

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Elfter Jahrgang.

7. September 1923.

Heft 36.

## Neue Arbeitsweisen<sup>1)</sup>.

### Wissenschaft und Wirtschaft nach dem Kriege.

Von Fritz Haber, Berlin-Dahlem.

Dies ist die Zeit des wirtschaftlichen *Wandels*. Schätze, von den Vätern ererbt, schwinden in wenigen Jahren, neue Menschen ohne besonderes Verdienst treten überraschend in die Rolle des alten Besitzes. Der Kaufmann wechselt seinen Arbeitskreis, der Mann aus den freien Berufen seine Tätigkeit. Aber in diesem ungeheuren Wandel scheinen die Tätigkeiten selbst beim ersten Anblick wenigstens ihrer Art nach wenig verändert. Viele Arbeitszweige sind zurückgegangen, andere haben sich entwickelt, aber die Arbeitsweisen scheinen auf den ersten Blick zunächst die gewohnten und gleichen. Auf die Tätigkeiten aber, auf die Arbeitsweisen kommt alles an. Keine veränderte Gliederung der Menschen, keine neue Einteilung ihrer Tätigkeit hilft gegen die Not, die uns überkommen hat. Wir müssen mehr Güter mit dem unveränderlichen Kapital der nationalen Arbeitskraft schaffen, größere Werte mit der gleichen Leistung erzeugen, wenn wir einen Ausweg aus der Not finden sollen, die auf uns lastet. Zu diesem Ziel aber führt nur *eine* Straße: schöpferisch sein und aus dem Bestande unserer naturwissenschaftlichen Erkenntnis *neue Arbeitsweisen* heraus-holen.

Darum lohnt es der Mühe, die Arbeitsweisen näher anzusehen und uns klarzumachen, was sie als Inhalt und Leistung heute bieten und vor zehn Jahren noch nicht geboten haben.

Über die ganze Breite unserer technischen Kultur kann der einzelne den Versuch nicht ausdehnen, weil er das Bleibende, Wertvolle nicht sicher genug beurteilt; aber das eigene Fach ladet jeden zur Prüfung ein und die *Chemie* ist ein gutes Fach wegen der zentralen Stellung, die sie technisch einnimmt. Spielt doch die Chemie in der wirtschaftlichen Rüstung der Völker die Rolle der Gelenke, die die einzelnen Teile miteinander verbinden und dem Ganzen Biegsamkeit und Brauchbarkeit geben. Alle gestaltende Behandlung des Materials, die der Ingenieur leistet, bleibt in den Grenzen gegebener Materialeigenschaften. Erst die Umwandlung der Eigenschaften eröffnet neue Welten, und alle solche Umwandlung ist Chemie.

In diesem großen chemischen Rahmen sehen wir überall einen hervortretenden Zug. Wir werden nämlich gewahr, daß die Gegenwart von

dem wissenschaftlichen Gedankengut der Vorkriegszeit lebt, das der Krieg nach vielen Richtungen zu beschleunigter Entwicklung gebracht hat. Neuen, in der Tiefe wurzelnden Gedankenfortschritten ist weder der Krieg noch die Nachkriegszeit bei uns günstig gewesen. Die ganze Periode seit 1914 hat naturgemäß der Geduld und der Abseitigkeit der Gedanken vom Alltag entbehrt, die eine Voraussetzung der größeren gedanklichen Fortschritte sind. Aber die Treibhausatmosphäre des Augenblicksbedürfnisses, das mit unerhörter Dringlichkeit befriedigt sein will, ohne nach Ausgaben und Kosten zu fragen, hat aus vorgebildetem, gedanklichem Besitz einen Reichtum neuer Arbeitsweisen hervorgehen lassen und jetzt, nachdem sie einmal geschaffen sind, versuchen wir das erworbene Können für Zwecke des Friedens wirtschaftlich nutzbar zu machen.

Und diese Verwertung gelingt erstaunlich oft und erstaunlich gut.

Es ist schwer, die *erfolgreichen Neuerungen* abzuzählen und mit den Gegenfällen statistisch zu vergleichen, in denen der Kriegsfortschritt mit dem Kriegsende gestorben ist. Aber ich möchte glauben, daß die chemischen Verfahren von der Art der Glycerinbereitung durch gestörte Gärung, die unerwartet wie ein glänzendes Meteor entstanden und wieder verloschen ist, mehr die Ausnahme als die Regel unter den neuen chemischen Arbeitsweisen aus der Kriegszeit darstellen. Die Fälle scheinen mir zu überwiegen, bei denen die neue Schöpfung technisch dauernd fruchtbar geblieben ist.

Sehen wir das Beispiel jener Glycerindarstellung daraufhin an, warum das Verfahren entstand und verging.

Seit Dezennien erfolgt eine Verteilung der Fette in der Welt, bei der die Hauptmenge der menschlichen Ernährung und der kleinere Anteil der menschlichen Sauberkeit zugute gebracht wird. Nahrung und Seife stehen im Wettbewerb. Die Seife verbraucht die auf sie fallenden Fette nicht ganz, sondern nimmt nur die Fettsäure und läßt das Glycerin frei, das mit der Fettsäure im Fette verbunden ist und seinen Weg in zahlreiche verschiedenartige Gewerbe findet. Im Krieg aber trat bei uns wegen der chemischen Beschaffenheit unserer Artilleriemunition, die nicht ohne Nitroglycerin auskam, ein gewaltiges Glycerinbedürfnis auf, das aus dem Nebenerzeugnis der kleinstgestellten Seifenfabrikation nicht zu decken war. Die ganz knapp gewordene Fettversorgung wurde schwer bedroht und fast wie durch ein Wunder dadurch gerettet, daß die wohl

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten bei einer Veranstaltung des Reichspräsidenten am 20. März 1923.

theoretisch entwickelte, aber nicht fertig durchgearbeitete Biochemie der Gärvorgänge uns plötzlich eine Arbeitsweise an die Hand gab, um statt des Alkohols *Glycerin und Aldehyd aus der Zuckergärung* zu gewinnen. Mit dem Kriegsende ist das Bedürfnis verschwunden, das diese glänzende Aushilfe ins Leben gerufen hat. Die Seife, die wichtigste Grundlage unserer Volksgesundheit, trat wieder in ihr Recht, und das Glycerin wurde wie früher ihr nützlicher und ausreicher Trabant.

Es ist leicht, diesem Beispiel die Beispiele des entgegengesetzten Verlaufes gegenüberzustellen.

Da gab es vor dem Kriege ein schüchtern hervortretendes Verfahren, um Staub aus leidlich langsamen Gasströmen dadurch zur Abscheidung zu bringen, daß man den staubhaltigen Gasstrom durch ein elektrisches Hochspannungsfeld führte. Ein weites Rohr bildete den Gasweg und ein längs seiner Achse gespannter Draht die Hochspannungselektrode. Dann kam im Kriege das Bedürfnis, die *Rauchfahnen*, die aus den Schornsteinen unserer Seefahrzeuge quollen und das Schiff dem Gegner auf weiteste Entfernung verrieten, zu beseitigen. An diesem ganz außerordentlich hohen Anspruch reifte das Verfahren, und als der Krieg vorüber war, hatte er eine Entwicklung dieser Technik gebracht, die soviel Leistungsfähigkeit in sich schloß und soviel Anwendungsmöglichkeit eröffnete, daß heute über hundert Anlagen in unserem Lande nach diesem Verfahren laufen und den Staub, der früher als verlorenes Gut von unseren Erzrösten, Tonerdefabriken, Zementanlagen und anderen mehr in die Luft ging und auf weite Strecken den landwirtschaftlichen Nutzen der Nachbarflächen beeinträchtigte, als wertvolle Mehrung des chemischen Erzeugnisses zurückhalten.

Die wissenschaftliche Grundlage liegt hier in den Vorkriegsuntersuchungen über die Spitzenentladungen und den elektrischen Wind, der sie begleitet.

Wir finden ein anderes eigenartiges Beispiel in der Auswirkung, die die Lehre von den Oberflächenkräften gehabt hat, die in den letzten Jahren vor dem Kriege ein eingehendes wissenschaftliches Studium erfahren haben. Hier ist sonderbarerweise der *Gaskrieg* das Mittelglied gewesen, das die ältere wissenschaftliche Grundlage mit den heute im Vordergrund des Interesses stehenden technischen Neuerungen verbunden hat. Der Gaskrieg, bewundert viel und viel gescholten, verdient in ruhigeren Tagen seine besondere Geschichtsschreibung, wegen der seltsamen massenpsychologischen und technischen Verwicklungen, zu denen er geführt hat. Hier interessiert nur, daß er in allen kriegführenden Staaten im Verlaufe des Krieges ein und dieselbe Abwehr geweckt hat, bestehend in der Benutzung eines *Filters*, durch das sich leicht hindurchatmen läßt, und das alle feinsten Mengen angreifender Bestandteile aus der hindurchtretenden Atemluft hinwegnimmt. Der Hauptbestandteil dieses Filters sind in allen Hauptländern übereinstimmend vervollkommnete, besonders wirksame Arten der *Kunstkohle* gewesen, die vermöge ihrer Oberflächenkräfte im Vorzuge vor allen anderen Stoffen die gestellte Aufgabe gegenüber den verschiedenartigsten Kampfgasen erfüllten. Mit dem Ende des Krieges hat man sich auf die zahlreichen Fälle besonnen, in denen wertvolle, gasförmige Bestandteile, wie Äther, Benzin, Alkohol in außerordentlicher Verdünnung bei industriellen Prozessen abgehen, und die Kohlen, die unsere Atemorgane geschützt haben, herangezogen, um mit diesem festen Adsorptionsmittel die früher verlorenen oder

mühsam und unvollkommen gewonnenen Reste aus den Gasströmen herauszuziehen.

Die *Verdünnung der Stoffe* war von jeher die größte Quelle ihrer Entwertung. Das Gold im Meere, das alle Papierschulden der Gegenwartswelt tausendfältig überzahlen könnte, das Eisenerz in unserem Heimatboden sind Beispiele entscheidender Werte, die die Verdünnung uns unzugänglich macht. Ja, es gibt, genauer betrachtet, nichts, was an wertvollen Rohstoffen nach Art und Menge unserer heimischen Erde fehlte; wir haben alles, nur außer der Steinkohle und dem Kali, leider fast alles in entwertender Verdünnung. Die Kohle der Atemfilter ist das Beispiel für die Möglichkeit, die Grenze der Entwertung durch Verdünnung zurückzuschieben und das Zeugnis für die Bedeutung eines solchen Erfolges.

Der Nutzen dieser Kohlen hat sich noch über das Ursprungsbereich hinaus erstreckt. Eine hohe Umsatzfähigkeit der an ihrer Oberfläche *verdichteten Gase* hat ihr zahlreiche Anwendungen als Kontaktstoff in der chemischen Industrie beschert, und selbst ihr staubförmiger Abfall ist zu hohen Ehren gekommen. Italien entfärbt damit seinen Rohzucker, Frankreich den Wein, aus dem es Champagner macht, wir selbst Öle und Glycerin, und jeder Monat bringt neue Anwendungen und neuen Nutzen.

Die elektrische Entstaubung und die aktiven Kohlen kennzeichnen Fein Hilfsmittel und Feinpräparate, die uns voranbringen. Aber nationaler Reichtum und allgemeine Hebung der Lebenshaltung läßt sich auf Feinprodukte und Fein Hilfsmittel nur mit unendlicher Mühe gründen. Jeder Verbraucher vertritt ein *Sonderbedürfnis*, auf das die Arbeitsweise eingestellt werden muß. Nur die Überlegenheit im *Massenerzeugnis*, die sich auf dem beiten Markte entfaltet, gibt durchgreifende Siege.

Auch auf diesem Felde hat die Wissenschaft der Vorkriegszeit und die technische Anspannung der Kriegsjahre zu bedeutenden Auswirkungen geführt. Die Metalle, die Grundlage aller technischen Kultur, haben Fortschritte zu verzeichnen. Die Leichtmetalle *Aluminium und Magnesium*, für deren Gewinnung unser Land unbeschränkt Möglichkeiten bietet, sind in die Form von geeigneten Legierungen gebracht worden, deren mechanische Eigenschaften und deren Widerstandsfähigkeit gegen Luft und Wasser Schwermetalle ausländischer Herkunft erfolgreich zu ersetzen erlaubt. Das auffallendste Beispiel ist die Verdrängung des Rotgusses durch die leichte Legierung von Silicium und Aluminium, die in ihrer feinkörnigen Form die klassische schwere Kupferlegierung erfolgreich ersetzt. Der Erfolg ist hier aufgebaut auf der Lehre von der Metallstruktur und ihrer Abhängigkeit von Herstellungsweise und Nebenbestandteilen, die man mit den Hilfsmitteln der Metallographie in den Jahren vor dem Kriege zu verfolgen gelernt hat.

Schließlich als letztes Einzelbeispiel der *Stickstoff*, der uns als ein Ausfluß der präparativen und der physikalischen Chemie aus der Luft zugänglich geworden ist. Seine heimische Erzeugung hat uns von der großen Einfuhr aus Chile unabhängig gemacht, die der Krieg abgeschnitten hat und die wir in der Nachkriegszeit nicht wieder aufzunehmen brauchen, obwohl der landwirtschaftliche Bedarf heute sehr viel größer ist als vor dem Kriege. Ich verweile nicht bei diesem Fortschritt, weil er durch hundert Zeitungsartikel der allgemeinen Beachtung nahegerückt worden ist. Nur *einen* Gesichtspunkt möchte ich in diesem Zusammenhange betonen. Die Überlegenheit im Können bei der

Herstellung der Massenprodukte macht in friedlichen Zeiten das schöpferische Land zum Weltmittelpunkte und sichert ihm als Lohn seiner geistigen Führertätigkeit den Ausfuhrmarkt über die Erde. Der Besiegte, dem die ausländischen Schutzrechte geraubt, die Ausführungseinzelheiten unter dem Druck der Waffen von den Angehörigen der wirtschaftlichen Konkurrenz-mächte entwendet worden sind, vermag aus dem gleichen Fortschritt nicht den gleichen Nutzen zu ziehen. Vollends wenn die Nachwirkung des Krieges unter den Nationen eine so dringende Besorgnis vor neuen Kriegen geschaffen hat, wie jetzt, entsteht ein ungeheurer Druck, der von allen Seiten wirkt und zur Sicherung der eigenen Landesverteidigung die Übertragung aller neuen und kriegsnützlichen Verfahren aus Deutschland nach der eigenen Scholle fordert. Militärische und Industrieinteressen des Auslandes wirken zusammen und verhindern, daß der Fortschritt unser Vorrecht bleibt und uns den wirtschaftlichen Erfolg bringt, der mit einer Monopolstellung verbunden ist.

Die beiden Beispiele der Leichtmetalllegierungen und des Stickstoffs erschöpfen nicht die Nachkriegsfortschritte chemischer Massenerzeugung, die auf dem Boden der Vorkriegswissenschaft und der technischen Entwicklung in der Kriegszeit stehen. Der ganze klassische Zusammenhang unserer anorganischen Haupterzeugnisse, der Schwefelsäure, Salzsäure, des Glaubersalzes und der Salpetersäure, ist umgeschaffen worden. Wir haben gelernt, die Salzsäure nicht mehr mit Schwefelsäure aus dem Kochsalz zu machen, sondern das elektrolytische Chlor mit dem daneben entstehenden Wasserstoff zu Salzsäure zu verbrennen. Weil wir das Kochsalz nicht mehr mit Schwefelsäure zersetzen, verschwindet das Glaubersalz, das dabei entstand, als Erzeugnis der eigentlichen chemischen Industrie, und seine Herstellung geht an die Kupferhütten und vornehmlich an die Kaliwerke über, die es bisher als Abfallprodukt angesehen und nicht aufarbeitungswürdig gefunden haben. Die Salpetersäure kommt nicht mehr aus dem Salpeter, den wir mit Schwefelsäure umsetzen, sondern aus der Verbrennung des Ammoniaks, ja, die Schwefelsäure selber verändert, wenn auch zögernd und naturgemäß nur zu einem Bruchteile, ihren Entstehungsweg und wird in merklichem Umfange einerseits aus den früher nach Menge und Gehalt unregelmäßigen Abgasen der Hütte, anderenteils aus dem heimischen Gips als ein Nebenprodukt des Zementes zugänglich.

So läßt sich Fortschritt nach Fortschritt aufzählen, und es ist eine tröstliche Reihe; denn sie zeigt neues Leben, das aus der Zerstörung emporschwimmt. Es ist auch eine fruchtbare Reihe, denn sie ist in allen Gliedern dadurch gekennzeichnet, daß Abfall nutzbar gemacht und aus naturwissenschaftlicher Erkenntnis durch technischen Geist vermehrter Wert mit gleicher Arbeit herausgeholt wird. Sie ist doppelt fruchtbar für uns, weil jedes Glied einen Schritt zur Autarkie, einen gewonnenen Punkt bei dem Versuche bedeutet, aus den eigenen Rohstoffen wirtschaftlich zu leben.

Aber es ist eine unzulängliche Reihe. Wir erobern die wirtschaftliche Welt nicht zurück, gewinnen unsere frühere Führerstellung nicht wieder, ohne daß sie sich fortsetzt durch neue, vermehrte, größere Schöpfungen, und wir brauchen diese Wiedereroberung!

Denn dieser soziale Staat, den die Revolution an die Stelle der Vergangenheit gesetzt hat, dieser Staat, der nach seinem ganzen Wesen den höheren Lebensanspruch der breiten handarbeitenden Schichten bejaht und den gerechten Ausgleich für unerhörte Leistungen des Volkes im Kriege darin sieht, daß er allen, die die gleichen natürlichen Gaben haben, den Aufstieg gleich leicht macht und allen, die hilfsbedürftig sind, seine Unterstützung gewährt, dieser Staat ist ein außerordentlich teurer Staat. Von außen um Leistungen gepeinigt und im Innern durch Forderungen gedrängt, die er erfüllen muß, wenn er sich nicht selbst aufgeben will, muß er den ständigen Fortschritt in den Arbeitsweisen und Tätigkeiten haben, und er kann ihn nur durch die Fortschritte der Wissenschaft erlangen.

Die Vergangenheit, in der wir so reich waren, hat ein großes Unglück bei uns gezeitigt. Weil es so viele wundervolle Einzelheiten gab, aus denen sich unsere technische Leistung zusammensetzte, haben wir einen Reichtum an Menschen herangebildet, die die Einzelheiten meisterlich verstehen und jeden Tag alle Antwort wissen auf die Frage, was an ihren Einzelaufgaben morgen getan werden soll. Aber alle diese Menschen, die nie fehlgreifen, wenn es sich um das handelt, was in ihrem beschränkten Wirkungskreise von einem Tag auf den andern Nützlichem geschehen kann, zeigen Unlust oder Unvermögen, die breitere Entwicklung auf ein Jahrzehnt hinaus zu überlegen. Weil es im Augenblick noch reicht mit dem Wissenschaftsinhalt der Technik, und die naturwissenschaftliche Kraft, die in dem Ganzen steckt, sich im Täglichen noch auswirkt, so glauben sie, daß es auch weitergehen wird, und es scheint ihnen dringlichere Dinge zu geben als die Wissenschaftspflege in dieser furchtbar verarmten Zeit. Sie leugnen nicht, daß unser Staat, wie er ist, auf dem technischen Können beruht und auf absehbare Zeit darauf beruhen wird, aber sie sehen in einer Periode, in der alles irgend Entbehrliche kleingestellt werden muß, den Wissenschaftsbetrieb nicht als das völlig Unentbehrliche an.

In Wahrheit ist er aber das Unentbehrlichste von allem. Denn er ist das Saatgut, und die Sparsamkeit an dieser Stelle gleicht der Weisheit des Landwirts, der seine halben Saatkartoffeln mit der Überzeugung aufißt: es wird auch so genug wachsen!

Heute aber ist der Augenblick für diesen Notruf. Denn die letzten Monate haben die Sorge plötzlich vervielfacht. Als es in Deutschland bequem war, mit fünf Dollar im Monat zu leben, ergänzten die Spenden unserer Freunde im Auslande die Hilfe, die Reich und Länder einsichtsvoll der Wissenschaft zuteil werden zu lassen bestrebt waren. Solange es so aussah, als ob Frankreich statt unseres letzten Geldes verständige Worte nehmen werde, half uns die eigene Indu-

strie. Das ist vorbei. Heute kostet der Wissenschaftsbetrieb bei uns so viel wie in den angelsächsischen Ländern, und hinter dem Glanz hoher Markziffern steckt keine größere Kaufkraft, als der Devisenkurs ergibt. Heute kann nichts mehr

helfen als der Wille der Gesamtheit, die Saatkartoffeln zu sparen, so knapp auch der Tisch bestellt ist, und ihr müßt entscheiden, zu welchem Teile ihr sie aufessen wollt, um künftig dreifach zu hungern!

## Über Pseudo-Hochvakuum.

Von Paul Knipping, z. Z. Heidelberg.

### Inhalt:

#### Erscheinungen:

1. Röntgenröhren (Regenerierung);
2. eigene Versuche mit Helium;
3. desgl. mit Quecksilberdampf-Wasserstoff.

#### Erklärungsversuche:

4. durch Störungen in der Entladungsbahn: Kontaktpotential, Doppelschicht, Raumladung, Gas-haut;
5. durch Gasinhalt, Gasart.

#### Eigene Versuche:

6. Rolle des Wasserdampfes;
7. Rolle des positiven Wasserstoffkerns allgemein;
8. in bezug auf seine Elektronenaffinität;
9. Wirkung der Regeneriervorrichtungen.

Unter Pseudo-Hochvakuum versteht man eine Erscheinung, die man nicht allzu selten Gelegenheit hat bei elektrischen Entladungsröhren zu beobachten. Das Wesentliche dabei ist, daß in einem solchen Rohr sich Gase unter einem Druck befinden, der die selbständige Entladung erlaubt, daß aber dennoch trotz hoher, ja höchster angelegter Spannungen ein Stromdurchgang durch das Gas unter keinen Umständen erzwungen werden kann.

1. Derartigen Phänomenen begegnete man wohl zuerst bei den Röntgenröhren alter Bauart, bei denen der Strom durch Ionen unterhalten wird. In einer solchen ist der Gasdruck vielleicht zwischen 0,01 und 0,001 mm, und zwar wird bei hohem Druck weiche, bei niederem harte Strahlung erzeugt. Befindet sich das Rohr im Betrieb, so wird der Druck durch zwei in entgegengesetztem Sinn wirkende Einflüsse geändert. Der erste ist ein Verschwinden des Gases, hervorgerufen durch das Zerstäuben der Metallelektroden. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich bei diesem Vorgang um ein mechanisches Überkleben oder Einmauern von Gasteilchen an der Gefäßwand, oder ob es sich um chemische Vereinigung zwischen weggeschleuderten Metallteilchen und getroffenen Gasteilchen oder schließlich um eine Art halb-chemischer Bindung handelt. Der zweite Faktor ist der Gasaustritt, also ein Druckanstieg, als Folge der Erwärmung des Rohres und seiner Elektroden. Bei einer ganz bestimmten Belastung findet volle Kompensation der beiden druckändernden Erscheinungen statt, und die gewünschte Strahlenshärte bleibt erhalten.

Je älter eine Röntgenröhre wird, um so weniger Gas können ihre Elektroden abgeben, und man muß ihre Belastung — soll Kompensation stattfinden — heraufsetzen, wobei man selbst-

redend eine gewisse Grenze nicht überschreiten kann. So wird man dazu gezwungen, das weitere Hartwerden durch künstliches Gaseinlassen zu bekämpfen, und man macht dies mit den sogenannten „Regeneriervorrichtungen“, etwa in der Weise, daß man Ströme durch viel Gase gebunden enthaltende Substanzen (wie Glimmer) leitet und die dort absorbiert gewesenen Gase freimacht. Diese Vorrichtung befindet sich in einem seitlichen Ansatz an der Röntgenröhre.

Man macht sie außerdem in der Regel „automatisch“, d. h. man richtet sie so ein, daß sie nach Erreichung eines gewissen Härtegrades von selbst durch einen Teilstrom des Röntgenstromes so lange in Betrieb gesetzt wird, bis der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt ist.

Eine andere Regeneriermethode macht von der bedingten Durchlässigkeit der Platinmetalle, speziell des Palladiums, für Wasserstoff Gebrauch. Ein einseitig verschlossenes Palladiumröhrchen ist mit seinem offenen Ende in die Glaswand der Röntgenröhre eingeschmolzen. Bei gewöhnlicher Temperatur ist es für alle Gase undurchdringlich. Wird es aber zur Glut erhitzt, so diffundiert Wasserstoff aus der erhaltenden Flamme durch seine Wand in die Röntgenröhre. Eine dritte, auch oft zur Anwendung kommende Vorrichtung ist das Bauerventil, ein wirkliches Ventil, dessen Ventilsitz und zugleich -öffnung durch eine winzige Tonplatte, dessen Ventilteller durch ein Quecksilbertröpfchen dargestellt wird. Dieses Tröpfchen bedeckt für gewöhnlich die Tonplatte, durch dessen Kapillaren es trotz des auf ihm ruhenden Atmosphärendruckes — aus Gründen der Oberflächenspannung — nicht hindurch kann; schiebt man es beiseite, so vermag Luft durch die Poren in das Vakuum hineinzusickern.

Wenn durch eine dieser Vorkehrungen der Gasdruck in der Röhre auf den alten, richtigen Wert eingestellt ist, so tut sie zwar eine Zeitlang ihre Schuldigkeit. Aber nach einer Weile wird sie doch härter, und man muß abermals regenerieren. Dieses periodische Spiel: „Härte richtig — zu hart — Gas einlassen — Härte richtig“ kann lange Zeit hindurch fortgesetzt werden, die Röhre bleibt, wenn auch unter steter Nachhilfe, arbeitsfähig. Aber mit der Zeit wird die Periode immer kürzer und kürzer, die einzulassende Gasmenge immer größer und größer. Endlich kommt man an einen Punkt, an dem die Härte trotz allen Gaseinlassens so steigt, bis zuletzt gar kein Strom mehr durch die Röhre hindurchgeht.

Man kann bei jeder Regeneriervorrichtung ziemlich genau angeben, wieviel Gas sie in einer gewissen Zeit in die Röntgenröhre hineinbringt. Ein bestimmtes Palladiumröhrchen muß beispielsweise 5 Sekunden geglüht werden, wenn der Druck im Rohr von 0,001 auf 0,01 mm steigen soll. Ein wie oben beschrieben aufgebrauchtes Röntgenrohr *müßte* also wieder betriebsfähig werden, wenn man mit seiner Regenerierung einen derartigen Druck einstellte. Man kann aber den Druck jetzt bei weitem höher steigen lassen, ja man kann Hunderttausende von Volt anlegen: die Röhre leitet nicht mehr, das Pseudo-Hochvakuum ist da.

Eine jede Röntgenröhre, die nicht durch Bruch vorzeitig stirbt, geht auf diese Weise ihrem Ende zu. Die Erfahrung hat gelehrt, daß man auf zwei Weisen solche Leichen wieder zum Leben bringen kann: einmal durch energisches Erwärmen der Glaswand der Kugel, wodurch die Gase, die durch Zerstäubung der Elektroden dort festgehalten waren, teilweise losgelöst werden. Dieses Verfahren hat (von der Gefahr des Zerspringens ganz abgesehen) keinen dauernden und obendrein nur einen höchst mangelhaften Erfolg, weil meist so reichliche Gasmengen freiwerden, daß die Röhre hochgradig weich und dadurch unbrauchbar wird. Besser läßt sich die unbrauchbar gewordene dadurch wieder verwendbar machen, daß man sie an ihrer Abschmelzstelle öffnet, einige Zeit mit Luft gefüllt stehen läßt und dann neu evakuiert. Bekanntlich hat man, um von der Abhängigkeit der Strahlenhärte vom Gasdruck freizuwerden, schließlich ganz auf das Gas und seine Ionen verzichtet und bekommt die Kathodenstrahlteilchen aus einem Glühdraht (*Wehnelt, Lilienfeld, Fürstenau, Coolidge*).

Es erhebt sich zunächst die Frage: kommt ein derartiges merkwürdiges Verhalten eines Gases, nämlich sein Unvermögen, den Strom zu leiten, auch in anderen Fällen wie bei Röntgenröhren, Gleichrichtern und ähnlichen Röhren vor? Und liegt die Ursache nicht möglicherweise an einem Unbrauchbarwerden der Regeneriervorrichtungen? Dies ist nachweislich nicht der Fall, die erste Frage ist mit „ja“ zu beantworten. Aus meiner Praxis möchte ich zwei dahingehörende Fälle zunächst beschreiben.

2. Bei Gelegenheit meiner Untersuchungen nach der Methode des Elektronenstoßes<sup>1)</sup> wurde ein großes Glasrohr benutzt, in welchem sich die Vorrichtungen zum Hervorbringen von Stoßelektronen (Glühdraht usw.), zum Nachweis des Lichtes und der Ionen befanden. Dieses Gefäß stand in direkter kurzer Verbindung mit zwei Hartglasrohren, einem McLeod, nach Bedarf mit den Pumpen und dem Heliumreservoir. Dieses Gas hatte ich aus Monazitsand hergestellt, es war nahezu spektralrein. Von den beiden Hartglasröhren war die eine mit etwas Absorptionskohle,

die andere mit einigen Gramm Chabasit gefüllt. Beide wurden samt Glasapparat und McLeod scharf evakuiert, dabei der Glühdraht heftig geglüht, der Apparat im elektrischen Ofen auf 330 bis 350° C, das Kohlerohr auf helle Rotglut, das Chabasitrohr zu Beginn und Ende der ganzen Heizperiode kurz auf etwa 500°, dazwischen auf 100° erhitzt. Im Vakuum wurde das Quecksilber des entsprechend eingerichteten McLeod ausgekocht, seine Glasteile und alle Verbindungen, die nicht elektrisch geheizt werden konnten, bis auf Hähne und Schriffe, mit Gasflammen mehrfach hoch erhitzt. Die gesamte Heizdauer betrug mehr als 20 Stunden. Nach völligem Erkalten war das Vakuum so gut, daß das Quecksilber in der Kapillare des McLeod klebte, wenn seine freie Oberfläche im anderen Rohr 15—20 cm tiefer stand, also ein negativer Druck von  $\frac{1}{4}$  Atmosphäre. Dank der tadellosen Hähne und Schriffe blieb dieses Vakuum, wenn auch nicht in dieser Höhe, aber doch nach 24 Stunden unmeßbar klein. Nun wurde in dieses System Helium eingelassen, welches vorher 24 Stunden über Kohle in flüssiger Luft gestanden hatte, bis der Druck gegen 1 mm Hg betrug. Dieses Gas wurde nun der Untersuchung in bezug auf seine Anregungsspannungen und Ionisierungsspannung unterworfen, über die hier hinweggegangen wird. Da nach dem damaligen Stand des Wissens der Glühdraht im Apparat, auch wenn er vorher lange und aufs höchste im Vakuum geglüht war, später doch gewisse Mengen von Wasserstoff abgeben sollte, war das Chabasitrohr angebracht. Dieser Körper hat, wie *Seliger*<sup>2)</sup> gezeigt hat, die Gabe, gerade Wasserstoff stark zu absorbieren. Demgemäß war das Chabasitrohr in flüssiger Luft gekühlt. Das gleicherweise gekühlte Kohlerohr hatte die Aufgabe, Hahnfett (Ramsay-) und ähnliche Verunreinigungen (eine aufgekittete Quarzplatte) festzuhalten. Außerdem schlug sich an den oberen Teilen der gekühlten Rohre der Quecksilberdampf aus den Schriffen und dem McLeod (das aber nach Feststellung des Druckes abgesperrt war) nieder, so daß praktisch nur reines Helium zugegen war. Die flüssige Luft befand sich in verkupferten Thermosflaschen, die — weit besser als die alten versilberten — von der Auergesellschaft dem Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie in Berlin-Dahlem — wo diese Arbeit ausgeführt wurde — billigst geliefert waren. In vielen dieser Gefäße hielt sich die Luft drei Tage. In unserm Fall wurde jeden Morgen neue Luft nachgefüllt, wobei die Flaschen an ihrem Ort blieben, so daß Substanzen, die einmal dort in der Kohle oder dem Chabasit gebunden waren, wirklich dauernd festgehalten blieben.

Seitwärts an diesem Apparat befand sich ein bisher noch nicht erwähntes Spektralrohr gewöhnlicher Art. Zwei 4 cm lange,  $1\frac{1}{2}$  cm weite Röhren waren durch eine Kapillare von 1 mm

1) Erscheint demnächst.

2) Zeitschr. f. Physik 4, 194, 1921.

Durchmesser und 5 cm Länge verbunden. Die Elektroden, zwei Aluminiumdrähte, hatte ich mit Platin eingeschmolzen. Das Rohr wurde von einem kleinen Transformator gespeist (Mtr. 120/12 000 Volt von Siemens & Halske, maximal 300 Watt). Er war primär über einen Widerstand von 50—200 Ohm an die 220-Volt-Wechselstromleitung angeschlossen und lieferte sekundär Spannungen von einigen Tausend Volt an die Geißleröhre, die dann (ohne wärmer als vielleicht 50° zu werden) das schönste Heliumspektrum zeigte. Das Rohr war angebracht, um jederzeit die Gasfüllung auf Reinheit kontrollieren zu können. Um sicher zu sein, daß aus diesem Spektralrohr keine Verunreinigungen in das Helium übergingen, war das Rohr gleichfalls in einem elektrischen Ofen stundenlang auf 350° bei gleichzeitigem höchstem Stromdurchgang erhitzt. Außerdem war früher folgender Vorversuch angestellt, gleichzeitig in der Absicht, ein anderes Spektralrohr mit reinem Helium zu füllen.

Vorversuch: Es wurde ein Spektralrohr ganz wie das vorhin angegebene geblasen, parallel zu ihm in etwa 7 cm Abstand ein unten geschlosse-

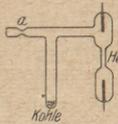


Fig. 1. Spektralrohr mit Heliumfüllung und angeschmolzenem Kohlerohr. — a Abschmelzstelle.

nes Rohr angesetzt (s. Fig. 1), in dem sich eine Wenigkeit Absorbtionskohle befand. Dieses Doppelrohr war an die Apparatur an einer passenden Stelle in wagerechter Lage angeschmolzen, mit einem Asbeststück mit etwas herabgebogenen Rändern bedeckt und unter Stromdurchgang und zweistündigem Erhitzen auf 250—300° durch daruntergestellte Gasflämmchen evakuiert. Nach dem Erkalten wurde über gekühlter Kohle gestandenes Helium eingelassen, bis die Leuchterscheinung möglichst hell war, und dann das Spektralrohr mit dem daneben befindlichen Kohlerohr abgeschmolzen. Das Spektrum zeigte — okular betrachtet — aufs hellste die Heliumlinien, daneben schwach, aber noch gut sichtbar, Liniengruppen oder Banden, die von Kohlenwasserstoffen herrühren konnten oder das Viel-linienpektrum des Wasserstoffs waren. Um die Verunreinigungen zu bestimmen, wurde eine Aufnahme mit einem großen Hilgerschen Spektrographen mit Wellenlängenteilung gemacht, wozu eine Belichtungszeit von 2—3 Stunden notwendig gewesen wäre. Indessen, bereits nach 10 Minuten fing das Spektrum der Verunreinigungen — okular besehen — an, merklich schwächer zu werden und war nach 25 Minuten vollkommen verschwunden. Auf der Platte fand sich keine Spur davon, nur die bekannten Heliumlinien und Spuren von Quecksilber. Dieser Versuch wurde, was aus-

drücklich bemerkt werden muß, ohne Kühlung des Kohlerohres gemacht. Es war also allein durch Zerstäubung des Elektrodenmaterials eine vollkommene Beseitigung der Verunreinigungen eingetreten, das Kohlerohr war, was nicht vorausgesehen werden konnte, überflüssig geworden. Die Röhre, die jetzt mehrere Jahre alt ist und oft zum Eichen von Spektrographen gedient hat, gibt immer noch dasselbe helle, reine Heliumspektrum.

Aus dem Vorversuch mag man sehen, daß das seitwärts an den Ionisierungsapparat geschmolzene Spektralrohr, von Anfang an noch sorgfältiger wie das Proberohr behandelt, kaum das Helium verunreinigt haben kann.

Wir kehren nun zu unserm alten Ionisierungsapparat zurück, der sich längere Zeit hindurch in Tätigkeit befand. Dabei war, wie vorhin gesagt, das Helium durch dauernde Kühlung rein gehalten worden. Als ich nun eines Tages das seitlich angeschmolzene Spektralrohr in Tätigkeit setzen wollte, versagte es seinen Dienst. Eine sofortige Prüfung der sekundären Zuleitungen zeigte durch lebhaftes Funken, daß der Transformator in Ordnung war. Auch war mit Sicherheit Kontakt zum Spektralrohr vorhanden. Ich schaltete ein und aus und variierte die Sekundärspannung; das Spektralrohr blieb dunkel. Nach solchen vergeblichen Versuchen von vielleicht einer halben Minute Zeitdauer setzte plötzlich das Heliumleuchten ein, als ob vorher kein Strom vorhanden gewesen wäre. Hätte ich die Zuleitungen verlötet und sekundär ein Braunschtes oder ähnliches Elektrometer angeschaltet gehabt, so wäre ein Zweifel über ein dem Pseudo-Hochvakuum ähnliches Phänomen unmöglich gewesen. Leider hatte ich ein derartiges Instrument nicht zur Hand. An diesem Tage konnte die Röhre, nachdem sie erst einmal gezündet hatte, jederzeit wieder von neuem zum Leuchten gebracht werden. Aber am anderen Tag blieb sie nach dem Einschalten wieder dunkel und brauchte etwa 10 Sekunden zur Zündung. Nach einer mehrstündigen Ruhepause brauchte sie wieder 1—2 Sekunden zur erneuten Zündung.

Nun war jeder Zweifel über das Vorhandensein eines Pseudo-Hochvakuums ausgeschlossen. Auch zu späteren Zeiten habe ich die Erscheinung zu wiederholten Malen zu beobachten Gelegenheit gehabt. Nachdem die eigentlichen Ionisierungsversuche abgebrochen waren, wurde die Verbindung zum McLeod wiederhergestellt und in ihm der gleiche Druck wie zu Anfang der Versuche, etwa 1 mm Hg, festgestellt. Wir verzeichnen zunächst als Tatsache, daß durch wirklich reines Helium von etwa 1 mm Druck keine elektrische Entladung (von 2—3000 Volt) hindurchging.

3. Dann gehen wir zum zweiten Fall über, bei dem eine ähnliche Erscheinung in einem Gemisch von Wasserstoff und Quecksilberdampf beobachtet wurde. Fig. 2a veranschaulicht die Pump-

einrichtung, die bei allen Versuchen Verwendung fand. Das Pumpensystem P geht einerseits über Hahn 1 zur Vorpumpe, einer Gädaschen Kapselpumpe, andererseits zum Ionisierungsapparat A mit seinen Nebenteilen. An einer Stelle ist dort das Palladiumrohr Pd angeschmolzen. Eine (gestrichelt gezeichnete) Umwegleitung verbindet die Röhren vor und hinter dem Pumpensystem. In ihr liegt, nach beiden Seiten durch die Hähne 2 und 3 abtrennbar, das „Hoch-Vorvakuum“ von etwa 2 Litern Inhalt. Die Einrichtung wird in folgender Weise gehandhabt: bei geschlossenem Hahn 2 (Hähne  $\alpha$  und  $\beta$  denke man weg) wird durch die Kapselpumpe das ganze System auf rund 0,1 mm Hg, durch die Volmerpumpen der Apparat A und das Hoch-Vorvakuum HVV auf weniger als 0,00001 mm Hg entleert. Nun wird

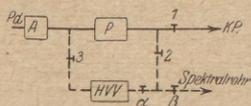


Fig. 2 a. Schaltung des Hoch-Vorvakuums.

1, 2, 3,  $\alpha$ ,  $\beta$ : Hähne, A: Versuchsapparat,  
KP: Kapselpumpe, Pd: Palladiumrohr,  
P: Stufenstrahlpumpe, HVV: Hoch-Vorvakuum

Hahn 1 und 3 geschlossen, 2 geöffnet und dadurch das „schlechte“ Vorvakuum durch ein sehr viel besseres ersetzt. Der Grund für diese Maßnahme lag in der Erkenntnis, daß die Pumpleistung mit der Güte des Vorvakuums Hand in Hand geht; je höher dieses, um so schneller und vollkommener arbeiten die Pumpen. Dies gilt (weniger für die heute meist verwendeten Aggregate) besonders für die „Stufenstrahlpumpe“, von der ich ein selten gutes Exemplar seit 1919 besitze.

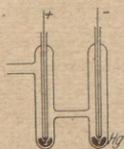


Fig. 2 b. Hg-Spektralrohr.

Die besprochene Einrichtung hatte ich monatelang im Betrieb, ehe ich erfuhr, daß von anderer Seite Patente auf ähnliche Dinge angemeldet wurden.

Es sei noch erwähnt, daß — wie leicht einzusehen ist — die Güte des „Hoch-Vorvakuums“ von der Kleinheit des „schädlichen“ Raumes zwischen der Pumpe und den Hähnen 1 und 2 abhängig ist.

Zu irgendeinem Zweck hatte ich ein Spektralrohr, dessen Form aus der Skizze Fig. 2 b ersichtlich ist, an der Umwegleitung angeschmolzen. Es war mit etwas Quecksilber versehen und sollte jetzt mit einigen Millimeter Wasserstoff gefüllt werden. Bei geschlossenem Hahn 2 und geöffneten Hähnen  $\alpha$  und  $\beta$  wurde alles auf 0,000001 mm Hg evakuiert und dabei das Spektralrohr auf den Siedepunkt des Quecksilbers anhaltend erhitzt.

Nach dem Erkalten werden die Hähne 1, 3 und  $\beta$  geschlossen, Hahn 2 geöffnet, dann geht der Inhalt des schädlichen Raumes von P bis 1 und 2 (rund 2 ccm), der unter 0,1 mm Druck stand, zu 999/1000 nach dem Hoch-Vorvakuum, das nun bei  $\alpha$  abgesperrt wird. Öffnet man darauf  $\beta$ , so füllt sich das Spektralrohr mit dem Rest des Gases aus dem schädlichen Raum und kommt so auf einen Druck von höchstens 0,0001 mm Hg. Wenn jetzt das Palladiumrohr Pd zur Glut gebracht wird, so schaffen die Pumpen den Wasserstoff in das Spektralrohr, welches bei  $\beta$  abgesperrt wird, wenn ein Gasdruck von einigen Millimetern erreicht ist. Darauf wird der bei den Heliumversuchen vorn erwähnte Wechselstromtransformator an das Spektralrohr gelegt und eingeschaltet: keine Spur von Leuchten. Das Quecksilber wird in beiden Schenkeln des Rohres bis zum Sieden erhitzt: gleichfalls ohne Erfolg. Also haben wir abermals eine Pseudohochvakuumserscheinung vor uns, und auf keine Weise war der Stromdurchgang durch das Gemisch von Wasserstoff und Quecksilberdampf zu erzwingen. Das Rohr mußte mit Luft gefüllt werden, dann wurde das Quecksilber nicht ausgekocht, evakuiert und auf dem Wege 3—HVV— $\alpha$ — $\beta$  Wasserstoff eingeführt: nun leuchtete das Gas normal, und die Röhre konnte abgeschmolzen werden.

Wer für gewöhnlich Spektralröhren herstellt, tut dies in einfacherer Weise. Hier geschah die Arbeit *nur nebenbei* und wie es sich gerade bequem mit vorhandenen Mitteln und Leitungen einrichten ließ, und *nur durch Zufall* wurden beide Male die beschriebenen Erscheinungen beobachtet. Die Beschreibung der experimentellen Einzelheiten habe ich deswegen gebracht, um beim Leser auftauchende Bedenken über die Zuverlässigkeit der Versuche im Keime zu ersticken.

4. Fassen wir die Erfahrungstatsachen zusammen, so können wir sagen: *Im absoluten Vakuum können selbstverständlich Ströme überhaupt nicht zustandekommen. In Gasen kommen in der Regel Ströme zustande. Es können aber Ausnahmen von dieser Regel eintreten, in denen in der Strombahn etwas vorhanden ist, was zum Aufhören der Leitfähigkeit führt, oder etwas fehlt, was für den Stromdurchgang notwendig ist.* Was dieses „Etwas“ ist, darüber sind verschiedene Vermutungen laut geworden. Das *Kontaktpotential* kennen wir alle; es spielte bei den Voltaschen Fundamentalversuchen beispielsweise eine gewisse Rolle. Bei Gasentladungen kommen außerdem noch die sog. *Doppelschicht* und die *Raumladung* in Frage. Diese drei Größen können als Störungsschichten beim Stromdurchgang aufgefaßt werden. Von den beiden ersten wissen wir, daß sie zahlenmäßig nicht mehr als einige Volt sein können, sie scheiden also bei der Erklärung des Pseudo-Hochvakuum von vornherein aus. Das Wesen der Raumladung (s. auch später!) scheint uns bis heute noch nicht so weit geklärt, daß sie mit Aussicht auf Erfolg zur Deutung des Phänomens

herangezogen werden könnte. Dies gilt auch für die sog. *Gashaut*, die das Innere einer jeden Vakuumröhre überziehen und die für einen geregelten Stromdurchgang unerlässlich sein soll. Sie wird durch den Gasverbrauch beim Betrieb aufgezehrt und erzeugt dann das Pseudo-Hochvakuum. Wir werden später sehen, daß man an diesen Deutungsversuch anknüpfen kann. Zur Stützung der genannten Erklärungsversuche sind mehrfach, auch in neuester Zeit, Experimente mit Doppelröhren oder mit Röhren, die doppelte Elektroden enthalten, angestellt, denen jedoch keine rechte Überzeugungskraft zukommt. Leider kann ich hierzu keine Literaturnachweise bringen, da mir zurzeit meine früheren Aufzeichnungen über diesen Gegenstand unerreichbar sind.

Andere Forscher glaubten die *Gasart* in gewisser Weise für das Phänomen verantwortlich machen zu müssen. Leider wissen wir — trotz vieler darauf gerichteter Bemühungen — immer noch nicht Bescheid über die Vorgänge in einer ganz gewöhnlichen Entladungsröhre, über die Bedeutung der Glimmschichten und Dunkelräume. Nehmen wir aber einmal an, der Stromdurchgang sei eine wesentliche Folge des Aufprallens von negativen Ionen auf die Anode (oder auch, wenn man das Gegenteil für richtiger ansieht, des Auftreffens der positiven Ionen auf die Kathode). Dann und nur dann tritt Zündung ein, wenn solche „freien“ Ionen vorhanden sind. Zweifelsohne werden sie zum Teil auf Rechnung der durchdringenden  $\gamma$ -Strahlung zu setzen sein. Jedenfalls, wenn derartige Ionen fehlen oder nicht hervorgebracht werden können, kann Zündung nicht eintreten, und man hat das Pseudo-Hochvakuum. Da einerseits die durchdringende Strahlung überall vorhanden ist, andererseits Pseudo-Hochvakuum in Luft, Wasserstoff, Helium und Quecksilberdampf auftrat, so kann es sich *nicht um Ionen dieser Gasarten handeln, sondern es müssen ganz bestimmte, bisher noch unbekannt Ionen sein*. Früher hieß es gelegentlich, elektronegative Gase begünstigten den Stromübergang. Das könnte wohl der Fall sein, wie sich nachher zeigen wird, und das würde heißen, daß in solchen Gasen leicht Ionen der genannten Art vorkommen können. Wir haben aber keine Kenntnis von hierher gehörenden Versuchen und kommen jetzt zu eigenen, die wohl Licht auf den ganzen Fragenkomplex werfen können.

6. Anschließend an meine Untersuchungen über die Ionisierungsspannung der Halogenwasserstoffe<sup>3)</sup> habe ich Messungen an verschiedenen Stoffen angestellt, über die an anderer Stelle berichtet wird. Hierbei trat ein auffallend starker Einfluß kleiner Wasserdampfmengen zutage, und zwar in einer Weise, daß kritische Potentiale gefunden wurden, die in auffälliger Nähe der bekannten Werte des Wasserstoffs lagen. Dies gab

Veranlassung, Ionisierungsversuche an Wasserdampf selbst anzustellen, in der Hoffnung, bei dieser Gelegenheit auch die Frage der Dissoziation und Ionisation des Wasserstoffes zu einer Klärung zu bringen, eine Frage, die allen bisherigen Bemühungen über diesen Gegenstand zum Trotz immer noch offen ist.

Ein Resultat meiner Versuche war die Erkenntnis, daß der Wasserdampf schon von einem recht geringen Dampfdruck an alle Elektronen, die etwa aus einem Glühdraht kommen, einfach „auffrißt“, ein recht rätselhafter Vorgang, der übrigens schon früher gelegentlich von anderer Seite beobachtet war, ohne daß man ihm ein besonderes Interesse beimaß. Wir hätten hier die Verbindung zu einem früher geäußerten Gedanken: Hier ist „etwas“ vorhanden, was zum Aufhören der Leitfähigkeit führt. Bei näherem Zusehen kommt man indessen zu dem Schluß, daß auf diesem Wege keine Erklärung des Pseudo-Hochvakuums gegeben werden kann. Man braucht sich nur die Frage vorzulegen: Woher sollte der Wasserdampf kommen, wenn doch die betreffenden Röhren vorher beim Evakuieren lange und hoch erhitzt worden sind? Und würde der Wasserdampf nicht fortwährend durch die Entladung zersetzt?

In der Tat wird der Wasserdampf zersetzt, mit welchem Arbeitsaufwand, das ist allerdings (trotz aller meiner darauf gerichtet gewesenen Bemühungen) noch eine völlig offene Frage für sich. Auch die *Art* der Zersetzung, die Natur der dabei gebildeten Ionen, ist noch absolut dunkel, bis auf einen Punkt vielleicht, der uns nachher noch beschäftigen soll. Jedenfalls wird der Wasserdampf durch Stoßelektronen oder durch die hohe Temperatur am Glühdraht, durch Lichtabsorption oder schließlich auf noch andere Weise nach OH und H zerlegt, später treten je zwei H-Atome zu einem Molekül zusammen, welches dann, nach Aufnahme der Energie von seiten eines Elektrones, die zur Dissoziation und Ionisation ausreicht, den bekannten Wert bei 17 Volt liefert. Von einer Ionisierung des Wasserdampfes selbst sieht man, auch mit feinen Mitteln, nicht die geringste Spur. Wir wollen also für später festhalten, was hieraus folgt: *Befindet sich in einer Röntgenröhre Wasserdampf, so wird er beim Stromdurchgang zerlegt, die Zerlegungsprodukte werden durch die Zerstäubung des Elektrodenmaterials an der Rohrwand festgehalten. Eine solche Röhre wird also fortgesetzt ärmer an Wasserdampf.*

7. Nachdem die Fruchtlosigkeit der messenden Ionisierungsversuche am Wasserdampf klar geworden war, wurde eine Bestimmung wenigstens der Dissoziationsarbeit von Wasserstoff und Wasserdampf angestrebt, und zwar nach einer Methode, die als „Reagens“ Wolframtrioxyd, ein zithronengelbes Pulver, benutzt, welches durch atomaren Wasserstoff, wie *J. Langmuir* nachgewiesen hat, zu einer dunkelblauen Verbindung reduziert wird. Der Farbumschlag ist sehr

<sup>3)</sup> Zeitschr. f. Physik 7, 328, 1921. Ergänzung dazu: „Registrierapparat“ siehe Z. f. Inst.-Kunde 8, 241, 1923.

scharf; tritt er ein, so ist das ein Kennzeichen für die Anwesenheit von atomarem Wasserstoff. Bei den Versuchen mit diesem Körper traten unerwartete Erscheinungen zutage, von denen an dieser Stelle nur eine besprochen wird: im höchsten Vakuum, das sich erreichen ließ (ohne Glühdraht und andere Störungsquellen), wurde bei Zimmertemperatur das Wolframtrioxyd in kurzer Zeit „von selbst“ blau. Diese Reduktion erfolgte um so schneller, je weniger das betreffende Rohr gereinigt war. Aber auch bei sehr lange evakuierten und erhitzten Gefäßen trat immer wieder diese Erscheinung ein. Dies kann meines Erachtens nur so verstanden werden, daß die *Glaswand*, auch die nach hoher Erhitzung „trockene“, immer noch *sehr viele Wassermoleküle enthält*, die (offenbar unter dem katalytischen Einfluß eines Wandbestandteiles, vielleicht des Siliziums) zerfallen. Der hierbei freiwerdende atomare Wasserstoff reduziert das Wolframtrioxyd.

Mit der Beobachtung steht ein anderer Befund im Zusammenhang: Man kann eine Vakuumröhre noch so sorgfältig leerpumpen, die Hähne usw. sind ideal: stets ist nach einer gewissen Zeit (Stromdurchgang und Glühen von Drähten sei dabei ausgeschlossen!) ein winziger Gasrest vorhanden (siehe auch den Befund beim Heliumversuch vorn). Es ist dies Wasserstoff, der sich aus dem atomaren Wasserstoff gebildet hat. Dieser Gasrest gibt in einem schlechten „guten“ Vakuum den bekannten Ionisierungsknick bei 17 Volt. Der Wasserstoff entstammt also *nicht* etwa dem (selbstverständlich vorher lange und hoch geglühten) Glühdraht, wie man bisher in der Regel angenommen hat. Hier verdient die Bemerkung *Astons* Erwähnung, der in seinem schönen Buch über Isotope<sup>4)</sup> schreibt: „Seine (des Wasserstoffs) ständige Anwesenheit in Strahlen, die durch die gewöhnliche Entladungsröhrenmethode erzeugt werden, unabhängig, welches Gas verwendet wurde, ist selbst eine sehr auffallende Erscheinung . . .“ *Hier, in der Glaswand*, liegt die Quelle für die bisher unverständlich gewesene Allgegenwart des Wasserstoffs. Weiter ist seit den ersten Zeiten der Spektroskopie bekannt und an dieser Stelle von Interesse, daß wohl in den meisten Spektralröhren sich die Wasserstofflinien mehr oder weniger bemerklich machen, wobei ihre Anwesenheit oftmals störend empfunden wird, häufig auch erwünscht sein kann, wenn man die Linien als Referenzlinien braucht. Durch *lange* Zeit anhaltendes Pumpen in Verbindung mit einem langen und hohen Erhitzen des Rohres kann man dahin kommen, daß diese Gasabgabe recht gering wird, aber ganz zum Aufhören kann man sie, soweit ich gefunden habe, nicht bringen.

Beim Zerfall eines solchen, von der Glaswand kommenden Wasserstoffatoms (etwa durch die durchdringende Strahlung hervorgerufen) sind die Ionen einerseits das negative Elektron, andererseits der positive Wasserstoffkern. *Dieses*

Ion zeichnet sich vor allen sonstigen Ionen in einer für viele Vorgänge offenbar grundlegenden Weise dadurch aus, daß es den (wenn unsere Meinung darüber richtig ist) kleinsten Durchmesser besitzt, den es überhaupt gibt. Während bekanntlich die Atombühner in der Größenordnung von einigen  $10^{-8}$  cm liegen (unangeregtes H-Atom  $1,1 \times 10^{-8}$ ), hat das Elektron einen Durchmesser von  $10^{-12}$  bis  $10^{-13}$  cm, der H-Kern, das Proton, aber  $10^{-15}$  bis  $10^{-16}$  cm. Hierin liegt bei allen gaskinetischen Fragen eine ganz außerordentliche Bevorzugung dieses Protons allen anderen Ionen gegenüber. Jedes andere Ion hat einen Durchmesser, der sich nur unerheblich von dem des unangeregten Atoms unterscheidet, es hat auch recht nahe die gleiche Weglänge wie dieses. Das Proton aber, wegen seines kleinen Querschnittes, übertrifft mit seiner freien Weglänge alle anderen Ionen oder Atome um ein Erhebliches, um das 5,6fache. Seine Energie ist im elektrischen Feld unter diesen Umständen die gleiche wie die eines Elektrons. Die größere Masse hat zur Folge, daß in einem elektrischen Feld das Impulsmoment dieses Protons unverhältnismäßig viel größer wird als das des Elektrons.

Dieses Proton vermag nun auch fremde Atome zu ionisieren. Der Vorgang der Ionisierung, für gewöhnlich als einfacher Stoß des Elektrons auf das Atom gedacht, ist zweifelsohne ein komplizierterer Vorgang. Wie weit insbesondere die einfachen Stoßgesetze auf den Fall der Ionisierung durch ein positives Ion anwendbar sind, ist eine offene Frage. Es ist nicht von der Hand zu weisen, daß das Proton wegen seiner größeren Masse und seines kleinen Querschnitts möglicherweise in besonderem Maße mit Ionisierungsvermögen begabt ist.

8. Diese Annahme erfährt durch folgende Überlegung eine wesentliche Erweiterung. Die Wasserstoffkerne, in ihrem Bestreben, das ihnen entrissene Elektron wiederzugewinnen, sind durch eine außerordentlich hohe „Elektronenaffinität“ ausgezeichnet, das heißt: trifft dieses Proton gleich nach seiner Erzeugung, also noch ohne Eigengeschwindigkeit mit einem fremden Atom oder Molekül zusammen, so vermag es diesem ein Außenelektron zu entreißen, falls dieses an das Fremdatom oder -molekül weniger fest gebunden war, als es nachher an das Wasserstoffatom gebunden wird. Mit anderen Worten: der Wasserstoffkern kann allein durch seine Gegenwart alle die Atome und Moleküle zu neuen Ionenpaaren machen, deren Ionisierungsenergie niedriger ist als die Ionisierungsspannung des Wasserstoffatoms, wenn er mit ihnen zusammentrifft.

Fand aber der Zusammenstoß zwischen Proton und Fremdatom *am Ende der Bahn* des Protons statt, *so kommt zu dem Ionisierungsvermögen*, die das Proton allein schon auf Grund seiner Geschwindigkeit und Masse besitzt, *noch das Zusatzglied hinzu, das durch die Elektronenaffinität des Protons ausgedrückt ist*. Diese Atomgröße liegt

<sup>4)</sup> F. W. Aston, Isotopie. Leipzig, S. Hirzel, 1923.

für die am stärksten elektronegativen Substanzen wie Chlor, Brom und Jod in der Gegend von 2—3 Volt. Das Proton übertrifft mit seinen  $13\frac{1}{2}$  Volt Elektronenaffinität jene Stoffe um das rund 5—7fache. Hier begegnen wir dem bereits früher ausgedrückten Gedanken, die Elektronenaffinität mit dem Pseudo-Hochvakuum in Verbindung zu bringen.

E. v. Bahr und J. Franck (haben<sup>5)</sup>) zwar Versuche auf dem Gebiet der Ionisierung durch positive Ionen unternommen, aber eine befriedigende Deutung derselben steht noch aus. Diese Forscher fanden ganz allmählich ansteigende Ionisierungskurven, an denen kein kritisches Potential abgelesen werden konnte, im Gegensatz zu den Ionisierungskurven, die mit Stoßelektronen aufgenommen wurden und die, wie man weiß, meist scharf definierte Potentiale geben. Möglicherweise, wie auch die beiden Autoren vermuten, gaben die Glühdrähte bei diesen Versuchen ein Gemisch von Ionen ganz verschiedener Größe ab, jede Ionenart für sich hätte vielleicht ein kritisches Potential gegeben. Auch war der Spannungsabfall auf dem Glühdraht beträchtlich. So trat eine Überlagerung der verschiedenen Knicke ein, wodurch eine gegenseitige Verwischung der kritischen Punkte in den Kurven wohl erklärt werden könnte. Eines scheint jedenfalls unseres Erachtens mit Gewißheit aus den genannten Versuchen hervorzugehen, nämlich, daß die positiven Ionen von einer gewissen Geschwindigkeit an überhaupt fähig sind, beim Zusammenstoß neue Ionenpaare zu bilden.

Rückblickend stellen wir nochmals die Hauptpunkte des Gedankenganges zusammen:

1. Im absoluten Vakuum können selbstverständlich Ströme überhaupt nicht zustande kommen.
2. In Gasen kommen in der Regel Ströme zustande.
3. Es können aber Ausnahmen von dieser Regel eintreten, in denen in der Strombahn etwas fehlt, was für die Einleitung des Stromes notwendig ist.
4. Dieses „Etwas“ sind Wasserstoffkerne (Protonen), die durch die überall vorhandene durchdringende Strahlung aus Wasserstoffatomen freigemacht werden.

Sie haben in besonderem Maße das Vermögen, neue Ionenpaare zu bilden, die dann den Strom weiterhin aufrechterhalten.

Die Wasserstoffatome entstammen dem Wasser, welches jede Glaswand gebunden enthält.

Ist das Wasser aufgebraucht, so tritt das Pseudo-Hochvakuum in die Erscheinung.

Vielleicht wird es mit Hilfe des Protons gelingen, ein Verständnis für die gesamte Gasentladung zu gewinnen, was unter Annahme von Elektronen, gewöhnlichen Ionen und Gasmolekülen resp. -atomen nicht gelungen ist.

9. Die Wirksamkeit der „Regeneriervorrichtungen“ erscheint uns hiernach in einem anderen Licht als vordem. Diese Vorrichtungen sind ganz und gar nicht dazu da, neues Gas in die Röntgenröhre hineinzulassen. Das ist ein durchaus nebensächlicher Effekt. Sie haben vielmehr nur den Sinn, die Röhre mit neuen Wasserstoffatomen zu versehen, nachdem die alten aufgebraucht sind. Daß sie dazu fähig sind, ist leicht einzusehen. Bei dem Palladiumrohr ohne weiteres. Denn es ist eine längst bekannte Tatsache, daß der vom Palladium und den ihm verwandten Metallen abgegebene Wasserstoff atomarer Natur ist, neuerdings auch von verschiedenen Seiten angegeben, daß diese Wasserstoffatome eine auffallend lange Lebensdauer besitzen. Beim Bauerventil wird direkt feuchte atmosphärische Luft eingelassen und die Wasserdampfmoleküle werden in der vorher gezeigten Weise zerlegt. Ganz gleich verhält es sich mit den Gasen, die aus Glimmer entweichen, sie enthalten Wasserdampf.

10. Es handelte sich bei allen bis jetzt besprochenen Vorgängen um Gasentladung ohne Beihilfe von besonderen, in den Röhren angebrachte Elektronenquellen, und dabei trat die Notwendigkeit der Anwesenheit von kleinen Wassermengen zutage, ein Bedürfnis, das offenbar bei einer großen Zahl von chemischen Reaktionen befriedigt werden muß, soll die Reaktion überhaupt in Gang kommen. Das bekannteste Beispiel hierfür ist das hochgradig getrocknete Knallgas, welches durch keine Mittel zur Explosion gebracht werden kann. Wir erkannten hier, daß auch absolut trockene Gase unfähig sind, einen elektrischen Strom zu leiten. Wir haben weiter dafür Anhaltspunkte, daß sogar dann (trotz Richardson) keine Stromleitung zustande kommt, wenn in einer Entladungsröhre die Elektronen von Glühdrähten „ausgesandt“ werden und wenn in solchen Röhren der Wasserdampf fehlt. In der Tat zeigten Versuche, beispielsweise mit Glühdrähten aus reinem Platin, in Gefäßen, die aufs äußerste evakuiert und von Wasserdampf befreit waren, ein eminentes Absinken des Elektronenstromes, der von dem glühenden Platindraht zu einer beliebigen Anode geht, ein Absinken vom Beharrungszustand, der nach einiger Zeit unter „gewöhnlichen“ Verhältnissen erreicht wird, um einen mehrhundertfachen (!) Betrag für den Fall, daß der Wasserdampf entfernt wurde. Nach diesen nur orientierenden Versuchen halte ich es für so gut wie sicher, daß keine Elektronenemission von glühenden Drähten auch anderer Metalle stattfindet, bei der nicht irgendwelche Gasspuren im Raum (es braucht nicht in allen Fällen der Ausgangsstoff Wasserdampf zu sein!) eine lebenswichtige Rolle spielen. Das darf eigentlich (angesichts der Ähnlichkeit der Vorgänge der „Loslösung“ der Elektronen durch Licht oder Glut) auch niemanden Wunder nehmen, der die Arbeiten von Freden-

<sup>5)</sup> Verh. d. Dt. Phys. Ges. XV, 57, 1914.

hagen<sup>6)</sup>, Wiedemann und Hallwachs<sup>7)</sup> und zuletzt die von Krüger und Ehmer<sup>8)</sup> in der Erinnerung hat. In den beiden ersten wurde der Standpunkt vertreten, daß zum Auftreten des Photostromes Gasspuren notwendig seien, in der dritten Arbeit ist überzeugend nachgewiesen, daß der Photoeffekt mit der Gasbeladung des Materials Hand in Hand geht. Das „Agens“ *Fredenragens* ist derselbe Wasserstoff oder Wasserdampf, dessen Ab-

<sup>6)</sup> Verh. d. Dt. Phys. Ges. XV, 201, 1914.

<sup>7)</sup> Verh. d. Dt. Phys. Ges. XV, 107, 1914.

<sup>8)</sup> Zeitschr. f. Physik XIV, 1, 1923.

wesenheit das Pseudo-Hochvakuum zur Folge hat. Das Wesen und die Wirkungen dieses Stoffes näher zu erforschen, muß eine der nächsten Aufgaben sein. Dabei werden sich neue Gesichtspunkte für die sog. Elektronen„emission“ und die „Raumladung“ gewinnen lassen. Ich bemühe mich eben um die Erscheinung der Elektronenabgabe im höchsten Vakuum, um so die vorhin angedeuteten Versuche zu sichern und auf eine breitere Basis zu stellen, und ich gedenke, in absehbarer Zeit hierüber Neues berichten zu können.

## Über die Widerstandsfähigkeit der Dauerformen von wirtschaftlich wichtigen Milben. (Ergebnisse experimenteller Untersuchungen.)

Von Hanna Schulze, Berlin-Dahlem.

Es ist kein Zufall, daß viele Großschädlinge zu den Kosmopoliten gehören. Erinnerung sei nur an die Weltverbreitung von Flöhen, Bettwanzen, Ratten, Mäusen, überhaupt von allem Ungeziefer größerer oder kleinerer Art bis hinunter zu den Bakterien. Das Interesse an diesen Kosmopoliten ist ein doppeltes: einmal ein praktisches, weil sie *überall* Schaden stiften; ferner ein mehr theoretisches, da alle hierher gehörende Formen gewisse gemeinsame Züge aufweisen, welche ihre weltweite Verbreitung ermöglichen. Es wäre eine reizvolle Aufgabe, zunächst einmal alle landbewohnenden Kosmopoliten auf diese gemeinsamen Züge hin zu untersuchen. Von einer Eigenschaft steht fest, daß sie mit die Grundursache dafür ist, daß gewisse Tier- und Pflanzenarten Kosmopoliten werden können; es ist dies der Zustand des latenten Lebens, den sie bei Ungunst der Verhältnisse eingehen können. Aus praktischen Gründen habe ich mich längere Zeit mit der Beobachtung von Milben befaßt, und zwar mit einigen Arten aus der Familie der Tyroglyphidae (*Latreille*), die als kosmopolitische Vorratsschädlinge außerordentliche Verluste verursachen. Bei diesen Schadformen finden wir ein besonderes Entwicklungsstadium, nämlich das sogenannte Hypopusstadium, das wir gewissen Zuständen latenten Lebens bei anderen kosmopolitischen Lebewesen gleichstellen können. Erinnerung sei dabei an die Dauerformen der Schwämme, Bryozoen, Rotatorien, vieler Würmer, an die Sporen der Bakterien, an Dauereier der Crustaceen, Cysten der Protozoen sowie die seltene Gruppe der Tardigraden.

Man bezeichnet treffend den Hypopus der Milben auch als „Dauerstadium“ oder als „Wandernymphe“. Diese beiden Namen charakterisieren die hervorstechendsten Eigenschaften des Hypopus und geben zugleich einen Hinweis dafür, daß die Tyroglyphusmilben ihre weltweite Verbreitung diesem besonderen Entwicklungsstadium verdanken. Hier sollen einige Eigentümlichkeiten der Dauerformen der Milben kurz dargelegt werden unter Bezugnahme auf kürzlich durchge-

föhrte experimentelle Arbeiten, die ich auf Veranlassung von Herrn Professor A. Hase, Berlin-Dahlem, ausführte.

Es sind im wesentlichen nach meinen Untersuchungen folgende Eigentümlichkeiten, die die weltweite Verbreitung der Milben ermöglichen: 1. Veränderung der Gestalt mit der Neigung zur Oberflächenverkleinerung. 2. Verhalten der Dauerformen bei Möglichkeit eines Transportes. 3. Erhöhte Widerstandsfähigkeit der Dauerformen gegen Austrocknung. 4. Erhöhte Widerstandsfähigkeit der Dauerformen gegen ungünstige Temperaturen.

Ehe ich auf die eben angeführten Punkte des Näheren zu sprechen komme, sei noch vorausgeschickt, daß Hypopi nur bei den Tyroglyphidae, und zwar bei den meisten Arten, auftreten, wobei zu jeder Tyroglyphusart ein charakteristisch gestalteter Hypopus gehört. Von dieser Regel kennen wir bis jetzt drei Ausnahmen: 1. *Trichotarsus osmia* (Duf.), 2. *Trichotarsus ludwigi* (Trouess.) sowie 3. *Tyroglyphus farinae* (Koch). Die genannten Milben können nämlich nicht nur eine, sondern zwei morphologisch wie physiologisch wohlunterschiedene Hypopusformen entwickeln. Anlässlich meiner Untersuchungen konnte ich mit Sicherheit feststellen, was bisher nicht bekannt war, daß auch die letztgenannte Art, *die gemeine Mehlmilbe*, der auch praktisch die größte Wichtigkeit zukommt, zwei verschiedene Hypopusformen besitzt, und zwar eine freibewegliche (die ich als Hypopus I bezeichne), und eine unbewegliche, manchmal encystierte (Hypopus II).

Nun zu den oben unter 1. bis 4. genannten Punkten!

Zu 1. Gestaltlich ist der Hypopus, der als Art-erhalter (Dauerstadium) und als Artverbreiter (Wandernymphe) eine besondere Rolle spielt, gegenüber der gewöhnlichen Tyroglyphusmilbe in folgender Weise verändert. Während die Tyroglyphusnymphe und Prosopa (geschlechtsreife Milben) einem wandelnden Ei vergleichbar sind und eine relativ große, freie Oberfläche, die leicht verletzlich ist, allerlei Angriffen darbieten,

besitzt der Hypopus die Form eines Uhrschälchens, das mit seiner konkaven Seite einer ebenen Fläche aufliegt. Seine freie Oberfläche ist, gemessen an derjenigen der gleichgroßen Nymphen, auf die Hälfte reduziert. Außerdem ist das Chitin des Rückens mächtig verstärkt und schützt so, außer gegen Vertrocknung, auch gegen mechanische Verletzungen. Am Hinterende der Bauchseite besitzt der Hypopus eine große Saugscheibe, aus vielen einzelnen Saugnapfen zusammengesetzt, mit denen er sich an glatten Flächen anheften kann. Da die Tiere während der ganzen Dauer dieses Stadiums, das sich über viele Monate, ja über Jahre — bis jetzt wurden von anderen Autoren bis zu zwei Jahren beobachtet — erstrecken kann, keine Nahrung zu sich nehmen, so sind die Mundwerkzeuge gänzlich rückgebildet und zum Zerkleinern von festen Nahrungsteilchen unbrauchbar. Die Gehwerkzeuge der in dieser Weise gestalteten Hypopi sind normal ausgebildet, so daß diese Tiere *freibeweglich* und einer *aktiven Ortsveränderung* fähig sind.

Bei einigen Tyroglyphusarten finden wir andere, gestaltlich noch weiter veränderte Hypopusformen, die zu einer eigenen *aktiven Ortsveränderung unfähig* sind. Bei diesen Hypopi sind die Füße mehr oder weniger rudimentär, die Anlage der Mundwerkzeuge ist kaum angedeutet oder unterbleibt ganz; auch entbehren diese Formen der großen Saugscheibe. Diese fast gänzlich undifferenzierten Hypopi bleiben außerdem gewöhnlich in der Haut der Nymphe, aus der sie gebildet worden sind, *encystiert*.

*Zu 2.* Alle *freibeweglichen Hypopi* gehen, trotzdem sie zu eigener, aktiver Ortsveränderung fähig sind, sobald sich Gelegenheit bietet, zu *passiver Wanderung* über, indem sie größere Insekten, welche die Milbenkolonie berühren, als Transporttiere benutzen. Sowie ein in Bewegung befindlicher Körper die langen Sinneshaare an den Vorderbeinen eines Hypopus berührt oder auch nur in die unmittelbare Nähe derselben kommt, richtet sich die Wandernymphe auf; sie nimmt die sogenannte „*Reiterstellung*“ ein, die so zustande kommt, daß die Saugscheibe den Körper an der Unterlage festhält und stützt, während die Vorderbeine tastend in die Luft gestreckt werden. Sowie die Möglichkeit besteht, sich an dem vorbeiwandernden Insekt festzuhalten, lösen sich die Saugnapfe von der Unterlage ab und werden an dem fremden Tierkörper sofort wieder angesetzt. Es ist sehr wahrscheinlich, daß der Hypopus bei dem Transport seine anfängliche Lage nochmals verändert, da man die Wanderformen immer an den gegen Abstreifen geschütztesten Körperstellen des Transporttieres (besonders den Körpereinschnitten oder kleinen Vertiefungen) findet. Die an dem zeitweiligen Wirt haftenden Hypopi — es können tausende zugleich sein — stören dessen Lebenshaushalt gewöhnlich nicht, es sei denn, daß sie sich gerade am Kopf

des Transporttieres festsetzen und dieses bei der Nahrungsaufnahme behindern. Trotzdem haben wir es bei den Hypopi stets mit unechtem Parasitismus zu tun, während die Tyroglyphusnymphen und Prosopa zu echtem Parasitismus übergehen können. Einen vom mir genauer untersuchten Fall habe ich kürzlich veröffentlicht<sup>1)</sup>.

Die Verbreitung aller einer Eigenbewegung unfähigen oder encystierten Hypopi geschieht auf andere Weise als die vorerwähnte. Insekten kommen als Verbreiter für diese Formen nicht in Betracht, sondern hauptsächlich *Verwehung durch Wind* oder *Verstreuung durch andere bewegende Kräfte* (etwa beim Umladen oder Umschütten von milbenverseuchten Vorräten). Vorbedingung für eine Windverstreuung ist natürlich eine gewisse Leichtigkeit und Trockenheit der zu verwehenden Masse. Auffälligerweise befinden sich die Kolonien derjenigen Tyroglyphusarten, die einen encystierten oder unbeweglichen Hypopus besitzen (z. B. *Glyciphagus spinipes*, *Gl. domesticus*), an besonders trocknen Örtlichkeiten, und die Substanzen, welche von diesen Milbenarten befallen werden, weisen einen sehr geringen Feuchtigkeitsgrad auf. Dagegen ist für die Tyroglyphusarten, zu denen ein eigenbeweglicher Hypopus gehört (z. B. *T. mycophagus*), ein ziemlich hoher Feuchtigkeitsgrad der Umgebung Lebensbedingung. An solchen Plätzen befinden sich gewöhnlich in fauliger Zersetzung begriffene Substanzen, die den Milben zur Nahrung dienen, zugleich aber auch größere Insekten anlocken, die wiederum von den Hypopi als Transporttier benutzt werden.

Bei dem Transport zu neuen Futterplätzen (gleichgültig ob durch Insekten verschleppt oder vom Wind verweht oder etwa auch durch Bahntransporte) sind die Hypopi den verschiedensten schädigenden Einflüssen ausgesetzt. Diesen begegnen sie mit außerordentlicher Widerstandsfähigkeit und bewähren sich so als „Dauerstadium“.

*Zu 3.* Beobachtungen und Versuche über das Verhalten gegenüber schädigenden Einflüssen, wie sie die Witterungsungunst mit sich bringt, wurden von mir an Hypopi von *T. mycophagus* und den beiden Hypopusformen von *T. farinae* angestellt. Zunächst wurde die Widerstandsfähigkeit der Dauerformen gegen Trockenheit untersucht. Diese Beobachtung ist vor allen andern wichtig, weil Trockenheit (d. h. ein geringerer Feuchtigkeitsgrad der Umgebung als 14 % Wasser) für die Tyroglyphidae im allgemeinen und für *T. mycophagus* ganz im besonderen verhängnisvoll ist. Daher muß der Hypopus jeder Tyroglyphuspecies „trockenheitsfester“ sein als alle andern Entwicklungsstadien. Und tatsächlich konnten wir für die Hypopi von

<sup>1)</sup> Vgl. Schulze, H., Beiträge zur Biologie von *T. mycophagus*; Zerstörung einer Mehlwurmzucht durch diese Milbe. Arb. a. d. Biolog. Reichsanst. Bd. 11, Heft 2, 1922.

*T. mycophagus* und *T. farinae* (und wahrscheinlich auch für alle andern Arten) feststellen, daß diese Voraussetzung zutrifft. Während Nymphen und Prosopa von *T. mycophagus* nach einem Wasserverlust von 54 % innerhalb 5 Stunden bei Zimmertemperatur zugrunde gehen, bleibt der Hypopus, ohne Zuchtmasse, isoliert, mindestens 24 Stunden lebensfähig; der Hypopus I (= freibeweglich) von *T. farinae* sogar bis zu 3½ Tagen. Der unbewegliche Hypopus der Mehlmilbe ist dagegen noch viel trockenheitsfester; seine Lebensfähigkeit erlischt selbst bei *siebenmonatlangem Aufenthalt* nicht, wenn die Tiere in „staubtrocknem“ Mehl oder bei Zimmertemperatur in Glasschalen isoliert aufbewahrt werden.

Zu 4. Auch das Verhalten bei verschiedenen Temperaturen rechtfertigt vollaus die Bezeichnung des Hypopus als „Dauerstadium“. Denn da, wo die Lebenstätigkeit der Nymphen und Prosopa aufhört, fängt die stärkere Widerstandskraft der Hypopi gegen besonders hohe wie niedere Temperaturen an; d. h. *außergewöhnlich hohe wie niedere Temperaturen, die den Tod aller andern Entwicklungsstadien herbeiführen, werden von dem Hypopus unbeschadet ertragen*. Zum Beweis hierfür sollen einige Zahlen mitgeteilt werden.

#### *Tyroglyphus mycophagus.*

Es halten aus: — 8° die Nymphen und Prosopa nur 24 Stunden, aber — 7° die Hypopi 72 Stunden!, also die dreifache Zeit!

Bei der Mehlmilbe, *T. farinae* (*Koch*), liegen die Verhältnisse insofern noch günstiger, da dieser Species *zwei verschiedene Dauerformen* zur Verfügung stehen, von denen der unbewegliche, manchmal encystierte Hypopus II den freibeweglichen Hypopus I noch bei weitem an Widerstandsfähigkeit übertrifft. Dies war schon aus

den Angaben über das Verhalten bei besonderer Trockenheit ersichtlich, und diese Überlegenheit wird durch das Hinzukommen der größeren Widerstandskraft gegenüber niederen Temperaturen noch erhöht. Auch hierfür einige Zahlen!

#### *Tyroglyphus farinae.*

a) Bei einer Temperatur von — 2 bis — 7° (— 4,5°) und 24 Stunden Wirkungszeit starben 100 %, d. h. *alle* Hypopi I, während 50 % der Hypopi II am Leben blieben.

b) Bei einer Temperatur von — 2 bis — 7° (— 4,5°) und 32 Stunden Wirkungszeit starben 100 %, d. h. *alle* Hypopi I, während 40 % der Hypopi II am Leben blieben.

Ist der Hypopus nun von der alten Kolonie verschleppt worden und hat er alle ihm drohenden Gefahren glücklich überstanden, so gründet er unter günstigen Bedingungen, die hier nicht näher erörtert werden können, eine neue Milberkolonie, indem er sich zur Nymphe II umwandelt. Aus dieser geht durch nochmalige Häutung die geschlechtsreife Milbe hervor, in deren Nachkommenschaft wiederum Hypopi ausgebildet werden, um den Fortbestand der Art zu sichern.

Daß der in morphologischer wie physiologischer Hinsicht von den gewöhnlichen Entwicklungsstadien der Tyroglyphidae abweichende Hypopus hervorragend geeignet ist, zu der kosmopolitischen Verbreitung dieser Milben wesentlich beizutragen, weil er die Ungunst langer Zeiträume zu überdauern imstande ist, dürfte nach dem Vorgegangenen klar ersichtlich sein. Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß diese erstaunliche Widerstandsfähigkeit der Dauerstadien gerade der Milben, die praktisch von größter Wichtigkeit sind (Mehlmilbe, Hausmilbe u. a. m.), uns vor besonders schwierige Aufgaben der Bekämpfungstechnik stellt.

## Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

### Lumineszenzerregung durch aktiven Stickstoff

In einer kürzlich in *Nature* (111, 599) veröffentlichten Notiz von *E. P. Lewis* wird über die Erregung von Phosphoreszenz an einer Reihe von festen Körpern durch darüber geleiteten aktiven Stickstoff berichtet. In einer seit Jahresfrist unter unserer Leitung von Herrn cand. phil. *Tanneberger* durchgeführten Experimentalarbeit über den schon vor dem Kriege von einem von uns (*Tiede*) mehrfach behandelten aktiven Stickstoff haben wir unabhängig von *Lewis* schon seit längerer Zeit in Rede stehende Lumineszenzphänomene aufgefunden und in bestimmter Richtung näher untersucht. Im Hinblick auf die Veröffentlichung von *Lewis* und auf eine ganz kürzlich in *Nature* (111, 705) enthaltene Bestätigung von *W. Jevons* möchten wir hier unsere Beobachtungen vorläufig mitteilen.

An chemisch nicht definiertem Material beobachtete *Lewis* Lumineszenzerregung an einer größeren Anzahl meist anorganischer Salze. Wir fanden den Effekt zuerst an Borstickstoffpräparaten, die die Eigenschaft der *Flammenerregbarkeit* stark zeigten (vgl.

*E. Tiede* und *F. Büscher*, *Ber.* 53, 2206 [1920], *E. Tiede* und *H. Tomaschek*, *Z. f. Elektroch.* 29, 303 [1923]). Bei anschließender systematischer Untersuchung an einem umfangreichen Material konnten wir an folgenden Körpern besonders starke Erregbarkeit feststellen: Lithiumfluorid, Lithiumkarbonat, Berylliumkarbonat, Berylliumoxyd, Bornitrid, Bariumplatinzyanür, Magnesiumkarbonat, Calciumazid, Bariumazid, Molybdänsäure, Terephthalsäure, Isophthalsäure. An dem von *Lewis* angeführten Material konnten wir im wesentlichen die gleichen Feststellungen machen. Bei Betrachtung aller bisher als besonders gut erregbar gefundenen Substanzen fällt auf, daß sie fast ausnahmslos im Gitterverband Stickstoff oder Elemente mit kleinerer Ordnungszahl mit enthalten. Wir halten es für möglich, daß dieser Feststellung einige Bedeutung zukommt. — Auffällig ist ferner, daß die sonst als besonders stark lumineszenzfähig bekannten Substanzen, wie die Sulfide und Oxyde der zweiten Gruppe des periodischen Systems relativ wenig oder gar nicht angeregt werden, was auch *Lewis* für den Calciumsulfid-

phosphor hervorhebt. Die beim Zerfall des aktiven Stickstoffs frei werdende Energie erfüllt also offenbar die Anregungsbedingungen dieser Substanzen nicht.

Die Anregung der verschiedenartigsten Substanzen zur Lumineszenz ist jedoch keineswegs auf den zerfallenden aktiven Stickstoff beschränkt. Fast das gleiche Resultat erhält man durch zerfallendes Ozon, wenn der Zerfall des Ozons durch Erwärmung beschleunigt wird. Es kommen dabei jedoch nur die Substanzen in Betracht, die bei Erwärmung nicht zerfallen oder chemisch nicht in Reaktion treten, wie z. B. Bornitrid. Handelt es sich dagegen um durch Ozon oxydable Substanzen wie etwa Siodotblende (ZnS) (vgl. *F. Richarz* und *R. Schenk*, Sitz.-Ber. Preuß. Akad. d. Wiss. 1903, p. 1102 und 1904, p. 1), so liegen die Verhältnisse wesentlich komplizierter, da außer der Energie des zerfallenden Ozons noch die aus der Oxydation stammende Energie in Betracht gezogen werden muß.

Wir sind der Ansicht, daß man noch viele chemische Reaktionen wird auffinden können, durch die bestimmte Substanzen zur Lumineszenz angeregt werden. Die Untersuchungen von *Haber* und *Zisch* (*Z. Ph.* 9, 302, 1922) über die Anregung von Gasspektren durch chemische Reaktionen und die Arbeiten von *Kautsky* und *Zoher* (*Z. f. Elektroch.* 29, 308, 1923) über das

Wesen der Chemilumineszenz weisen in die gleiche Richtung.

Ferner sind wir der Ansicht, daß hierin auch die Ursache der Flammenerregbarkeit zu suchen ist, wobei die bei der chemischen Reaktion in der Flamme frei werdende Energie eben zum Teil in einer Form abgegeben wird, daß gewisse Substanzen zur Lumineszenz angeregt werden können. (Wie weit auch das Auerstrumpffänomen in diesen Zusammenhang hineinbezogen werden kann, lassen wir einstweilen dahingestellt.)

Die Bedeutung dieses hier kurz dargelegten, bisher noch so gut wie unerforschten Gebietes ist ersichtlich. Aus vorstehendem ergibt sich, daß viele Substanzen, von denen man bisher kaum glaubte, daß sie als Grundmaterial von lumineszenzfähigen Stoffen dienen könnten, unter geeigneten Anregungsbedingungen wohl zur Lumineszenz angeregt werden können. Dabei bleibt noch vollkommen unerörtert, welche Rolle aktivierende Metalle (wie bei den Sulfidphosphoren) Präparationsbedingungen, Temperaturlage usw. spielen, so daß auf diesem Gebiet noch alles zu tun bleibt.

Berlin, Chem. Institut der Universität, 7. Aug. 1923.

*Erich Tiede, Arthur Schleede.*

## Mitteilungen aus verschiedenen biologischen Gebieten.

**Der Schellfisch auf den Heringslaichplätzen.** Der Hering ist nicht nur eine der wichtigsten, sondern auch der gemeinsten und individuenreichsten Fischarten der nordeuropäischen Meere, und dennoch ist es bisher nur selten gelungen, seinen natürlich abgelegten Laich im Meere zu finden. Wohl hat man diesen Laich in unmittelbarer Nähe der Küste, wo es sich um die im Frühjahr laichenden Küstenheringstämme handelt, des öfteren auf Pflanzen, Steinen u. dgl. klebend angetroffen. Aber den Laich des Seeherings, der wegen der gewaltigen Größe seiner Schwärme der individuenreichere und wirtschaftlich wichtigere ist, hat man an Orte der Ablage bisher nur in ganz seltenen und vereinzelt Fällen gefunden. Dies gilt ganz besonders von den Seeheringen der Nordsee, mögen nun deren Laichplätze im Westen oder Osten oder Süden dieses Meeres zu suchen sein.

An Versuchen zur Auffindung des Laichs hat es keineswegs gefehlt, denn die fischereiliche Forschung hat allezeit ein großes Interesse dafür gezeigt, die Lage der Heringslaichplätze kennenzulernen und z. B. festzustellen, wieweit dieselben regelmäßig besucht oder gelegentlich gewechselt werden. Nachdem die Versuche, den Heringslaich mit der Dreifische am Boden zu fangen, immer wieder ergebnislos verlaufen waren, mußte man schließlich auf andere indirekte Nachweise von Heringslaichplätzen das Hauptgewicht legen. Ein sehr wertvolles derartiges Auskunftsmittel ist der Fang von möglichst jugendlichen Heringslarven und deren Rückverfolgung zum eben ausgeschlüpften Fischchen. Das Vorhandensein von Heringslarven, die noch Reste des Dottersacks besitzen, bildet ein ziemlich untrügliches Zeichen dafür, daß man sich auf oder in unmittelbarer Nähe eines Heringslaichgebietes befindet.

Es gibt indessen noch ein anderes ziemlich untrügliches Hilfsmittel für den Nachweis der Heringslaichplätze, das ist der Fang von Fischen, die sich an den Laichmassen gütlich getan und deren Magen damit mehr oder weniger angefüllt ist.

Unter diesen Fischen spielen Kabeljau, Köhler und Wittling eine gewisse Rolle, aber weitaus der wichtigste

ist der *Schellfisch*, und gerade dieser letztere ist schon oftmals als großer Räuber des Heringslaichs beobachtet und als solcher sowohl auf der Kleinen Fischerbank, Jütlandbank, wie auf der Doggerbank<sup>4)</sup> gefangen worden.

In Schottland aber hat man in letzter Zeit begonnen, die Beobachtungen über den Fang solcher mit Heringslaich vollgefressenen Schellfische — wie man dort sagt: „spawny haddocks“ — systematisch durchzuführen und auf diese Weise ein äußerst umfangreiches und wertvolles Material gesammelt, über das unlängst Dr. *A. Bowman*, wissenschaftlicher Expert des Fishery Board for Scotland, in den Schriften dieser Behörde (Scientific Investigations 1922, Nr. IV, April 1923) einen ausführlichen, durch eine Karte illustrierten Bericht erstattet hat. *Bowman* gibt an, daß die spawny haddocks für viele Fischer und auch auf den Märkten eine wohlbekanntere Erscheinung seien, da sie sich schon durch ihr Äußeres verraten, ohne daß man nötig hat, durch Aufschneiden den Heringslaich im Innern festzustellen. Sie sehen wohlgenährt aus und etwas plump in der Form; dabei hat ihre Haut einen charakteristischen zarten Schimmer, der das dunkle Pigment verdeckt. Der Fisch ist weichlich und empfindlich und hält sich für den Markt sehr schlecht, selbst wenn er in Eis gepackt wird. Dieser Umstand, daß solche Fische äußerlich gut kenntlich sind, hat es sehr erleichtert, zahlreiche Daten über ihr Vorkommen zu sammeln, und wenn wir die von *Bowman* gegebene Karte mustern, sehen wir zu unserer Überraschung, daß diese Schellfische an zahlreichen Stellen der schottischen Ost- und Westküste sowie namentlich auch im Norden und rings um die Orkneys- und Shetlandsinseln herum beobachtet wurden, und — was besonderes Interesse beanspruchen kann — daß sie in zwei aufeinander folgenden Jahren (1921 und 1922) auf

<sup>4)</sup> Vgl. Mitteilungen des Deutschen Seefischereivereins 1903, S. 406, und 1906, S. 259; ferner Verhandl. uit het Rijksinstituut v. h. onderzoek der zee I. Deel 1906, S. 34 (*Boeke*).

annähernd den gleichen Plätzen angetroffen werden konnten. Die Beobachtungen auf der Westseite und namentlich bei den Hebriden und rings um die Shetlandsinseln herum datieren meist aus den Frühjahrsmonaten Februar, März, April und betreffen also Heringe, die im Frühjahr gelaicht haben; dagegen sind vor der schottischen Ostküste, von Longstone nordwärts bis zu den Shetlandsinseln, Daten aus den Monaten August, September, Oktober angegeben, die also auf herbstlaichende Seeheringe hindeuten, Heringe, die offenbar mit den schlechthin als schottische Heringe bezeichneten identisch sind und die also wahrscheinlich auch von den durch unsere Heringstrawler gefangenen spezifisch nicht verschieden sind.

Die Daten über das Vorkommen von Heringslaich an der schottischen Ostküste lassen wohl erkennen, daß das Laichen bei den Shetlandsinseln früher beginnt als bei Longstone, aber ein zu erwartendes gleichmäßiges Fortschreiten des Laichens mit der Jahreszeit von Norden nach Süden ist doch nicht ersichtlich. Erwähnenswert ist noch, daß die Frühjahrs- und Herbstheringe mehrfach auf denselben Gründen laichend angetroffen wurden. Auch ist von Interesse, daß die spawny haddocks nicht immer von allen auf demselben Gebiet fischenden Trawlern gleichmäßig gefangen werden, sondern oft nur in wenigen Fällen unter vielen Zügen einen erheblichen Prozentsatz bilden. Aus diesem Grunde und auch aus allgemeinen Überlegungen wird man *Bowman* nicht zustimmen können, wenn er in dem Laichfraß der Schellfische eine ungeheure Vernichtung der Heringe erblickt. Vollkommen abwegig aber ist es, wenn der genannte Autor berechnet, daß eine einzige Mahlzeit eines Kabeljau, welche nach Zählung etwa 50 000 Heringseier umfaßt, gleichbedeutend mit der Vernichtung von 50 000 Heringen sein soll. Tatsächlich kann diese Eir menge nur etwa 3 bis 4 erwachsenen Heringen gleichgesetzt werden.

Es ist nun sehr auffallend, daß die durch das Vorkommen der spawny haddocks charakterisierten Laichgründe durchweg ziemlich nahe der Küste liegen und jedenfalls viel näher als die Fangplätze unserer Trawlheringsfischer, wie z. B. Fladengrund, Gat usw., und da die im Trawl gefangenen Heringe wenige Wochen vor dem Laichen stehen und anscheinend zum Laichen ziehen, so ist es wahrscheinlich, daß dieser Laichzug hier in den schottischen Gewässern im allgemeinen ostwestwärts oder wenigstens landwärts gerichtet ist, daß also die Heringe von der hohen See kommen, um näher unter Land zu laichen. Diese Feststellung ist um so wertvoller, als manche andere Zeichen darauf hinzudeuten schienen, daß die Trawlheringe im Begriff sind, ostwärts zu wandern, um zum Laichen die Mitte der Nordsee aufzusuchen. Man wird die Heringslarven, die in jenen Gebieten vorkommen, auf ihre Mengen und Größenverhältnisse studieren müssen, um diese Verhältnisse vollkommen zu klären. Die zahlreich Larven von 10—30 mm Länge, die bei einer deutschen Untersuchungsfahrt Mitte Oktober 1922 im Bereich des Gat erbeutet wurden, vermochten noch keinen Aufschluß darüber zu geben, ob sie sich nach der Küste zu bewegen oder, wie es nunmehr wahrscheinlicher ist, sich seewärts von den Laichplätzen ausbreiten. Aber wenn es gelingt, zu geeigneter Zeit eine Reihe von Larvenfängen zwischen dem Gat und der Küste zu machen und die Größenverhältnisse zu prüfen, so wird sich die hier aufgeworfene Frage gewiß beantworten lassen.

Obwohl sich der Bericht von *Bowman* nur auf Beobachtungen an der schottischen Küste erstreckt, so weiß

man doch aus ähnlichen englischen Wahrnehmungen<sup>2)</sup>, daß die Verhältnisse vor der englischen Ostküste ganz gleichartig liegen. Daß sich die Heringslaichgebiete von der schottischen Küste südwärts nach Northumberland fortsetzen, ist durch den Fang von spawny haddocks direkt erwiesen, daß aber auch weiter südlich, z. B. in der Gegend von Smiths Knoll, die englischerseits vermuteten Laichplätze wirklich existieren, konnte durch deutsche Beobachtungen nachgewiesen werden. Wir fingen Anfang Februar 1908 bei 51° 48' N und 2° 43' O (d. i. der Südostrand der Tiefen Rinne) auf 33 bis 38 m Tiefe ungeheure Massen sehr jugendlicher Heringslarven, vielfach noch mit Dotterrest, im Vertikalnetz pro Quadratmeter Oberfläche etwa 375 Stück. Ähnliche Fänge, wenn auch nicht ganz so groß, wurden in dem ganzen Gebiet südöstlich bis südöstlich von Smith Knoll bis zum Schouwen-Grund gemacht, auf 35 bis 45 m Tiefe, bei Smith Knoll selbst jedoch nicht. Es handelt sich zum großen Teil um dieselben Gründe, auf denen die Schollen vorzugsweise laichen.

Ehrenbaum.

**Betrachtung über die Axiome der Biologie.** (*J. S. Haldane*, A lecture on the fundamental conceptions of biology, Brit. med. Journ. Nr. 3244, S. 359—363, 1923.) Nach kurzer Besprechung der älteren grundsätzlichen Annahmen über die Lebensvorgänge, der mechanistischen Theorie von *Descartes*, des Animismus von *Stahl* und der Lebenskrafthypothese beschäftigt sich *Haldane* ausführlicher mit der im allgemeinen heute herrschenden „neo-mechanistischen“ Lehre, nach der alle Lebensäußerungen abhängig von den physikalischen und chemischen Bedingungen der Umwelt und daher auch als physikalisch-chemische („mechanische“) Vorgänge zu betrachten sind.

*Haldane* akzeptiert den ersten Teil dieses Satzes bedingungslos und lehnt daher auch den Vitalismus von *Driesch* u. a. ausdrücklich ab; er bestreitet jedoch, daß der zweite Teil des Satzes aus dem ersten folge, und erblickt in diesem Fehlschluß die wichtigste Ursache dafür, daß manche Probleme der Physiologie hoffnungslos festgefahren seien. Als notwendige Einstellung für die Beschäftigung mit physiologischen Fragen bezeichnet Verfasser die Anerkennung und hinreichende Berücksichtigung der Tatsache, daß alle Zellen eines Organismus in einem auf das feinste regulierten Milieu (internal environment) leben und daß die feine Regulation zur Erhaltung dieses Milieus wiederum einen sehr wesentlichen Anteil der Zellfunktionen bildet. Auch in einzelligen Organismen meint er ein „Milieu“ von den spezifischen Strukturelementen unterscheiden zu dürfen; als Beleg dient ihm die (wahrscheinlich) der Nierentätigkeit vergleichbare Funktion der kontraktilen Vakuolen im Innern von Einzelzellern. Bei den Funktionen der Sinnesnerven scheint ihm die Dauererregung eine Analogie zu den gleichförmigen physikalisch-chemischen Bedingungen zu bieten, die im allgemeinen das Wesen des „Milieus“ ausmachen; z. B. ist ihm die bei vollkommener Dunkelheit noch vorhandene subjektive Lichtempfindung ein Zeichen dafür, daß auch die am Leben beteiligten Elemente gewisse „Milieubedingungen“ schaffen, durch die hindurch erst die Einwirkungen der Außenwelt zu den spezifischen Strukturelementen gelangen. Der Zusammenhang zwischen Struktur und innerem Milieu ist so innig, daß man nicht sagen kann, welches vom anderen abhängig ist; auch der Ausdruck eines gegenseitigen Einflusses gibt das tatsächlich Bestehende ungenügend wieder

<sup>2)</sup> Vgl. Fischerbote 1922, S. 427 oben.

Nicht nur im ganzen Organismus, sondern wiederum in jedem einzelnen Organ, jedem besonderen Gewebe offenbart sich der unlösliche Zusammenhang des speziellen Milieus mit der speziellen Zellstruktur und der speziellen Funktion. „Form, Aufbau, Tätigkeit und Milieu sind untrennbar aneinander gebunden; sie existieren nur relativ zueinander.“ Die rein mechanistische Auffassung der Lebensfunktionen ist nicht imstande, den Tatsachen der Fortpflanzung des Lebens und der Vererbung der zahlreichen Funktionen gerecht zu werden, selbst wenn sie einzelne Funktionen eines fertig entwickelten Organismus zu deuten vermag. Die mechanistische Theorie des Lebens ist ebenso unhaltbar wie die vitalistische. Von rein biologischem, gegen den klassisch physikalischen resolut abzugrenzenden Standpunkt ist der Versuch, Teile des Lebendigen, wie Struktur, Milieu und Funktion für sich zu betrachten, ebenso sinnlos wie die Statuierung von Bewegung oder Zeitablauf in einem ganz leeren Universum. Isolierte Strukturelemente z. B. sind leblos und gehören deshalb nicht mehr zum Bereich der biologischen Wissenschaft. Eine scharfe räumliche Grenze zwischen „innerem“ und „äußeren“ Milieu existiert nicht; da das innere Milieu zum „Lebendigen“ hinzugehört, ist auch keine scharfe Grenze zwischen belebter und unbelebter Welt zu ziehen. Die „Umwelt“ ist nicht etwas außerhalb des Lebendigen Befindliches und daher ist auch „Leben“ nicht an bestimmten Strukturelementen zu lokalisieren; dies ist ebensowenig möglich, wie etwa die Lokalisation des „Bewußtseins“ im Gehirn. Das „Leben“ eines Organismus kann auch nicht in eine Reihe von Einzelprozessen aufgelöst werden; man darf wissenschaftlich nicht nach dem „Mechanismus“ einer Organfunktion fragen, sondern nur nach den „Einzelheiten“ (details) dieser Funktion und stets in dem Bewußtsein, daß der Organismus ein einheitliches Ganzes ist. „Beständigkeit und Ganzheit“ (persistence and wholeness) sind wesentliche Charakteristica des Lebendigen; Abstraktion von diesen Eigenschaften führt zur Ignorierung des Lebendigen selbst und muß zu falschen Fragestellungen führen. Die Eigenschaften der Beständigkeit und Ganzheit schließen die Anpassungsfähigkeit der Organismen an veränderte innere Bedingungen in sich; strenger Ausschluß „teleologischer“ Betrachtungsweise führt deshalb nur zu einem unverständlichen Mischmasch zusammenhangloser Beobachtungen. Anpassung macht sich auch in dem gemeinsamen Wirken vieler Einzelzellen im Gesamtorganismus, aber auch im Zusammenleben ein- oder vielzelliger Organismen geltend. Die Ermittlung der rein physikalischen und chemischen Zusammenhänge führt zu keinem Verständnis dieser Erscheinungen, macht sie im Gegenteil um so dunkler, je weiter sie fortschreitet; nur der rein biologische Standpunkt führt zu einem zusammenhängenden und stetigen Fortschritt des Erkennens. Anatomie als reine Betrachtung der Strukturen des toten Organismus ist keine Biologie; die Zukunft der Anatomie als biologischer Wissenschaft kann nur beim Experiment liegen, das die Relativität zwischen Struktur, Milieu und Funktion untersucht. Biologie und exakte Naturwissenschaft unterscheiden sich nicht so sehr durch die räumlich getrennten Forschungsobjekte, wie durch verschiedene Axiome bei der Deutung der Beobachtungsergebnisse. Vielleicht aber bahnt sich durch die Relativitätslehre in der Physik und durch die modernen Atom-

theorien etwas an, was auch die Axiome der exakten Naturwissenschaften den Axiomen der Biologie nähern wird. Die Sonderstellung der biologischen Axiome ermöglicht auch eine Berücksichtigung der bewußten psychischen Erscheinungen (ohne deren Eigenart anzutasten), während sie den exakten Naturwissenschaften ganz fremd gegenüberstehen. W. Heubner.

Kongresszentralblatt für die gesamte innere Medizin und ihre Grenzgebiete Bd. 29.

**Über den Einfluß des Keimzellenalters auf die Vererbungsrichtung.** Je mehr die Vererbungslehre experimentell ausgebaut wird, desto mehr häufen sich auch die Fälle, wo die charakteristischen Mendelspaltungen sich in der Nachkommenschaft nicht zu verwirklichen scheinen. Es ist aber bis jetzt fast immer geglückt, besondere Ursachen dafür verantwortlich zu machen, die eine Verschiebung nach der einen oder der anderen Seite bedingen. Hierher gehört nun anscheinend auch das Alter der Keimzellen; einen guten Überblick über das, was bisher nach dieser Richtung in Erfahrung gebracht werden konnte, gibt eine kurze Abhandlung von O. Köhler (Biol. Centralbl. 43, 1923). In den meisten Fällen äußert sich der Einfluß des Keimzellenalters darin, daß die normale Sexualrelation (50% ♂ : 50% ♀) verschoben wird. So konnte Correns feststellen, daß bei der Befruchtung der Lichtnelke mit frischem Pollen Gleichgewicht zwischen Männchen und Weibchen herrscht, daß dagegen bei Anwendung von altem Pollen schließlich nur mehr Männchen erscheinen; darnach sind also die männchenbestimmenden Pollenkörner resistenter. Dagegen bedingt überreifes Spermia bei der Taube Weibchenüberschuß. Diese beiden Beispiele beziehen sich auf männliche Keimzellen. Analoges ist auch bei weiblichen beobachtet. Überreife Eier von *Talaeoporia* entwickeln sich hauptsächlich zu Männchen, weil bei der Überreife des X-Chromosom vorwiegend in den Richtungskörper ausgestoßen wird und somit männchenbestimmende Eier resultieren, während unter normalen Verhältnissen das X-Chromosom ebenso oft im Ei verharret als es in den Richtungskörper wandert. Dem äußeren Bild nach schließen sich hieran die Frösche an: aus überreifen Eiern entstehen Männchen oft zu 100%. Hier läßt sich aber zeigen, daß das X-Chromosom nicht von vornherein ausscheidet, sondern anscheinend erst im Verlauf der Ontogenese ausgeschaltet wird, so daß aus ursprünglich entotypischen Weibchen metagam Männchen werden. In der entgegengesetzten Richtung wirkt die Überreife bei Kühen. So beträgt nach einer Statistik von Pearl und Parshley die Sexualrelation des Hausrinds bei Begattung zu Beginn der Brunst 98,4% ♂ : 100% ♀, bei Begattung während der Brunst 115,5% ♂ : 100% ♀ und bei Begattung gegen Ende der Brunst 154,8% ♂ : 100% ♀. In all diesen Fällen scheint sich die Herbwigische Vermutung zu bestätigen, daß durch Überreife die Produktion des jeweils heterogametischen Geschlechts begünstigt wird. Schließlich sei noch erwähnt, daß Versuche von Köhler an Seeigeln darauf hindeuten, daß unreife und überreife Geschlechtszellen bei Bastardierungen die Artmerkmale schwächer vererben als reife; das soll sowohl für Eier wie auch für Spermia gelten und würde besagen, daß wir es mit einem rhythmischen Valenzwechsel zu tun haben. Stark.