atmung als auch ihre Gärung, war Null.

Die erwartete Wirkung war also vorhanden, aber viel größer, als wir vorausgerechnet hatten. Offenbar bewirkte die Erstickung der venösen

Tumorhälfte, daß auch der größte Teil der arteriellen Hälfte abstarb.

Wir erklären dies durch die Annahme, daß der Sauerstoffmangel in dem venösen Teil des Tumors nicht nur die Tumorzellen, sondern auch die Zellen der Tumorcapillaren tötet. Die Folge muß sein, daß die Tumorcapillaren unwegsam werden, wodurch auch die arterielle Tumorhälfte geschädigt wird.

Zunächst erscheint es paradox, daß Tumorzellen, bei deren Entstehung nach unserer Auffassung Mangel an Sauerstoff mitwirkt, durch Mangel an der gleichen Substanz getötet werden können. In Wirklichkeit liegt hier ein Widerspruch nicht vor. Auch bei der Entstehung der Kulturhefe aus wilder Hefe spielt wahrscheinlich der Sauerstoffmangel in den Gärgefäßen eine Rolle, und doch kann man Kulturhefe, wie Tumorzellen, durch Sauerstoffmangel abtöten: in beiden Fällen, wenn der zur Gärung notwendige Zucker fehlt.



DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen in wöchentlichen Heften und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland RM 7.50. Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{2}$ Seite RM 150.—;

Millimeter-Zeile RM 0.35. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseingangs. Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Auslands-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadr.: Springerbuch.
Reichsbank-Giro-Konto: — Deutsche Bank, Berlin, Depositen-Kasse C.
Postcheckkonto Nr. 118935.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Aus den Forschungen der **Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften**

Heft 50 der Naturwissenschaften. 12. Jahrgang. 1924.
RM 2.40

Aus dem Inhalt:

Das Rätsel der Paralyse. Von Emil Kraepelin-München. — Über den Stoffwechsel der Carcinomzelle. Von Otto Warburg-Berlin-Dahlem. — Über einige Probleme der Muskelphysiologie. Von Otto Meyerhof-Berlin-Dahlem. — Untersuchung oberflächenreicher Substanzen nach radioaktiven Methoden und ihre Anwendung auf chemische und radioaktive Probleme. Von Otto Hahn-Berlin-Dahlem. — Über die Energieentwicklung bei radioaktiven Zerfallsprozessen. Von Lise Meitner-Berlin-Dahlem. — Über die Fähigkeit der Cellulose, im festen und gelösten Zustand unabhängig vom Dispersitätsgrad molekular durchzureagieren. Von Kurt Heß-Berlin-Dahlem. — Weitere Untersuchungen an Naturstoffen und biologischen Strukturen mittels Röntgenstrahlen. Von R. O. Herzog und H. W. Gonell-Berlin-Dahlem. — Über neuere Proteinchemie. Von Max Bergmann-Dresden. — Zur spektrophotometrischen Bestimmung der Temperatur glühender Körper. Von Hermann Schmidt-Düsseldorf. — Eine biologische Methode zu Untersuchungen des Lichtklimas im Wasser. Von F. Ruttner-Lunz.

Aus den Forschungen und den Jahresberichten der **Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften**

Heft 49/50 der Naturwissenschaften. 13. Jahrgang. 1925.
RM 4.—

Aus dem Inhalt:

Über relative Sexualität bei *Ectocarpus siliculosus*. Von Max Hartmann-Berlin-Dahlem. — Über den Einfluß des Sauerstoffs auf die alkoholische Gärung der Hefe. Von Otto Meyerhof-Berlin-Dahlem. — Versuche über Kohlensäureassimilation. Von Otto Warburg-Berlin-Dahlem. — Vom Wesen der Eisgärung und von verwandten Erscheinungen. Von Carl Neubert und Fritz Windisch-Berlin-Dahlem. — Pockenschutzimpfung als Ursache der Paralyse. Eine neue Irrlehre. Von F. Plaut-München. — Weitere Ergebnisse auf dem Gebiete der Erforschung der Struktur der Eiweißstoffe. Von Emil Abderhalden-Halle. — Der Triumph des Kohlenstoffes. Von Alfred Stock-Berlin-Dahlem. — Über kristallisierte Acetylcellulose. Von Kurt Heß und Guido Schultze-Berlin-Dahlem. — Über die Hydroxyde des Aluminiums und des dreiwertigen Eisens. Von F. Haber-Berlin-Dahlem. — Über einige Eigenschaften der Compton-Strahlung. Von H. Kallmann und M. Mark-Berlin-Dahlem. — Über die optische Anisotropie selektiv absorbierender Stoffe und über mechanische Erzeugung von Anisotropie. Von Hans Zocher-Berlin-Dahlem. — Welche Aussichten bietet das Berginverfahren für die deutsche Ölversorgung? Von Manfred Dunkel und Myron Heyn-Breslau. — Neuere Forschungen über das Verhalten von Eisen und Stahl in Kälte und Wärme. Von F. Körber und A. Pomp-Düsseldorf. — Temperaturgrenzen der Bildungsamkeit von Bronze mit 20% Zinn. Von O. Bauer und O. Vollenbruck-Berlin-Dahlem. — Örtlicher Massenausgleich unter der Wirkung örtlich angreifender Kräfte in Technik und Geologie. Von G. Sachs und E. Seidl-Berlin-Dahlem. — Depolymerisation oder Dispergierung der Cellulose? Von R. O. Herzog und D. Krüger-Berlin-Dahlem. — Über den Aufbau der Kristalle. Von H. Mark-Berlin-Dahlem. — Über den hochmolekularen Zustand der Proteine und die Synthese proteinähnlicher Piperazinabkömmlinge. Von M. Bergmann-Dresden. — Kinematographische Strömungsbilder. Von L. Prandtl und O. Tietjens-Göttingen. — Tätigkeitsbericht der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft (Oktober 1924 bis Oktober 1925). — Allgemeiner Bericht. — Berichte aus den einzelnen Instituten.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Festschrift der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft

zur Förderung der Wissenschaften zu ihrem
zehnjährigen Jubiläum

dargebracht von ihren

Instituten

288 Seiten mit 19 Textabbildungen und einer Tafel. — 1921

RM 12.—

Aus dem Inhalt:

A. Naturwissenschaften: Zur Kenntnis von organischen Nahrungsstoffen mit spezifischer Wirkung. Von Emil Abderhalden. — Tiere als Tierzüchter. Eine Erklärung ihres Sozialismus. Von Ludwig Armbruster. — Die Veredelung von Getreidestroh und Lupinen zu hochwertigen Futtermitteln. Von Ernst Beckmann. — Über intramolekulare Umsetzungen organischer Verbindungen. Von M. Bergmann. — Der Schichtungsplan der menschlichen Großhirnrinde. Von Max Bielschowsky. — Die ersten 20 Jahre Mendelscher Vererbungslehre. Von C. Correns. — Eine einfache Anwendung des Newtonschen Gravitationsgesetzes auf die kugelförmigen Sternhaufen. Von Albert Einstein. — Über anaerobe Wundinfektion. Von Martin Ficker. — Die bisherigen Anschauungen über die Konstitution der Kohle. Von Franz Fischer und Hans Schrader. — Eine neue Hypothese über die Abstammung und die chemische Struktur der Kohle. Von Franz Fischer und Hans Schrader. — Bemerkungen über die Verbreiterung von Spektrallinien. Von J. Franck. — Schützende und flockende Wirkung hydrophiler Kolloide auf hydrophobe Sole. Von H. Freundlich und E. Löning. — Geschlechtsbestimmung. Von Richard Goldschmidt. — Über Wissenschaft und Wirtschaft. Von F. Haber. — Über die radioaktiven Zerfallsreihen und über eine neue aktive Substanz im Uran. Von Otto Hahn. — Ergebnisse und Probleme der Protistenkunde. Von Max Hartmann. — Verwendung von Röntgenstrahlen zur Untersuchung metamikroskopischer biologischer Strukturen. Von R. O. Herzog und W. Jancke. — Eine Theorie der Verfestigung von metallischen Stoffen infolge Kaltreckens. Von E. Heyn. — Über den Chemismus der Phenolnatriumschmelze. Von Fritz Hoffmann und M. Heyn. — Über Blaubrüchigkeit des Eisens. Von Friedrich Körper. — Über Gase im Eisen und Stahl. Von Eduard Maurer. — Radioaktivität und Atomkonstitution. Von Lise Meitner. — Über den Zusammenhang der Gärungserscheinungen in der Natur. Von Carl Neuberg. — Über Adsorption von Gasen an festen Körpern. Von M. Polanyi. — Neuere Einsichten in die Gesetze des Luftwiderstandes. Von L. Prandtl. — Arbeit und Wärme. Von M. Rubner. — Die Chemie des Leichtflüchtigen. Von Alfred Stock. — Zum Verständnis der Bodenfauna unserer Binnenseen. Von August Thienemann. — Die Abbauege des Organeiwisses. Von Karl Thomas. — Die Bedeutung der topistischen und pathologisch-anatomischen Erforschung des Nervensystems für die Lehre von seinen Erkrankungen. Von Cécile und Oskar Vogt. — Physikalische Chemie der Zellatmung. Von Otto Warburg. — Über biologische Gleichgewichtszustände bei Infektionen und deren medizinische Bedeutung. Von August v. Wassermann. — Über das Verhalten des Stickstoffs beim Thomas-Verfahren. Von Fritz Wüst.

B. Geschichtswissenschaften: Die apokalyptischen Reiter. Von Adolf v. Harnack. — Zur Geschichte Kaiser Wilhelms I. Von P. Kehr. — König Wilhelm I. und der Frankfurter Fürstentag. Von Paul Bailleau. — König Wilhelm 1870 in Ems und vor Sedan. Von Hermann Granier.

Hierzu eine Beilage vom Verlag Theodor Steinkopff in Dresden und Ferdinand Hirt, Verlagsbuchhandlung in Breslau

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9 / Verantwortlich für den Anzeigenteil C. Lemke, Berlin W / Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig

Hierzu Nr. 1 der Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte