

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Zwölfter Jahrgang.

15. Februar 1924.

Heft 7.

Thomas Alva Edison.

Der Erfinder und der Forscher.

Zu seinem achtzigsten Geburtstage (10. Februar 1924).

Von John R. Hewett, Schenectady, N. Y., Editor of General Electric Review.

Als der Verfasser¹⁾ um einen Aufsatz über *Edison* als Mann der Wissenschaft gebeten wurde, wandte er ein, *Edison* sei ein großer Erfinder, aber kein Mann der Wissenschaft. Selbst wenn man durch Spitzfindigkeiten glauben machen könnte, er sei einer, was wäre damit gewonnen? Würde der Mann, dessen Name nicht nur in Amerika, sondern in der ganzen Welt für Originalität, Ideenfülle und erfinderisches Genie sprichwörtlich ist, ein Gelehrter genannt werden wollen? Der Verfasser fühlte, daß er *Edisons* Ruf eher mindern als mehrern würde, wenn er dem Erfinder par excellence eine falsche Bezeichnung gäbe. Über *Edison* und sein Werk ist so viel gesagt worden, und Überschwang und Romantik haben die Wahrheit so oft durch unverantwortliche Angaben, entstellt, die angeblich von ihm selber stammen sollten, daß die groben Übertreibungen der unzutreffend Informierten vorsichtiger Leute leider oft dazu verführt haben, seine großen Leistungen zu unterschätzen.

Edisons Leben war von einer so ungewöhnlichen Tätigkeit ausgefüllt, und sein Werk ist für die Welt von so unschätzbarem Wert, daß es unmöglich ist, in einem kurzen Aufsatz ein zutreffendes Bild von dem zu geben, was er zuwege gebracht hat. Besonders schwer ist es zu zeigen, was er für die reine Wissenschaft geleistet hat, denn er hat sein ganzes Leben mit der Anwendung der Wissenschaft auf die Technik zugebracht. Während seiner ganzen Laufbahn sind seine wissenschaftlichen Entdeckungen nur Nebenerzeugnisse seiner Erfindungen gewesen, und deswegen sind sie im Vorwärtshasten der produktiven Arbeit unvermerkt geblieben. Aber seine ungeheure Energie und seine geistige Spannkraft sind so ganz der Arbeit gewidmet gewesen, daß, selbst wenn seine technischen Leistungen zu 99 % der angewandten und nur zu 1 % der reinen Wissenschaft gehören sollten, dieses eine Prozent eine große Leistung für die wissenschaftliche Welt darstellt.

Edisons Arbeitsmethoden sind von denen der anderen verschieden gewesen. Und deswegen

¹⁾ Der Verfasser hat das Material des ausgezeichneten Buches „Edison, sein Leben und seine Erfindungen“ von F. L. Dyer und T. C. Martin benutzen dürfen und verdankt besonderes Material den ihm von *Edison* gegebenen Notizen und der Unterhaltung mit ihm.

glauben viele, es seien überhaupt keine wissenschaftlichen Methoden; aber in Wahrheit ist *Edisons* Verfahren, eine Aufgabe anzugreifen und zu lösen, echt wissenschaftlich. Nur muß man erst den Unterschied zwischen *Edisons* Leben, Schulung, Umwelt verstehen lernen im Vergleich mit jenen der meisten andern, die ihr Leben technischen und wissenschaftlichen Aufgaben gewidmet haben.

Eine Schuldefinition für „Wissenschaft“ lautet: Wissen, erworben und bewährt durch genaue Beobachtung und richtiges Denken, im besonderen methodisch formuliert und in ein rationelles System gebracht. Es wäre unmöglich, *Edisons* Methode besser oder genauer zu definieren.

Wenn aber *Edisons* Art zu arbeiten so genau mit der Definition der Wissenschaft übereinstimmt, warum klassifizieren wir ihn dann nicht unter unseren wissenschaftlichen Männern? Weil seine Methoden denen anderer so unähnlich sind, sein Werk so ursprünglich und seine Persönlichkeit so ungewöhnlich, daß er überhaupt nicht zu klassifizieren ist. Obgleich seine Methoden wahrhaft wissenschaftlich sind, so sind sie doch nicht schulgemäß — sie sind ursprünglich. Eine Generation kann tausend Gelehrte hervorbringen, aber nur einen *Edison*. *Kelvin*, *Rayleigh*, *Crookes*, *Lodge*, *J. J. Thomson*, *Rutherford* und viele andere namhafte Physiker und Gelehrte haben ihre Arbeiten als Zeitgenossen von *Edison* ausgeführt. Die Welt nennt sie alle als große Gelehrte und Männer von ungewöhnlicher Begabung, sie haben alle unser Wissen um wertvolle Beiträge bereichert. Und so hat auch *Edison* unser Wissen um wertvolle Beiträge bereichert; und obendrein hat er die Fundamente für große Industrien gelegt, die dem Leben der Menschen ungezählte Segnungen verschafft haben. Aber *Edison* ist keiner von diesen großen Physikern und nicht einer von ihnen ist ein *Edison*. Sie unterscheiden sich durch Erziehung, Schulung, Arbeitsmethode und Umwelt.

Die meisten großen Gelehrten haben eine klassische Erziehung genossen und sind gut geschulte Mathematiker. *Edisons* Mutter war Lehrerin und ihr Einfluß auf den Sohn stark und andauernd, aber der ganze reguläre Schulunter-

richt, den er genossen hat, bestand in drei Monaten Gemeindeschule in Port Huron. Er war nie ein Mathematiker, und mit seiner ursprünglichen Philosophie argumentierte er: „Ich kann immer ein paar Mathematiker anstellen, aber sie können mich nicht anstellen.“ Der Mathematiker absorbiert, der Erfinder erzeugt. Und wenn wir diese zwei großen Gaben, den mathematischen Geist und die schöpferische Kraft in *einem* Gehirn vereinigt vor uns haben, so haben wir das, was der Welt als großen Gelehrten oder Philosophen anzuerkennen gefällt. Auch hier wieder ist *Edison* einzigartig — er ist ein großer wissenschaftlicher Erfinder ohne die Hilfe der Mathematik. Das zwingt ihn, eigene Methoden anzuwenden, und diese sind so zeugungskräftig, daß es zu seinen liebsten Mußbeschäftigungen gehört, sich mit Dingen zu beschäftigen, die seine klassisch gerichteten Kollegen als unausführbar hingestellt haben.

Die meisten klassischen Gelehrten haben ihre Erziehung und ihren Unterricht an großen Schulen genossen, haben den Umgang mit hervorragenden Köpfen, die Ausnützung vortrefflicher Lehrmittel genossen, und haben Jahre ihres Lebens dem Studium allein gewidmet. Aber so war es nicht mit dem jungen *Edison*. Er experimentierte, bevor er lesen konnte, und verdiente Geld, während er arbeitete und sich selber erzog. Und wie köstlich waren einige seiner ersten Experimente! Als er sechs Jahre alt war, sah er eine Gans auf ihren Eiern sitzen und beobachtete das Ergebnis. Bald danach war er verschwunden und nach einer längeren Suche fand man ihn in der Scheune, auf einem Nest eigener Konstruktion sitzend, das mit Gänse- und Hühnereiern gefüllt war! Eines seiner andern Experimente, ein paar Jahre später, als er etwa zehn Jahre alt war, verrät zweifellos die wissenschaftliche Wißbegierde: er veranlaßte einen Jungen, große Mengen von Seidlitzpulver (doppelkohlensaures Natron) zu schlucken in der festen Überzeugung, daß das dabei erzeugte Gas es diesem möglich machen würde, zu fliegen. Der Erfolg war durchschlagend.

Nicht durch gelehrte Freundschaften und durch Verkehr mit hervorragenden Geistern gewann er seinen Kontakt mit der Arbeit und den Gedanken anderer, sondern durch alles verschlingendes Lesen und durch den Kampf mit der rauhen Wirklichkeit. Er verkaufte Zeitungen im Eisenbahnzuge, nicht weil er zu armen Leuten gehörte, sondern weil es ihn in die Lage versetzte, Apparate, Materialien, Bücher, Zeitschriften und Zeitungen zu kaufen, um seine Studien zu fördern. Seine Art zu lesen unterschied sich von der anderer wie Tag und Nacht. Er hatte als Knabe Zutritt zu einer Bibliothek, er warf sich auf eine ganze Abteilung und las Buch um Buch, unbekümmert um den Inhalt. Selbst von dem Knaben *Edison* hieß es, er könne „das Herz aus einem Buche herausreißen“. Er

las ungeheure Mengen und behielt alles, was nützlich war. Man erzählt von ihm, daß er nie von einer Tatsache las oder hörte, ohne das Bedürfnis zu haben, sie am Experiment zu prüfen — das echt wissenschaftliche Verhalten dem Leben gegenüber.

An Stelle des großen und kostbaren Lehrmittelapparates, den manche das Vorrecht haben, für ihre Schulung zu benützen, war *Edisons* Apparat von ihm selbst angefertigt. Er suchte die Stadt nach Flaschen ab, gab sein Ersparnis dafür aus, sie mit Chemikalien zu füllen und etikettierte sie — zweihundert verschiedenartige Flaschen — samt und sonders mit „Gift“, unbekümmert um ihren Inhalt, um andere davon abzuhalten, sie anzurühren. Sein erstes Laboratorium war im Keller seiner Mutter, und er hatte alle seine Überredungskunst aufzubieten für die Erlaubnis, sich dort aufzuhalten. Sein zweites Laboratorium war ein außer Dienst gesetzter Eisenbahnwagen für Raucher — außer Dienst gesetzt, weil nicht ventiliert — in dem Zuge, in dem er Zeitungen verkaufte. Hier passierte ihm eines der Mißgeschicke seines jungen Lebens; er verschüttete Phosphor, weil der Zug schleuderte und setzte den Zug in Flammen. Er wurde mit seinen Habseligkeiten an irgendeiner Haltestelle hinausbefördert und bekam bei dieser Gelegenheit von dem Zugführer eine so furchtbare Ohrfeige, daß sein Gehör dauernd ernst geschädigt wurde. Er hat diese Verletzung stets von der philosophischen Seite genommen. — Das alles geschah, als *Edison* noch ein Junge war.

Während *Edison* Zeitungsjunge war, fing er an, sich für Elektrizität zu interessieren. Er war mit dem Eisenbahntelegraphen vertraut. Batterien waren kostspielig, und so versuchte er, mit Reibungselektrizität das Telegraphensystem zu betreiben, das er aus Ofenrohrdraht, Flaschenisolatoren, mit Lappen isoliertem Magnetdraht und dergleichen zusammengebaut hatte. Er hatte keine Reibungselektrisiermaschine, und so benutzte er die Hauskatze. Die Hauptschwierigkeit war, daß die Katze sich gegen das heftige Reiben wehrte und schneller laufen konnte als *Edison*.

Nachdem *Edison* seine Heimat verlassen hatte, verbrachte er viele arbeitsreiche Jahre im mittleren Westen als Telegraphist. Er reiste von Ort zu Ort, wo er Arbeit finden konnte, und während der ganzen Zeit hörte er niemals auf zu experimentieren, wo er nur die Gelegenheit dazu fand. Er arbeitete Tag und Nacht. Sein Hauptziel beim Arbeiten war, Geld zu verdienen, um seine unaufhörlichen Fragen an die Natur in der Form von Experimenten fortsetzen zu können. Es gibt kein besseres Beispiel für „Wissen gewonnen und bewährt durch Beobachtung“, als diese Periode seines Lebens sie enthüllt.

So oft *Edison* Geld verdiente, gab er alles auf Untersuchungen und Experimente aus, ausgenommen das, was er für seinen Lebensunterhalt

brauchte. Sein erster großer Triumph als Erfinder war seine Erfindung des Börsentelegraphen, die ihm 40 000 Dollar brachte. Er hatte die Absicht, zwischen 3000 und 5000 zu fordern, bat aber General *Liffert* um ein Angebot. „Als mir 40 000 vorgeschlagen wurden,“ sagt *Edison*, „brachte mich das einer Ohnmacht so nahe wie nur jemals. Ich fürchtete, er würde mein Herz schlagen hören.“ Dieses Geld setzte *Edison* endgültig in die Lage, seine Laufbahn als Erfinder anzutreten; viel davon gab er auf seine jetzt berühmten Erfindungen aus, die automatische Zweifach- und Vierfachtelegraphie. *Jay Gould* zahlte für seinen Interessenanteil an dem Vierfachtelegraphen 30 000 Dollar. Das Geld ging wieder auf Versuche hin und namentlich auf die Entwicklung von Erfindungen in Verbindung mit dem Telephon, dem Motorschreiber und dem Mikrophon. Für seine Arbeit am Telephon bekam er sein jetzt berühmtes „Telephongeld“. Er bekam 100 000 Dollar für seinen Kohlentransmitter, und zwar gab er ihn auf das Angebot hin unter der Bedingung, daß ihm nicht alles auf einmal gezahlt würde, sondern 17 Jahre lang (d. h. während der Patentdauer) 6000 Dollar jährlich. Er wußte, er würde das ganze Geld für Versuche verbrauchen, wenn er es auf einmal bekäme und wollte das verhindern. Kurz danach erhielt er eine ähnliche Summe unter denselben Bedingungen für ein Relais, das ein anderes damals prohibitives Patent vollständig umwarf, und so bekam er 17 Jahre lang 12 000 Dollar pro Jahr von der Western Union Telegraph Company.

Edison gab sein ganzes Geld für Versuche aus und ein Teil davon verschaffte uns den Phonographen, die Erfindung, die seinen Namen in der ganzen Welt berühmt machte. Entgegen dem allgemeinen Glauben verdankte der Phonograph seine Anfänge nicht einem Zufall, bei dem sich *Edison* mit einer Spitze, die an einer Telephonmembran saß, in den Finger gestochen haben soll, sondern er war das Ergebnis reiner Überlegung, die von Versuchen mit einem automatischen Telegraphen ihren Ausgang nahm, der Punkte und Striche in einen Papierstreifen einprägte. *Edison* beobachtete, daß ein musikalischer Ton entstand, wenn der Streifen unter der Spitze entlang lief. In einem historischen Notizbuche findet sich eine von 1877 datierte Bemerkung: „Soeben Versuch an einer Membran mit Prägespitze, die gegen sehr rasch bewegtes paraffiniertes Papier gehalten wird. Die Schwingung wird sauber eingedrückt, ohne Zweifel werde ich im Stande sein, die menschliche Stimme aufzuspeichern und nach Belieben später zu reproduzieren.“

Einige von *Edisons* größten Arbeiten überschritten einander. Während er noch am Phonographen arbeitete, studierte er das reizvollste Problem der damaligen Zeit, das elektrische Licht. Die erste Gasgesellschaft für gewerbs-

mäßige Beleuchtung war 1804 in London organisiert worden, aber Talg und Öl waren noch immer die allgemeine Grundlage für Beleuchtungsmittel, und die große amerikanische Walfischflotte war die Quelle für Amerikanische Ölzufuhr bis über die Mitte des 19. Jahrhunderts hinaus. Im Jahre 1809 hatte Sir *Humphrey Davy* in der Royal Institution einen intensiven Lichtbogen zwischen Kohlenstäben gezeigt mit einer Batterie von 2000 Zellen als Energiequelle. Im Jahre 1835 warf *Faraday* elektrisches Licht aus dem Voltabogen von den Leuchtfeuern von South Foreland hinüber nach Dover. Von 1850 an entwickelte sich die Bogenlampe und die Dynamomaschine mit rapider Geschwindigkeit, und 1878 war die Bogenlampenindustrie Wirklichkeit geworden.

Um ein zutreffendes Bild von *Edisons* Arbeit zu bekommen, muß man sich hieran und an anderes damit Zusammenhängendes erinnern, und muß sich vergegenwärtigen, daß die wissenschaftliche Welt damals in heller Aufregung über die Möglichkeiten des elektrischen Lichtes war.

Im Anfang dieser neuen Beleuchtungsära beruhte der *modus operandi* auf dem *Verbrauche* von irgend etwas (gewöhnlich Kohle) in einer der Luft zugänglichen Lampe. Jede Lampe, die die Welt bisher gesehen hatte, war so. *Edison* fing seine Versuche mit Lampen derselben Art an und angeblich hat er den Flammenbogen bereits 1875 vorweggenommen. Bei der Beschäftigung mit dem Beleuchtungsproblem kam er zu der Überzeugung, daß die Beleuchtung von Häusern und geschlossenen Räumen das gegebene Feld für das künstliche Licht sei, und daß ein kaufmännisch erfolgreiches System alles das bieten müsse, was ein Gasbeleuchtungssystem bietet, und daß ein erfolgreiches elektrisches Licht für diesen Zweck eine Lampe sein müsse, die ihr Licht beim *Glühen* gäbe. *Edison* kannte die Arbeiten zahlreicher anderer Erfinder, die versucht hatten, eine elektrische Glühlampe herzustellen. Aber alles, was bis 1877 geschehen war, als er seine Versuche anfang, war kommerziell erfolglos. Viele der führenden Elektriker, Physiker und Sachverständigen, die die Frage ein Vierteljahrhundert lang studiert hatten, hatten mathematisch bewiesen, daß die Unterteilung des elektrischen Lichtes unmöglich sei. *Edison* hat niemals für sich beansprucht, ein Gelehrter oder ein Philosoph zu sein, aber er ließ sich auch niemals durch die Meinungen und Behauptungen oder die Beweise von andern binden. Es gibt wohl wenig bessere Beispiele für eine wirklich wissenschaftliche Art und Weise, an einen Gegenstand heranzukommen und die Lösung für ein die Welt irremachendes Problem zu finden, als *Edisons* Methode, die erste industriell erfolgreiche Glühlampe zu schaffen. Nach zahllosen Versuchen in den verschiedensten Richtungen kam *Edison* zu der Entscheidung: die Lösung des Problems der Unterteilung des elektrischen Lichtes oder vielmehr der Unter-

teilung des elektrischen Stromkreises liegt in der Erzeugung einer Glühlampe von großem Widerstande mit kleiner strahlender Oberfläche. Die Arbeit, die er nun zu leisten hatte, um die Aufgabe zu lösen, beanspruchte Jahre, und man könnte sie vollständig nur in etlichen Bänden beschreiben. Um ein geeignetes Material für den Faden zu finden, verkohlte er über 6000 verschiedene Formen vegetabilischer Herkunft, und er hatte 40 000 Dollar ausgegeben, ehe er einen Faden erzielte, der 40 Stunden brannte. *Edison* schloß seinen Faden in eine hermetisch geschlossene Glasglocke ein, so daß er sein Vakuum aufrechterhalten konnte, und es wird alle, die etwas von der Herstellung der modernen elektrischen Lampen und der vielen Formen von Elektronenröhren und Ventilen wissen, interessieren, daß schon *Edison* den Wert eines hohen Vakuums erkannte und den Vorteil, den man aus der Erhitzung des Fadens zog, während die Glaskugel ausgepumpt wurde. Im diesem frühen Stadium sammelte er durch das Experiment auch reichliche Erfahrungen über die Wirkung der zurückbleibenden Gase.

Edisons Interesse an einem Problem schien niemals abzunehmen, gleichviel ob seine Versuche dafür sechs Monate oder sechs Jahre dauerten. Es bedurfte einer solchen Veranlagung, um das Problem der elektrischen Beleuchtung zu lösen. Die Lampe war ja nur eine Einzelheit, eine wichtige Einzelheit freilich, aber doch nur eine unter vielen für die Erfindung und Entwicklung eines ganzen elektrischen Beleuchtungssystems. Für *Edisons* im höchsten Maße praktischen Sinn war es die Aufgabe, ein elektrisches Lichtsystem zu schaffen, das mit einem Gassystem in Wettbewerb, und zwar in sieghaften, treten könnte. Um das zu erreichen, studierte er die Gasfrage, und er soll mehr von Erzeugung, Verteilung und Verwendung von Gas gewußt haben, als irgend jemand in der damaligen Zeit.

Die Forschungsarbeit, die *Edison* leistete, als er dieses ganze Beleuchtungssystem entwickelte, umschloß eine Fülle von Arbeiten, die fast unvorstellbar ist. Eine ungefähre Idee davon bekommt man aus der Tatsache, daß er von 1880 bis 1908 nicht weniger als 375 Patente nahm, die diesen Komplex von Arbeiten betrafen. Von den Patenten bezogen sich 149 auf Glühlampen und ihre Herstellung, 77 auf Stromverteilungssysteme und ihre Regulierung, 106 auf Dynamomaschinen und Zubehör und 43 auf kleinere Dinge, wie Schalter, Lampensockel, Sicherungen, Zähler und dergleichen. — In dieser Fülle muß besonders aufmerksam gemacht werden auf seine Erfindungen der Hauptspeiseleitung und des Dreileitersystems.

Nur streifen können wir hier *Edisons* Arbeit für die elektrische Eisenbahn mit der bloßen Mitteilung, daß, während er noch mit der Entwicklung der Glühlampe beschäftigt war, er in Menlo Park eine elektrische Bahn baute mit allem, was

dazu gehörte, alles nach seinen eigenen Ideen, und daß die Bahn Passagiere und Güter beförderte.

Und wiederum während er noch mit der Entwicklung des Beleuchtungssystems beschäftigt war, unternahm und beendete *Edison* mit triumphalem Abschluß das Experiment, in riesigem Maßstabe magnetisch minderwertige Eisenerze zu trennen. Zwischen 1880 und 1885 machte er zahllose Versuche und baute er eine Anlage, um ganze Berge niederzureißen, die nur 20 % oder 25 % magnetisches Eisen enthielten. Jede Einzelheit dieser gigantischen Anlage, um das Gestein zu zertrümmern, hatte er selber entworfen. Die Menschen standen stumm vor Erstaunen, als sie *Edisons* Riesen Felsblöcke, die über eine halbe Tonne wogen, 20 bis 25 Fuß hoch bei diesem Zertrümmerungsprozeß in die Luft werfen sahen.

Wir haben gesagt, daß die Arbeit mit einem triumphalen Erfolge abschloß. So war es auch. Aber leider schloß sie mit einem ebenso gigantischen Mißerfolge. Der Erfolg war *Edison* zuzuschreiben, der Mißerfolg der Entdeckung eines reichen Eisenerzes in Minnesota, das für billiges Geld förderbar und auf den Markt zu bringen war. Darüber hatte der Schöpfer der mächtigen Anlage, die eine große Industrie begründet haben würde, keine Macht. Die Entdeckung in Minnesota drückte den Eisenpreis von 6,50 Dollar auf 3,50 Dollar die Tonne herunter. Ein solcher Schlag, eine ungeheure Anlage, die fünf Jahre unablässiger Arbeit gefordert hatte, unmittelbar nach ihrer Vollendung aufgeben zu müssen, würde die meisten Menschen stumpf gemacht haben. *Edison* hatte fast sein ganzes Geld hineingesteckt, und das Unternehmen war schwer verschuldet. Als die Entscheidung gefallen war, daß die Anlage aufzugeben war, weil sie niemals einen Gewinn bringen konnte, stieg er in den nächsten Zug heim nach Orange.

Er hatte stets seine Schulden bezahlt und auf dieser denkwürdigen Reise nach Hause machte er Pläne, um abzuzahlen. Er war entschlossen, niemand sonst unter dem Mißerfolg seines Planes leiden zu lassen und überlegte die Möglichkeit, die Schuld aus dem Nutzen des Phonographengeschäftes zu bezahlen, fand das aber zahlenmäßig unmöglich. So kam er auf dieser kurzen Reise zu einem bemerkenswerten Entschluß, der so charakteristisch für ihn ist, daß er festgehalten zu werden verdient. Die Welt kennt das Ergebnis des Entschlusses, weiß aber nichts davon, wie er dazu gekommen ist: er beschloß, eine Akkumulatorenbatterie zu entwickeln und die Erfahrung, die er beim Bau und beim Betrieb seiner Erzkonzentrationsanlage gesammelt hatte, dazu zu verwenden, die Fabrikation von Portland-Zement anzufangen. Und das tat er. Er richtete die Portlandzementfabrik ganz nach seinen Plänen ein und kümmerte sich um irgendwelche Überlieferung dieser alten, längst eingerichteten Industrie überhaupt nicht, kam mit neuen Ideen und neuen Methoden und baute eine Anlage, die

den Zement in riesigem Maßstabe produzierte und mit geringeren Kosten als irgendeine damals bestehende Anlage. Gleichzeitig mit dem Aufbau einer erfolgreichen Zementfabrik fing er seine erstaunliche Reihe von Versuchen an, eine neue und bessere Akkumulatorenbatterie herzustellen. *Edison* wandte seine eigenen Methoden auf diese Erfindung an, die wahrhaft wissenschaftlichen Charakter hatte und einen ungeheuren Umfang annahm. Die ersten 2—3000 Versuche machte er mit Kupferoxyd als neuem Element in einer Akkumulatorenbatterie. Es bot aber keine Vorteile. Nach lange fortgesetzten Untersuchungen entdeckte er eine Reihe von Reaktionen zwischen Nickel und Eisen, die viel versprechend waren. Aber zwischen dieser Entdeckung und dem Abschluß der Aufgabe lagen wohl an 50 000 Versuche. — So ziemlich dasselbe wäre von den unzähligen Versuchen zu erzählen, die er ausführte, um seinen Kinematographen und die anderen Erfindungen zu vervollkommen, die wir ihrer Überfülle wegen hier nicht aufführen können.

Schon diese kurze Übersicht über einen Teil von *Edisons* weltbekannten Arbeiten läßt es nicht zweifelhaft erscheinen, daß *Edison* ein großer Erfinder und ein großer Ingenieur ist. Ist er aber ein großer Mann der Wissenschaft? Er hat große Industrien aufgebaut, die mehr zum Behagen und zur Bequemlichkeit der Menschen beigetragen haben, als sich in Worte fassen läßt, und er hat das nur dadurch zu Wege gebracht, daß er auf die Industrie ein Wissen angewendet hat, das er durch „genaue Beobachtung erworben und bewährt“ hatte. Heißt das, daß seine *wissenschaftlichen* Leistungen nicht übermäßig groß sind? Er ist ein großer Forscher, aber er ist ein *größerer Erfinder*. Er hat niemals wissenschaftlich gearbeitet, um lediglich wissenschaftlichen Interessen zu dienen; aber er ist der größte Vertreter der industriellen *Forschung*, den wir je gesehen haben. Und da es sein Hauptziel war, die Wissenschaft auf die Industrie *anzuwenden*, so wurde derjenige Teil seiner Arbeit, der mehr Interesse für die reine Wissenschaft als für die Industrie hat, stets durch die Arbeit in den Schatten gestellt, die er für die *angewandte* Wissenschaft leistete.

Viele Nebenergebnisse seiner beweglichen Einbildungskraft und seines Erfindergeniums sind ebenso interessant oder noch interessanter für die Wissenschaft als für die Technik gewesen. Nur einige Beispiele zu geben ist möglich.

Die wissenschaftlichen Nebenergebnisse der Arbeit, die Glühlampen marktfähig zu machen, sind in vieler Beziehung wertvoll geworden. In einer Smithsonian-Veröffentlichung über die Geschichte des Lichtes von *Heinrich Schröder* heißt es: „Nach mehreren Versuchen konnte *Edison* endlich ein Stück gewöhnlichen Nähzwirnes verkohlen. Das montierte er in einer Glasglocke, sämtliche Fugen hatte er durch

Schmelzung des Glases verschlossen, um das hohe Vakuum aufrecht zu erhalten. Er hatte Platin-drähte in das Glas eingeschmolzen, um den karbonisierten Faden in der Glocke mit dem Stromkreis draußen zu verbinden, da Platin denselben Ausdehnungskoeffizienten wie Glas hat und daher eine luftdichte Verbindung möglich macht. Er vermutete, daß der verkohlte Faden okkludierte Gase enthalten müsse, die sofort verbrennen würden, wenn die geringste Spur Sauerstoff zugegen wäre. Er erhitze daher die Lampe, während sie noch mit der Pumpe verbunden war, nachdem er ein hohes Vakuum hergestellt hatte. Zu diesem Zweck schickte er einen schwachen Strom durch den Faden, um ihn vorsichtig zu erhitzen. Sofort traten die Gase aus dem Faden aus, und es dauerte 8 Stunden, bevor das aufhörte. Die Lampe wurde dann abgeschmolzen und war zum Versuch fertig.“

Im Jahre 1879 schickte *Edison* eine Mitteilung an die American Association für the Advancement of Science „Über die Erscheinungen beim Erhitzen von Metallen im Vakuum mit Hilfe eines elektrischen Stromes“. Die Mitteilung erschien in den Verhandlungen der Gesellschaft im Jahre 1879. Durch die Entdeckung, wie nützlich es ist, die Fäden zu erhitzen, während sie ausgepumpt wurden, und durch die Erkenntnis der Wirkung der Restgase, bahnte er den Weg für viele moderne Arbeiten. Als er das „Schwarzwerden der Lampenglocke“ studierte, bemerkte er auch den *Edison-Effekt*. Die Erzählung, wie er darüber am *William* (später *Sir William*) *Preece* und wie *Sir William* darüber an die Royal Society in London im Jahre 1884 berichtete, und die Ergebnisse daraus, hat *Clayton H. Sharp* 1922 in dem Journal of the American Institution of Electrical Engineers so anschaulich wiedergegeben, daß wir hier nur den Umriß davon zu geben brauchen.

Edison bemerkte nicht bloß das Schwarzwerden der Glasglocke infolge einer vom Faden ausgehenden Entladung, sondern er brachte noch etwas neues in die Lampe hinein, einen Draht oder eine Platte, die er durch ein Galvanometer mit dem positiven Pol der Lampe verband. Die ganze Welt weiß jetzt, wie *I. A. Fleming* die Untersuchung des *Edison-Effektes* von diesem Punkte aus weiterführte und seinen drahtlosen Detektor herstellte, und wie *De Forest* den nächsten großen Schritt tat, das Gitter zwischen den Faden und die Platte legte und so den Vorläufer für das moderne drahtlose Ventil schuf. Die wirklich ausgezeichnete Arbeit, die *Langmuir* mit der Herstellung so stabiler Elektronenröhren, wie des Kenotrons und des Pliotrons, leistete, war alles, was noch zu tun übrig war, um den von *Edison* bemerkten Effekt zu einer der wertvollsten Entdeckungen unserer Zeit zu machen. Der nach *Edison* benannte Effekt hat sich als eine wertvolle Bereicherung der reinen Wissenschaft erwiesen.

Edisons Arbeit am Telephon und besonders die Erfindung seines Kohlentransmitters ist von praktischem wie von wissenschaftlichem Wert. Als er die einer Schließungs- und Öffnungsmethode anhaftenden Fehler erkannte und deswegen eine Vorrichtung mit Kohlenteilchen an die Stelle setzte, die in Wirklichkeit ein Ventilprinzip darstellte, in dem der Widerstand und daher der Strom mit der Änderung des Druckes veränderlich war, gab er uns eine große Verbesserung in einer der nützlichsten unter den modernen Erfindungen — eine Verbesserung, die unmittelbar die Erfindung des Telephons zu einem praktischen und kommerziellen Erfolge führte. Das war ebenfalls eine wissenschaftliche Leistung.

Edisons Erfindung des Phonographen, der es möglich macht, die Sprache und jede Art Musik und Geräusch auf toten Scheiben und Zylindern aufzuspeichern, beliebig oft zu wiederholen und für die Zukunft aufzubewahren, ist eines der wissenschaftlichen Wunder des letzten Jahrhunderts. Diese Entdeckung gehört der Wissenschaft an und die durch sie möglich gewordenen und bereits gemachten Anwendungen sind von wirklicher wissenschaftlicher Bedeutung, wie sie auch von großem volkstümlichen Werte sind. *Edisons* akustische Untersuchungen zur Verbesserung der Sprechmaschine umfassen ein weites Feld.

Seine elektrochemischen Untersuchungen in Verbindung mit der Erfindung und der Entwicklung seines Akkumulators führten zu der Entdeckung chemischer Verbindungen, die die Herstellung eines praktisch brauchbaren Akkumulators mit einem alkalischen Elektrolyten gestatten; eine keineswegs kleine wissenschaftliche Leistung. Es gelang ihm ferner, einen chemischen Vorgang zu entdecken, der fast völlig reversibel verläuft, so daß kein oder nur ein kleiner Verlust der verwendeten Stoffe eintritt.

Eine andere wissenschaftliche Entdeckung von

Edison, die der Erwähnung wert ist, betrifft die Änderung der Reibung, wenn poröse Materialien mit Elektrolyten befeuchtet und zwischen Elektroden gebracht werden. Er benutzte diese Entdeckung in laut sprechenden Telephonen. Die Erfindung war bereits in der Ausstellung in Paris im Jahre 1881 zu sehen.

Edison hat zuerst entdeckt, daß wolframsäures Kalzium in Röntgenstrahlen sehr empfindlich fluoresziert, und darauf beruht sein Fluoroskop. In dieser selben Richtung untersuchte er zahllose Mineralien und kristallisierte Salze und Mischungen, um ihre Fluoreszenz auf Röntgenstrahlen zu untersuchen. Er fand, daß alle Kristalle von organischen Salzen, die den Benzolkern enthalten, in Röntgenstrahlen fluoreszieren.

Edisons Beiträge zur reinen Wissenschaft sind keineswegs klein, aber seine Beiträge zur angewandten Wissenschaft sind weit größer. Kein Mensch hat ihn in der Geschicklichkeit übertroffen, technische Schwierigkeiten zu umgehen, wenn es galt, wissenschaftliche Prinzipien auf die Technik anzuwenden. Von seiner wissenschaftlichen Arbeit wird vieles niemals bekannt werden, weil es nicht aufgeschrieben worden ist. Er war niemals in erster Linie um der Wissenschaft willen an der Wissenschaft interessiert und hat keine rein wissenschaftliche Untersuchung angestellt, die nicht zu seinen Erfindungen in Beziehung stand. Ihm stand sein ganzes Leben lang eine nicht zu ermüdende Arbeitsfähigkeit zur Verfügung und eine unübertroffene erfinderische Geschicklichkeit. Er ist ein Mann von scharfem Urteil und hat ein zäh festhaltendes Gedächtnis. Und diese Gaben hat er während eines im höchsten Sinne tätigen Lebens dazu aufgewendet, der Welt neue Ideen und neue Industrien zu geben.

(Übersetzung aus dem Original durch die Schriftleitung.)

Die Durchlüftung der Nord- und Ostsee.

Von Bruno Schulz, Hamburg.

(Schluß)

4. Sauerstoffumwandlungsfaktor und respiratorischer Quotient.

Wie die angeführten Beispiele gezeigt haben, ist eine Abnahme des relativen Sauerstoffgehaltes von einer Zunahme des relativen Kohlensäuregehaltes begleitet und umgekehrt, wie es durch die in Betracht kommenden biologischen Vorgänge, Atmung und Assimilation, bedingt ist. Es entsteht die Frage, wie sind die quantitativen Beziehungen zwischen den Änderungen in den Mengen beider Gase. Sie ist insofern schwierig zu beantworten, als wir wohl die Menge der im Wasser gelösten Gase zur Untersuchungszeit bestimmen können, aber nicht, wie groß die ursprünglich im Wasser gelösten Mengen der Kom-

ponenten der Luft gewesen sind. Wir sind hier auf Vermutungen angewiesen, die aber als recht begründet anzusehen sind. Wie bei der Berechnung des relativen Sauerstoff- und Kohlensäuregehaltes wird nämlich angenommen, daß das Wasser mit der gleichen Temperatur und demselben Salzgehalt, wie sie in situ festgestellt sind, auch ursprünglich einmal an der Oberfläche gewesen und mit der Atmosphäre im Gleichgewicht gewesen ist. Diese Annahme ist nur angenähert richtig. Daß sie aber eine Grundlage bilden kann und die Annäherung an die Wirklichkeit meist sehr groß ist, folgt aus den Stickstoffbestimmungen. Aus diesen hat sich ergeben, daß im Wasser fast stets soviel Stickstoff vorhanden ist, wie nach den

festgestellten Werten von Temperatur und Salzgehalt bei Annahme des Gleichgewichtszustandes mit der Atmosphäre zu erwarten war. Durch Differenzbildung zwischen den berechneten und den beobachteten Sauerstoff- bzw. Kohlensäuremengen läßt sich also die *Anomalie des Sauerstoff- bzw. Kohlensäuregehaltes* finden. Diese sind in der oberen Wasserschicht, die häufiger mit der Atmosphäre in Berührung kommt, nur klein, so daß Ungenauigkeiten in der Analyse sowie Beeinflussungen durch Mischungsvorgänge eine verhältnismäßig große Rolle spielen. Bei den großen Werten der Anomalie im Muldenwasser der Ostsee treten diese Faktoren aber sehr zurück, so daß mit den aus diesen Tiefen gewonnenen Werten mit Erfolg der Versuch gemacht werden konnte, die Beziehungen zwischen der Anomalie der Kohlensäure (ΔCO_2) und der des Sauerstoffs (ΔO_2) festzustellen und einen Kohlensäure-Sauerstoffquotienten ($\frac{\Delta \text{CO}_2}{\Delta \text{O}_2}$) zu bilden. Das Ergebnis war, daß in der Unterschicht der ganzen Ostsee, mit Einschluß des Finnischen und Bottnischen Meerbusens im Mittel aller Fälle, in denen die Anomalie der Kohlensäure größer als 0,50 ccm/L war, diese halb so groß war wie die des Sauerstoffs, d. h. der Kohlensäure-Sauerstoff-Quotient war 0,5. Diese Feststellung gibt die Möglichkeit, wenigstens für die Unterschicht der Ostsee aus dem Sauerstoffdefizit den Zuwachs an als Gas

unter der die Summe der gebundenen und freien Kohlensäure verstanden wird. Wenn wir nun zunächst gut durchlüftetes Wasser betrachten, in dem also die freie Kohlensäure ziemlich konstant etwa 0,3 bis 0,5 ccm/L beträgt, so ist dort der Wert der Gesamtkohlensäure so gut wie allein durch die Menge der Karbonate bedingt. Da nun aber der Salzgehalt des Meeres eine konstante Zusammensetzung hat, läßt sich die Gesamtkohlensäure in gut durchlüftetem Wasser als Abhängige des Salzgehaltes darstellen. Dies wurde für die Ostsee durchgeführt. Damit war die Möglichkeit geschaffen, auch für das Wasser der größeren Tiefen, also für schlecht durchlüftetes Wasser aus dem Salzgehalt einen Wert der Gesamtkohlensäure zu errechnen bzw. einer graphischen Darstellung zu entnehmen, unter Voraussetzung guten Durchlüftungszustandes. Der tatsächlich durch Beobachtung gefundene Wert ist aber für derartiges Wasser immer größer als der errechnete, es ist also in schlecht durchlüftetem Wasser eine positive Anomalie der Gesamtkohlensäure vorhanden ($\Delta \Sigma \text{CO}_2$). Bildet man nun den Quotienten aus der Zunahme der Gesamtkohlensäure und dem Sauerstoffdefizit ($\frac{\Delta \Sigma \text{CO}_2}{\Delta \text{O}_2}$) so ergibt sich ein mittlerer Wert von 0,9, d. h. $\frac{9}{10}$ des verbrauchten Sauerstoffs treten in der Kohlensäure wieder auf. Im einzelnen treten die angewandten Begriffe in der folgenden Zusammenstellung klar hervor:

Tabelle 5.

Sauerstoff, freie Kohlensäure und Gesamtkohlensäure im Gotlandtief, 31. Juli 1922.

Tiefe m	Temperatur °C	Salzgehalt ‰	Sauerstoff			Freie Kohlensäure			Gesamtkohlensäure				$\frac{\Delta \text{CO}_2}{\Delta \text{O}_2}$	$\frac{\Delta \Sigma \text{CO}_2}{\Delta \text{O}_2}$
			ccm/L	relat. Gehalt %	Anomalie ccm/L ΔO_2	ccm/L	relat. Gehalt %	Anomalie ΔCO_2 ccm/L	beobachtet ccm/L	auf 0° reduz. ccm/L	Normalwert	Anomalie $\Delta \Sigma \text{CO}_2$ ccm/L		
100	4,55	10,90	3,62	43	- 4,72	2,7	640	+ 2,3	38,31	38,77	34,45	+ 4,32	- 0,48	- 0,91
209	4,60	12,81	2,45	30	- 5,78	3,3	810	+ 2,9	40,38	40,84	35,82	+ 5,02	- 0,50	- 0,87

gelöster Kohlensäure zu berechnen, gibt aber noch nicht das Verhältnis zwischen der gesamten neugebildeten Kohlensäure und dem verbrauchten Sauerstoff. Denn nach den theoretischen Untersuchungen verschiedener Autoren, besonders von *K. Buch* sowie den Experimenten von *A. Krogh* ändert sich bei wechselnden Kohlensäuredrücken das Verhältnis zwischen Karbonaten und Bikarbonaten im Meere. Bei Störung des vorhandenen chemischen Gleichgewichtes durch Vergrößerung des Kohlensäuredrucks wird ein Teil der neu gebildeten Kohlensäure zur Umwandlung von Karbonaten in Bikarbonate verbraucht. Wenn also die Beziehung zwischen den Mengen des verbrauchten Sauerstoff- und der insgesamt erzeugten Kohlensäuremenge festgestellt werden soll, so ist nicht nur der Zuwachs der als Gas ausgelösten sog. „freien“ Kohlensäure zu berücksichtigen, sondern auch der Zuwachs der gebundenen Kohlensäure. Dies ist möglich durch Untersuchung der sog. „Gesamtkohlensäure (ΣCO_2)“,

Der Quotient $\frac{\Delta \Sigma \text{CO}_2}{\Delta \text{O}_2}$, der vorteilhaft als *Sauerstoffumwandlungsfaktor* zu bezeichnen ist, weil er angibt, wieviel Volumteile Sauerstoff durch Kohlensäure ersetzt sind, ist recht konstant. Als mittlerer Wert wurde aus den sämtlichen bislang aus dem Muldenwasser der Ostsee gesammelten gleichzeitigen Beobachtungen der Gesamtkohlensäure, des Sauerstoff- und des Salzgehaltes die Zahl 0,9 abgeleitet. *Diese Zahl ist gewissermaßen die Bilanz von allen den Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt beeinflussenden Faktoren.* Von diesen ist der weitaus wichtigste zweifellos der die Lebensvorgänge begleitende Gaswechsel. Über diesen liegen Bestimmungen vor. Für Fische hat man respiratorische Quotienten zwischen 0,74 und 0,88 gefunden, für einige andere Meeresbewohner ähnliche Werte. Als mittleren respiratorischen Quotienten für die das Meer bewohnenden Tiere kann nach den bisher vorliegenden experimentellen Untersuchungen

wohl der Wert 0,8 bis 0,9 angesehen werden. Der oben genannte Wert 0,9 für den Sauerstoffumwandlungsfaktor im Muldenwasser der Ostsee stimmt also der Größe nach mit dem für die Tierwelt des Meeres anzunehmenden respiratorischen Quotienten überein, und wir können geradezu sagen, daß hier durch eine indirekte Methode der mittlere respiratorische Quotient der die Unterschicht der Ostsee bewohnenden Organismen angenähert bestimmt worden ist.

Aufnahme weiterer Basenmengen durch Auflösung von kohlensaurem Kalk. Daß der erstere Faktor eine große Bedeutung hat, wurde bereits erwähnt und ist durch die Untersuchungen von *A. Krogh* und *K. Buch* nachgewiesen, aus den in der Ostsee gewonnenen Beobachtungen ließ sich dies ebenfalls folgern. Mehrere Anhaltspunkte sprechen aber dafür, daß auch der zweite Faktor, nämlich die Auflösung von kohlensaurem Kalk, eine Rolle spielt. *Ad. Jensen* stellte bei einigen

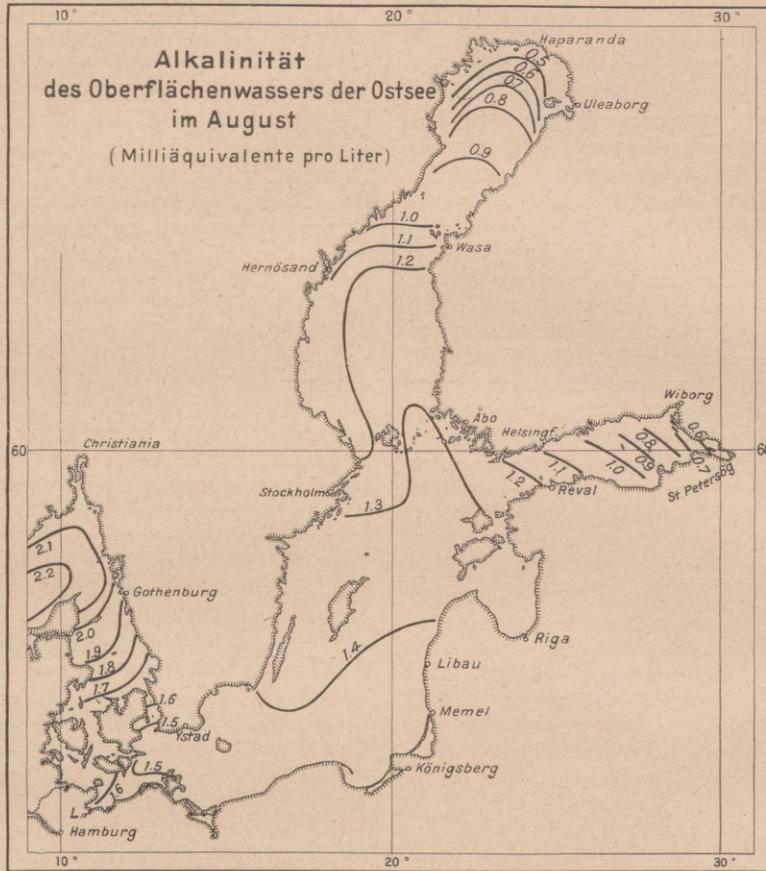


Fig. 4.

5. Der Kalkgehalt des Meerwassers sowie Kalkauflösung am Meeresboden.

Wenn die durch den Aufbau und Abbau der Organismen im Meere erzeugte Kohlensäure einfach gelöst würde, müßte die Anomalie der freien Kohlensäure gleich der Anomalie der Gesamtkohlensäure sein. Das ist, wie das Beispiel in obiger Tabelle zeigt, durchaus nicht der Fall, vielmehr gelten die Beziehungen: $\Delta\text{CO}_2 = 0,5 \Delta\text{O}_2$ und $\Delta\Sigma\text{CO}_2 = 0,9 \Delta\text{O}_2$. Dies besagt, daß ein Defizit an freier Kohlensäure vorhanden ist und daß im Mittel nur wenig mehr als die Hälfte der erzeugten Kohlensäure als freie Kohlensäure auftritt, fast die Hälfte wird chemisch gebunden. Diese Bindung kann bei der Umwandlung der gelösten Karbonate in Bikarbonate erfolgen, aber auch durch

Muschelarten im Bornholmbecken bestimmte Eigenarten im Bau der Schalen fest, die als eine Reaktion gegen auflösend wirkende Kräfte aufzufassen sind, außerdem sind im gleichen Gebiete abgestorbene Muscheln, die anderswo viel zahlreicher als lebende sind, verhältnismäßig selten und außerdem in einem schlechten Erhaltungszustande, so daß anzunehmen ist, daß auch hier Auflösung stattfindet. Weiterhin ist in dieser Beziehung wichtig, daß die rezenten Ablagerungen der Ostsee kalkarm, ja teilweise ganz kalkfrei sind. *E. Ruppin* stellte 1907 im Bornholmbecken einen Kalkgehalt von 1,18% fest, im Danziger Tief 1,06% und in der Gotlandmulde 1,18, 0,38, 0,30, 0,27, 0,17%. Der niedrigste Wert von 0,17% wurde am gleichen Orte beobachtet, an dem im

Juli 1922 der größte Kohlensäuregehalt der Gotlandmulde festgestellt wurde. Im Skagerrak und Kattegat dagegen, wo der Kohlensäuregehalt des Wassers nur gering ist, schwankt der Kalkgehalt des Bodens etwa zwischen 5 und 13 %. Hiernach wird man den Schluß ziehen können, daß das kohlenstoffreiche Muldenwasser der Ostsee tatsächlich kalkauflösend wirkt.

Von außerordentlichem Interesse ist nun in diesem Zusammenhange, daß nach *Munthe* in bezug auf den Kalkgehalt die rezenten Ablagerungen zu denen der Yoldia- und Ancyluszeit im Gegensatz stehen, indem sie wesentlich kalkreicher sind. Man darf hieraus schließen, daß das Bodenwasser der Ostsee zu den genannten Zeiten wesentlich kohlenstoffärmer war als heute. Dies kann dadurch verursacht gewesen sein, daß die Verbindung des Ostseebeckens mit der Nordsee und dem Ozean weit ungehinderter und tiefer war als heute. Dadurch war auch der Wasseraustausch leichter möglich und also auch der Kohlensäuregehalt des Wassers der bodennahen Schichten weit niedriger. Eine andere Möglichkeit der Ursache ist, daß die Ostsee so gut wie völlig vom Ozean abgeschlossen war und gänzlich mit Süß- oder ganz schwach salzigem Wasser erfüllt war, in dem die winterlichen Konvektionsströme bis auf den Boden reichten. Wie dies Beispiel zeigt, vermag eine eingehende Untersuchung der Bodenproben in Verbindung mit einer Diskussion vom ozeanographischen Standpunkte aus Gesichtspunkte zu liefern für die Rekonstruktion des Reliefs des Meeresbodens früherer geologischer Perioden. Die schon früher von *Wolff* und *Munthe* bisher leider ohne den gewünschten Erfolg erhobene Forderung nach einer eingehenden geologischen Erforschung des Bodens der Nord- und Ostsee ist daher nachdrücklichst zu wiederholen und als eine wissenschaftliche Notwendigkeit zu bezeichnen, um so mehr, als die hier gewonnenen Ergebnisse u. a. Anhaltspunkte für die Lösung des Problems des Kalkgehalts der Tiefseeablagerungen zu liefern versprechen.

Ob am Boden der Ostsee Kalk aufgelöst wird, müßte durch die Feststellung einer Vergrößerung des Kalkgehalts in dem bodennahen Wasser direkt nachweisbar sein. Wenn dies, wie unten näher betrachtet wird, auch bisher nicht gelungen

ist, so ist dieser Weg doch nicht aussichtslos. Der Kalkgehalt oder vielmehr die *Alkalinität*, d. i. die an Kohlensäure gebundene Basenmenge, ist schon seit längerer Zeit eine wichtige Bestimmungsgröße in der Meereskunde. Es hat sich herausgestellt, daß die Alkalinität im allgemeinen dem Salzgehalt proportional ist. Sie wird, wenn wir von der Nordsee ausgehen und in die Ostsee fortschreiten, immer kleiner (vgl. Fig. 4). Für die offene Nordsee gilt die Beziehung $A = 0,06788 S$ mäqu./L²). Wendet man diese aber für die Ostsee und die Übergangsgebiete zur Nordsee an, so ergeben sich, wie die folgende Tabelle zeigt, beträchtliche Abweichungen von den tatsächlich festgestellten Werten, die letzteren sind wesentlich höher als die berechneten.

Tabelle 6.

Typische Werte der Alkalinität im Oberflächenwasser.

	$S^0_{/00}$	A^B 3)	A^R 4)	$A^B - A^R$ 5)
Offene Nordsee	35,0	2,38	2,38	0,00
Skagerrak	30,0	2,17	2,04	+ 0,13
Kattegat	21,0	1,91	1,43	+ 0,48
Arkonabecken	8,3	1,47	0,56	+ 0,91
Bornholmtief	7,8	1,46	0,53	+ 0,93
Gotlandmulde	6,8	1,42	0,46	+ 0,96
Finnischer Meerbusen	3,5	1,10	0,24	+ 0,86
Bottnischer Meerbusen (Nordquarken)	4,0	0,99	0,27	+ 0,72

Dies ist in Fig. 5 für die östliche Nordsee sowie den Skagerrak, Kattegat und die Ostsee eingehender dargestellt. Hier tritt aber deutlich hervor, daß die Anomalie der Alkalinität keine Funktion des Salzgehalts ist, denn sie nimmt von der Nordsee bis in die mittlere Ostsee zu, im Finnischen und Bottnischen Meerbusen aber wieder ab. Tatsächlich ergibt sich, daß die Alkalinität in hohem Maße von der Beschaffenheit des zufließenden Wassers abhängt. Das in den Kattegat und die südliche und mittlere Ostsee gelangende Wasser

²) Milliäquivalente im Liter. Um die Angaben in mäqu./L. in cm/L. Kohlensäure überzuführen, ist Multiplikation mit 11,2 erforderlich.

³) A^B = durch Beobachtung gefundene Alkalinität.

⁴) A^R = mit der Formel $A = 0,06788 S$ mäqu./L. errechnet.

⁵) $A^B - A^R$ = Anomalie der Alkalinität.

Tabelle 7.

Beziehungen zwischen Alkalinität und Salzgehalt in der Nord- und Ostsee.

Geltungsgebiet	Formel	Geltungsbereich für Salzgehalte von ... bis
1. Offene Nordsee	$A = 0,06788 \cdot S$ mäqu./L	34,5 — 35,5 ‰
2. Skagerrak und Kattegat	$A = 1,30 + 0,0290 \cdot S$ "	17,5 — 33,5 ‰
3. Beltsee, südliche und mittlere Ostsee	$A = 1,17 + 0,03667 \cdot S$ "	7,5 — 17,5 ‰
4. Nördliche Ostsee	$A = 0,36 + 0,147 \cdot S$ "	5,5 — 6,5 ‰
5. Finnischer Meerbusen	$A = 0,68 + 0,117 \cdot S$ "	< 6 ‰
6. Bottnischer Meerbusen	$A = 0,24 + 0,185 \cdot S$ "	< 6 ‰

entstammt meist kalkreicheren Zuflußgebieten, es vergrößert deswegen die Alkalinität. Das aus den archaischen Gebieten Fennoskandias in den Bottnischen und Finnischen Meerbusen abfließende Wasser ist meist kalkfrei, es vermindert die Alkalinität. Für die einzelnen Teile der Ostsee bestehen daher verschiedene Beziehungen zwischen Salzgehalt und Alkalinität, wie sie in Tabelle 7 näher aufgeführt sind.

Wendet man nun die für die Beltsee, südliche und mittlere Ostsee abgeleitete Formel auch für die übrigen Gebiete an, so tritt deutlich vor Augen, wie sehr das Wasser der südlichen und mittleren Ostsee mit Karbonaten angereichert ist. Ringsum ist die Alkalinität niedriger als der aus

der Alkalinität vorhanden sein müßte. Dies zeigen die bisherigen Beobachtungen aber nicht. Die Anomalien liegen innerhalb der Beobachtungsfehler, so daß eine Auflösung von Kalk vom Meeresboden durch Veränderung der Zusammensetzung der gelösten Salze nicht nachzuweisen ist. Dies spricht aber nicht dagegen, daß tatsächlich Kalk aufgelöst wird. Die Sedimentation erfolgt sehr langsam und trotz der im Vergleich mit dem Tiefenwasser der Nordsee verhältnismäßigen Stagnation des Muldenwassers der Ostsee ist dessen Erneuerung doch als ein sehr schneller Vorgang gegenüber der Ablagerung der Bodensedimente anzusehen. Selbst eine innerhalb der Genauigkeitsgrenze der bisherigen Alkalinitäts-

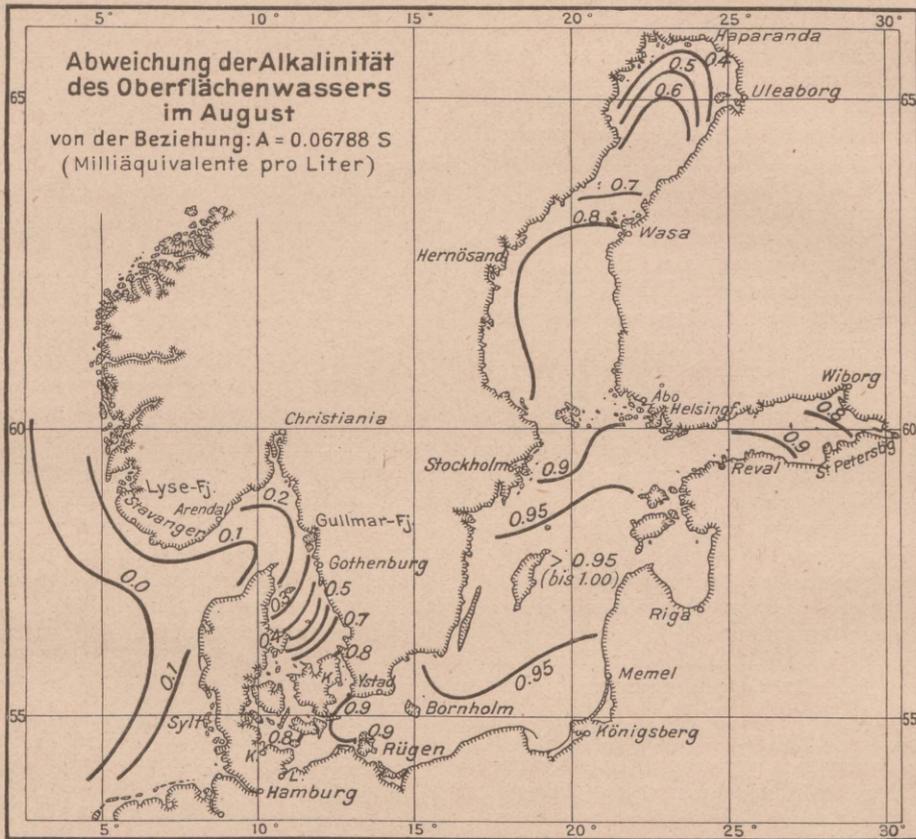


Fig. 5.

dem Salzgehalt errechnete Wert (vgl. Fig. 6). Besonders ist dies im Bottnischen und Finnischen Meerbusen der Fall.

Da für die einzelnen Regionen und für die verschiedenen Salzgehalte des Wassers der Ostsee die Beziehungen zwischen Salzgehalt und Alkalinität bekannt sind, kann die Alkalinität auch für das Bodenwasser errechnet werden. Man könnte nun vermuten, daß infolge der Kalkauflösung am Boden trotz Anwendung der für Region und Salzgehalt gültigen Formel eine positive Anomalie

bestimmungen liegende Vergrößerung der Alkalinität durch Aufnahme von Kalk dürfte ausreichend sein, um den Boden kalkarm zu machen. So darf man wohl unter Berücksichtigung der oben angeführten Tatsachen den Schluß ziehen, daß das Muldenwasser der Ostsee beträchtlich kalkauflösend wirkt, doch ist dieser Vorgang im Vergleich zu den Beeinflussungen des Gasgehaltes des Meerwassers durch die Organismen außerordentlich langsam und vergrößert die Alkalinität nicht meßbar.

6. Die Reaktion des Meerwassers.

Parallel mit den Änderungen der Alkalinität und des Gehaltes an freier Kohlensäure gehen beträchtliche Schwankungen in der Reaktion des Meerwassers. Von den gelösten Salzen beeinflussen die meisten, weil sie annähernd Neutralsalze sind, die Reaktion nur wenig, in stärkerem Maße ist dies aber bei den Karbonaten und Bikarbonaten der Fall. Diese sind Salze starker Basen und schwacher Säuren, durch ihre hydrolytische Zerspaltung wird demnach die Wasserstoffzahl verkleinert, durch die freie Kohlensäure dagegen vergrößert. *Es wirkt also im Meerwasser*

durch den Skagerrak, Kattegat, die Ostsee bis in das Innere der Finnland begrenzenden Meere parallel mit der Abnahme der Alkalinität langsam zu, wenn von lokalen Beeinflussungen abgesehen wird. In der offenen Nordsee wurden im Juni 1921 Werte von etwa $6,5-7 \cdot 10^{-9}$ festgestellt, in der Bottenwiek dagegen im Juni 1922 $40-50 \cdot 10^{-9}$.

Mit wachsender Tiefe nimmt in beiden Meeren der Salzgehalt und damit auch die Alkalinität zu, besonders ist dies in der Ostsee der Fall, dadurch allein ist eine Verkleinerung der Wasserstoffzahl bedingt. Aber parallel steigt der Gehalt an freier

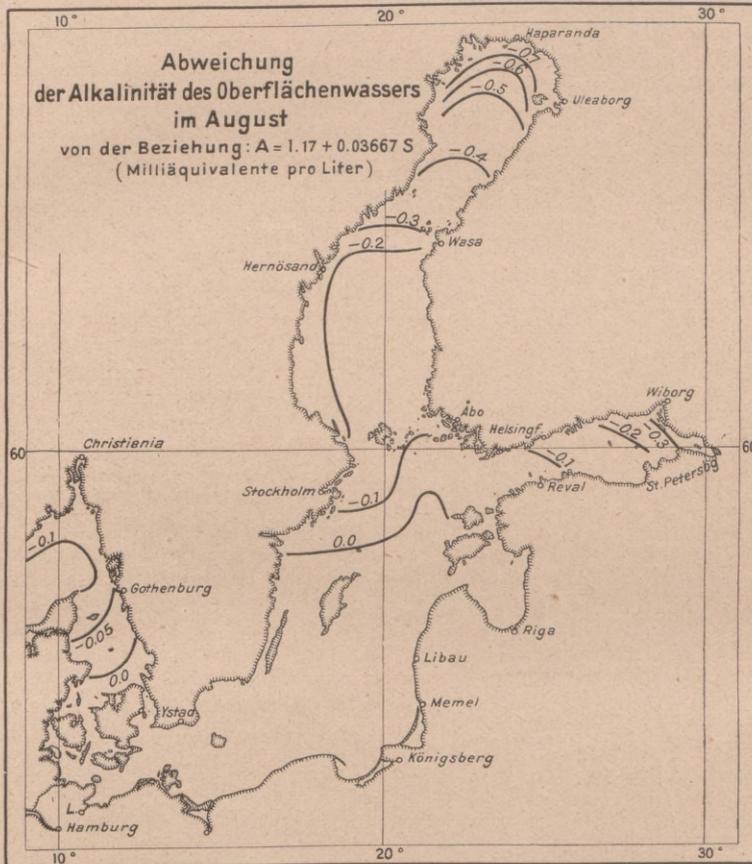


Fig. 6.

das Vorhandensein der kohlen-sauren Salze auf eine alkalische, das der freien Kohlensäure auf eine saure Reaktion des Meerwassers hin. Nun überwiegt, von wenigen Ausnahmen abgesehen, der Einfluß der Karbonate, so daß das Meerwasser ganz überwiegend alkalisch ist. Da nun an der Meeresoberfläche der Gehalt an freier Kohlensäure regional nur verhältnismäßig wenig schwankt, ist dort die Veränderung des Salzgehalts oder genauer der Alkalinität in erster Linie bestimmend für die Größe der Wasserstoffionenkonzentration. Danach nimmt also die Größe der Wasserstoffzahl von der Nordsee ausgehend

Kohlensäure, und zwar so beträchtlich, daß der Einfluß der Zunahme der Alkalinität bei weitem aufgewogen wird, so daß allgemein mit zunehmender Tiefe die Wasserstoffzahl zunimmt. Am Boden der offenen Nordsee wurden im Juni 1921 Werte von $9-13 \cdot 10^{-9}$ beobachtet, in der Ostsee aber, bedingt durch die weit stärkere Zunahme an freier Kohlensäure, wesentlich höhere Werte (vgl. Fig. 7). Besonders war dies in der Gotlandmulde der Fall. Am Boden des Gotlandtiefs und westlich Gotland war die Reaktion des Meerwassers im Juli 1922 sogar sauer. Dasselbe war am Boden der Bottenwiek der Fall, dort genügte bei dem

geringen Salzgehalt und also kleinen Alkalinität die dort vorhandene geringe Vergrößerung des

ziehung stehenden hydrographischen Faktoren nicht ohne Einfluß auf die Organismen sind. Ge-

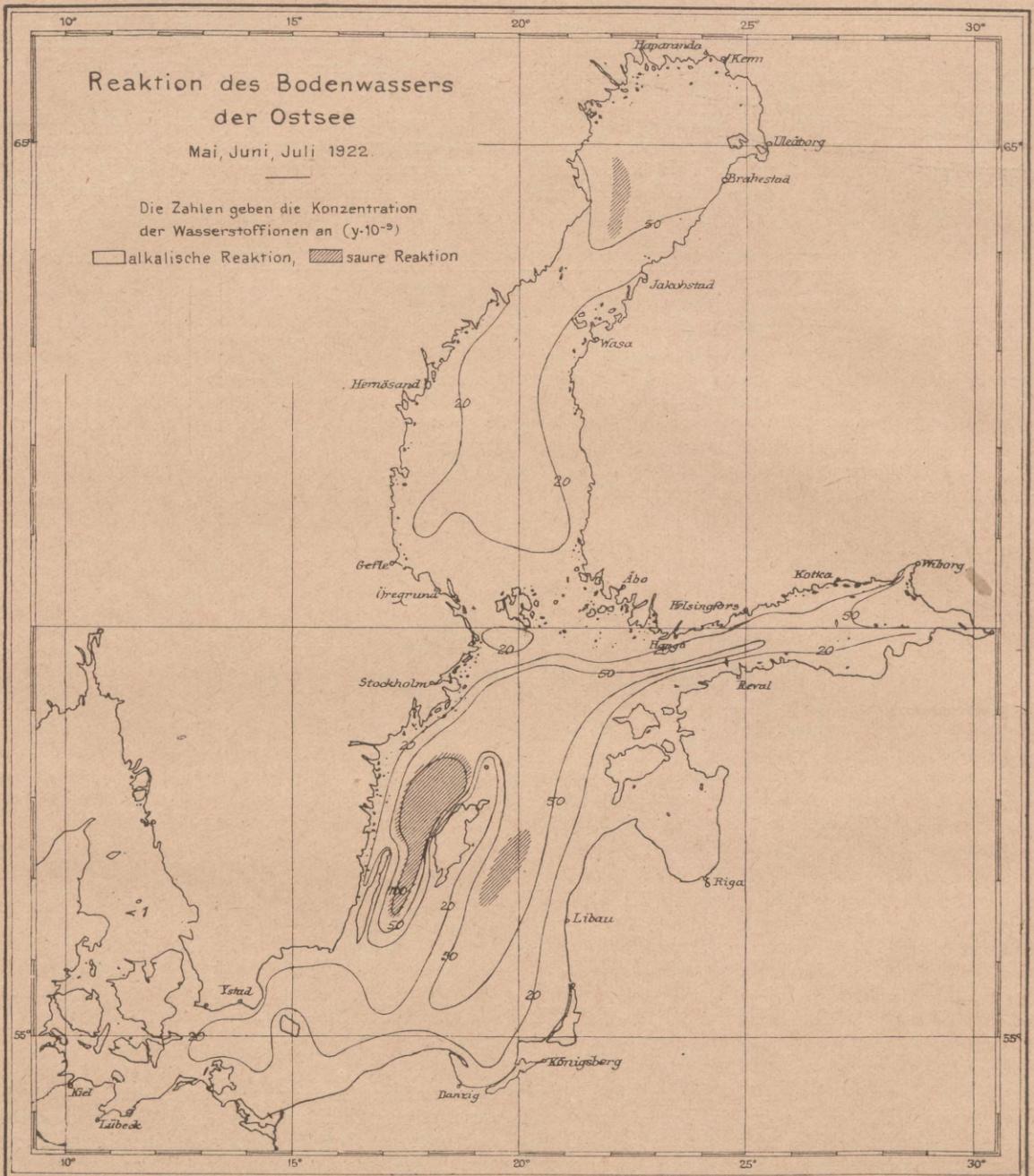


Fig. 7.

Kohlensäuregehalts bereits, um saure Reaktion zu erzeugen.

Es ist zu vermuten, daß die in der Ostsee festgestellten außergewöhnlich großen Gegensätze im Durchlüftungszustand und der dazu in Be-

nauer sind wir darüber nicht unterrichtet. Da aber an sämtlichen hydrographischen Stationen der „Poseidon“-fahrt und auch an einigen der „Skagerak“-fahrten Wasserproben zur Planktonuntersuchung entnommen sind, so wird nach Be-

endigung deren Bearbeitung auch über die genannte biologisch und physiologisch wichtige Frage einiger Aufschluß zu erwarten sein.

Literatur.

1. *Johan Gehrke*, Über die Sauerstoffverhältnisse der Nordsee. *Annalen der Hydrographie usw.* 1916, S. 177—193.
- Beiträge zur Hydrographie des Ostseebassins. *Publications de circonstance Nr. 52*, Kopenhagen 1910.
2. *Kurt Buch*, Über die Alkalinität, Wasserstoffionenkonzentration, Kohlensäure und Kohlensäuretonsen im Wasser der Finnland umgebenden Meere. *Finnländische hydrographisch-biologische Untersuchungen Nr. 14*. Helsingfors 1917.

3. *Bruno Schulz*, Methoden und Ergebnisse der Untersuchung des Kohlensäuregehalts im Meerwasser. *Annalen der Hydrographie usw.* 1921, S. 273—293, daselbst ausführliches Literaturverzeichnis.
- Die Luft im Wasser unserer heimischen Meere. *Annalen der Hydrographie usw.* 1922, S. 33—40.
- Hydrographische Beobachtungen insbesondere über die Kohlensäure in der Nord- und Ostsee im Sommer 1921. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte, XL. Jahrgang, 1922, Nr. 2.
- Einiges über die Kohlensäurefaktoren in der Nord- und Ostsee. *Festschrift tillägnad professor Otto Pettersson*. Helsingfors 1923. S. 68—89.
- Hydrographische Untersuchungen, besonders über den Durchlüftungszustand in der Ostsee im Jahre 1922. Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte, XLI. Jahrgang, 1923, Nr. 1.

Über Enterokinase¹⁾.

Von Ernst Waldschmidt-Leitz, München.

Für eine große Anzahl von Enzymen, vornehmlich für solche tierischer Herkunft, hat man bis in die neueste Zeit die Existenz bestimmter, enzymatisch unwirksamer Vorstufen, der sogenannten Zymogene angenommen in Fällen, in denen der ausschlaggebende Einfluß gewisser Zusatzstoffe auf die enzymatische Leistung erkannt war. Diese schematische Auffassung, der man auch in neueren Lehrbüchern noch vielfach begegnet, hat indessen in vielen Fällen einer kritischen Prüfung nicht standzuhalten vermocht. So sind von den wichtigen Enzymen der Pankreasdrüse, die hierher gehören, die Verhältnisse bei dem stärkespaltenden Ferment, der Pankreasamylase, am einfachsten und durchsichtigsten; sie bedarf, wie man schon länger weiß, zu ihrer Wirkung der Gegenwart von Chlorionen, deren Einfluß auf die Affinitätsverhältnisse des Enzyms dem der Wasserstoff- und Hydroxylionen vergleichbar sein mag. Für die Pankreaslipase galt bis in die jüngste Zeit die Auffassung, daß sie als Zymogen sezerniert und erst im Verdauungstrakt durch den Zutritt der Gallensalze in aktives Enzym umgewandelt werde; die Untersuchungen von *R. Willstätter*, *E. Waldschmidt-Leitz* und *Fr. Memmen*²⁾ haben indessen den Nachweis erbracht, daß die Aktivierung der Lipase ganz unspezifisch ist und lediglich auf der Einstellung eines für ihre Wirkung besonders günstigen Adsorptionszustandes beruht.

Ein ganz besonderer Fall schien bei dem letzten der drei wichtigsten Enzyme des Bauchspeichels, dem Trypsin, vorzuliegen. Schon die ältere Literatur verzeichnet Beobachtungen über eine inaktive Vorstufe des pankreatischen Trypsins, sie finden sich in den wertvollen Untersuchungen von *W. Kühne*³⁾ und von *R. Heidenhain*⁴⁾; aus frischen, alsbald nach der Schlach-

tung der Tiere verarbeiteten Drüsen erhielt man in der Regel tryptisch unwirksame Infuse, während sich aus gelagertem Drüsenmaterial stark aktive Auszüge gewinnen ließen. *Kühne* vertrat die Ansicht, daß „die inaktive Drüse eine Substanz enthalte, welche erst bei der Digestion mit Säure zerfalle unter Abspaltung des Ferments“, *Heidenhain* sah in diesem Vorgang die Aufhebung einer Verbindung zwischen Trypsin und einem Eiweißkörper der Drüse.

Erst viel später, mit der Entdeckung der spezifischen Wirkung des Darmsaftes, gewann die Forschung nach dem Wesen der Trypsinaktivierung neue, entscheidende Erkenntnisse; wir verdanken sie der Schule *J. P. Pawlows*, aus dessen Laboratorium *N. P. Schepowalnikow*⁵⁾ im Jahre 1899 die grundlegende Untersuchung über den spezifischen Aktivator des Trypsins im Duodenalsaft veröffentlichte, den er Enterokinase nannte. *Schepowalnikow* zeigte, daß reiner pankreatischer Fistelsaft tryptisch vollkommen inaktiv war und daß er durch Zugabe geringer Mengen Darmsaft intensiv aktiviert wurde, am besten bei neutraler, aber auch bei alkalischer und schwachsaurer Reaktion. Sodann fand er, daß die Aktivierung des Trypsins eine gewisse Zeit benötigte und daß der Aktivator durch Kochen zerstört wurde, und hieraus schloß er auf einen fermentativen Prozeß, auf eine enzymatische Bildung des Trypsins aus seinem Zymogen.

Die Ergebnisse seiner Arbeit wurden in der Folgezeit durch eine größere Anzahl von Untersuchungen bestätigt und vertieft; insbesondere ist die Frage nach der Wirkungsweise der Enterokinase in der physiologischen Forschung viel erörtert worden, während sie über ihre chemischen Merkmale nur spärliche und sich widersprechende Einzelheiten verzeichnet. Die Zusammenfassung der vorliegenden Beobachtungen und eingehende eigene Untersuchungen führten *W. M. Bayliss* und

¹⁾ Vortrag, gehalten in der Sitzung der Münchener Chemischen Gesellschaft am 4. Dezember 1923.

²⁾ Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 125, S. 93 (1922/23).

³⁾ Arch. (Anat. u.) Physiol. Bd. 39, S. 130 (1867).

⁴⁾ Pflügers Archiv Bd. 10, S. 557 (1875).

⁵⁾ Inaug.-Diss. St. Petersburg, 1899; Referat in *R. Malys* Jahresbericht über die Fortschritte der Tierchemie Bd. 29, S. 378 (1899).

*E. H. Starling*⁶⁾ zu der Anschauung: „Trypsin ist eine neue Substanz, verschieden von Trypsinogen und gebildet aus diesem durch die enzymatische Wirkung der Enterokinase. Die geringste Spur Enterokinase vermag eine große Menge Trypsinogen in Trypsin zu verwandeln bei genügend langer Einwirkungsdauer.“ Nach *J. Mellanby* und *V. J. Woolley*⁷⁾ soll sich die Bildung des Trypsins vollziehen durch Adsorption der Enterokinase an eine Proteinkomponente des Trypsinogens, Abspaltung dieser Komponente und Freilegung des Trypsins. Die Vorstellung von der enzymatischen Natur der Enterokinase hat ihren Einfluß sogar soweit geltend gemacht, daß man die Fälle, in denen sich auch für sonst inaktives Drüsensekret proteolytische Wirkung nachweisen ließ, so z. B. die Spaltbarkeit einfacher Peptide, mit der Annahme eines besonderen ereptischen Enzyms in der Pankreasdrüse erklären zu müssen glaubte⁸⁾.

Die vorliegende Untersuchung, die im Privatlaboratorium des Herrn Geh. Rat Prof. Dr. *R. Willstätter* ausgeführt wurde, befaßt sich in erster Linie mit der Wirkungsweise der Enterokinase; sie schöpft die Berechtigung hierzu aus einigen Beobachtungen der älteren Literatur, Beobachtungen von *J. Hamburger* und *E. Hekma*⁹⁾ und von *A. Dastre* und *H. Stassano*¹⁰⁾, die zu der herrschenden Ansicht über die Kinasewirkung, der Enzymtheorie, in Widerspruch stehen, da sie der Reaktion zwischen Kinase und Trypsin stöchiometrische Beziehungen zuschreiben. Die referierende Literatur hat diesen Angaben indessen keinen Glauben geschenkt, zumal sie das Moment der zeitlichen Abhängigkeit der Kinasewirkung unberücksichtigt ließ; so äußert sich das „Lehrbuch der Physiologischen Chemie“ von *E. Abderhalden*¹¹⁾ dazu mit den Worten: „Die Meinung, daß dieser Stoff dadurch wirke, daß er sich mit dem Trypsinzymogen verbinde und so dieses zum aktiven Ferment ergänze, konnte... widerlegt werden... Die Wirkung der Enterokinase entspricht der eines Katalysators.“

Die Bestimmung der tryptischen Aktivität, die ja einer Messung der Kinasewirkung zugrunde liegen muß, beruhte in der vorliegenden Untersuchung auf der Titration der bei der Proteolyse freigelegten Carboxyle von Peptiden und Aminosäuren mittels Alkalilauge in alkoholischer Lösung nach dem Verfahren von *R. Willstätter*

⁶⁾ Journal of Physiology Bd. 30, S. 61 (1904) und Bd. 32, S. 129 (1905).

⁷⁾ Journal of Physiology Bd. 45, S. 370 (1912/13).

⁸⁾ Vgl. *G. Schaeffer* und *E. F. Terroine*, Journ. de Physiol. et Pathol. gén. Bd. 12, S. 884 und S. 905 (1910).

⁹⁾ Journ. de Physiol. et Pathol. gén. Bd. 4, S. 805 (1902).

¹⁰⁾ Archives internat. de Physiol. Bd. I, S. 86 (1904).

¹¹⁾ 4. Auflage, Berlin und Wien 1921, II. Teil, S. 377.

und *E. Waldtschmidt-Leitz*¹²⁾, das erst eine einfache und exakte Analyse proteolytischer Prozesse ermöglicht. Man bestimmte den durch die Kinase bewirkten Aktivierungsgrad einer gewissen Menge getrockneter Schweinepankreasdrüse durch 1stündige Einwirkung auf eine 3proz. Gelatinelösung bei 30° und einer Wasserstoffzahl von 8,7. Untersucht man so an frischem, unmittelbar nach dem Tode getrocknetem Drüsenmaterial, das tryptisch nahezu wirkungslos gefunden wird, die zeitliche Abhängigkeit der Kinaseeinwirkung, z. B. mit einem wässrigen Auszug aus getrockneter Darmschleimhaut, so erhält man eine charakteristische Erscheinung, die auszugsweise in der folgenden Tabelle wiedergegeben ist (die Angaben der Tabelle bezeichnen die der Trypsinwirkung entsprechenden Aciditätszunahmen in cem 0,2 n. Lauge):

Tabelle 1.

Zeitl. Verlauf der Aktivierung bei Pankreasprobe VI.
(0,125 g Drüse; Kinaseauszug II)

Einwirkungszeit Min.	Angewandte Kinasemenge in cem				
	0,00	0,02	0,06	0,10	0,20
0	0,11	0,26	0,69	—	1,27
10	—	0,45	0,94	1,03	1,58
30	—	0,56	1,00	1,36	1,69
60	—	0,58	1,01	1,40	1,65
120	0,08	—	1,03	—	—

Jeder Kinasemenge entspricht eine bestimmte maximale Aktivierungsleistung, die unabhängig von der angewandten Aktivatormenge verhältnismäßig rasch, nach etwa ½ Stunde, erreicht wird; sie wird bei längerer Einwirkungsdauer nicht überschritten. Man findet also die zeitliche Abhängigkeit der Kinaseeinwirkung bestätigt, allein sie gilt stets nur für eine kurze Einwirkungsdauer. Dieses Resultat spricht nicht zugunsten eines enzymatischen Vorganges.

Prüft man ferner die Aktivierungsleistung bei verschiedener Reaktion, so fällt eine weitere wichtige Stütze für die enzymatische Erklärungsweise. Zwar findet man die Geschwindigkeit der Aktivierung neutral am höchsten, allein auch bei verschiedener Reaktion, beispielsweise bei $p_H = 5,3$ und $p_H = 7$, entspricht einer bestimmten Kinasemenge eine gleich große und doch unvollständige Aktivierung; bei alkalischer Reaktion wird sie, aber nur scheinbar, nicht erreicht, und zwar infolge einer größeren Unbeständigkeit des aktivierten Trypsins, das bei Abwesenheit von Substrat in alkalischer Lösung rascher Zersetzung unterliegt.

Das Bestehen einer für die Aktivierung optimalen Reaktion bildet an sich noch kein sicheres Kriterium für das Vorliegen eines enzymatischen

¹²⁾ Chem. Ber. Bd. 54, S. 2988 (1921). Vgl. *R. Willstätter* in *E. Abderhaldens* Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Berlin und Wien 1922, S. 289.

Prozesses; in den Untersuchungen über Pankreaslipase¹³⁾ hat sich gezeigt, daß eine Reihe von Stoffen, beispielsweise Albumin oder Gallensalz, gleichzeitig je nach der Wasserstoffzahl aktivierend und hemmend wirken kann.

Bestimmt man so unter den erkannten Bedingungen maximaler Leistung, nämlich ½stündiger Einwirkungszeit bei neutraler Reaktion, die zur Höchstaktivierung verschiedener Drüsenmengen erforderlichen Kinasemengen, so ergibt sich, wie aus Tabelle 2 hervorgeht, die Beziehung einer direkten Proportionalität zwischen Aktivator und Enzym.

Tabelle 2.
Höchstaktivierung bei Pankreasprobe V.

Kinaselösung ccm	Drüse (g)		
	0,062	0,125	0,250
0,00	0,06	0,10	0,16
0,02	0,39	—	—
0,03	0,56	—	—
0,04	0,83	0,63	—
0,05	1,07	0,94	—
0,06	1,18	1,13	1,19
0,07	1,25	—	—
0,08	1,31	1,51	—
0,10	1,30	—	—
0,12	1,30	1,74	2,08
0,14	—	1,84	—
0,16	—	1,98	2,66
0,18	—	1,96	—
0,28	—	—	3,00
0,32	—	—	3,10
0,36	—	—	3,09

Die alten Beobachtungen von *Hamburger* und *Hekma* über stöchiometrische Beziehungen zwischen Kinase und Trypsin bestätigen sich also; sie gelten indessen nur innerhalb ein und desselben Drüsenmaterials. Die Drüse enthält und bildet nämlich in wechselnden Mengen Stoffe — und solche entstehen in vermehrtem Umfange bei autolytischen Prozessen —, welche der Aktivierung durch Kinase entgegenwirken. Ähnlich vermögen auch einige mehrwertige Alkohole, so das Glycerin und das Äthylenglykol, die Aktivierungsleistung einer bestimmten Kinasemenge je nach ihrer Konzentration mehr oder weniger stark herabzusetzen, während der Zusatz dieser Stoffe nach erfolgter Aktivierung, also für die tryptische Wirkung selbst, ohne Einfluß gefunden wird.

Die vorliegenden Beobachtungen über die Wirkungsweise der Enterokinase schließen die in erster Linie von *Bayliss* und *Starling* vertretene Annahme eines enzymatischen Vorganges aus, sie sprechen vielmehr mit Sicherheit für eine einfache Aktivatorwirkung. Diese Anschauung findet eine beweiskräftige Bestätigung in der Tatsache, daß es gelingt, durch eine einfache präparative Vor-

nahme, nämlich mittels Tonerdeadsorption aus saurer Lösung, Enzym und Aktivator zu trennen und so bereits maximal aktiviertes Trypsin in der Adsorptions-Restlösung von neuem in inaktive, aktivierbare Form überzuführen, während die aus dem Adsorbate mittels alkalischem Phosphats gewonnene Elution den größten Teil des abgetrennten Aktivators enthält. Mit der Annahme einer enzymatischen Umwandlung von Trypsinogen zu Trypsin ist dieses Ergebnis schlechthin unvereinbar.

Wenn man es unternimmt, eine nähere Erklärung zu suchen für die aktivierende Wirkung der Enterokinase, so hat man die Wahl zwischen der Annahme einer überwiegend chemischen Beeinflussung der enzymatischen Aktivität, wie sie für das System Amylase-Chlornatrium Geltung haben mag, und der eines mehr unspezifischen Adsorptionsvorganges, so wie sich die zahlreichen Erscheinungen der Lipaseaktivierung erklären lassen. Die Aktivierung des Trypsins durch die Enterokinase scheint zwischen diesen beiden Möglichkeiten zu vermitteln, indessen zeigt sie ausgeprägtere Merkmale einer unmittelbaren chemischen Einwirkung. Dies gilt zum Beispiel für ihre zeitliche Bedingtheit, die nicht zugunsten eines reinen Adsorptionsvorganges spricht. Auch die beobachteten Hemmungserscheinungen vermag eine mehr chemische Betrachtungsweise besser zu deuten; offenbar besteht die Wirkung der aktivierungshemmenden Stoffe nicht in einer Beeinträchtigung der Adsorption von Kinase und Trypsin, da sich dann ihr Einfluß auch nach erfolgter Aktivierung im Sinne einer Verdrängung geltend machen sollte; mit mehr Berechtigung wird man ihre Wirkung einer Beeinflussung der spezifischen reagierenden Gruppe von Aktivator oder Enzym zuschreiben können.

Die Aktivierung des Trypsins nimmt insofern eine besondere Stellung ein, als die Gegenwart des Aktivators nur für die Spaltung gewisser Substrate, z. B. der genuinen Proteine und ihrer höheren Abbauprodukte, nicht dagegen für die Hydrolyse einfacher Polypeptide unentbehrlich zu sein scheint; es ist bekannt, daß die Wirkung des gegenüber Proteinen inaktiven Pankreassekretes auf einfache Peptide durch Enterokinase nicht verstärkt oder beeinflusst wird¹⁴⁾. Man kann nach der Erkenntnis von der Aktivatornatur der Kinase die in der Literatur geläufige Annahme entbehren, daß die Drüse für den Abbau der Eiweißkörper und ihrer Spaltprodukte zwei verschiedene proteolytische Enzyme ausbilde; einfacher scheint mir die Erklärung, daß die Hydrolyse von Proteinen wie Peptonen und Polypeptiden durch ein einziges pankreatisches Enzym, das Trypsin, bewirkt wird und daß dieses Enzym für gewisse Fälle seiner Wirkung eines Hilfsstoffes, der Enterokinase, bedarf. Diese Einrichtung bedeutet ja nichts anderes als einen Schutz der Drüsensubstanz gegen die Selbstverdauung, während das Darmepithel auch

¹³⁾ R. Willstätter, E. Waldschmidt-Leitz und Fr. Memmen, a. a. O.

¹⁴⁾ G. Schaeffer und E. F. Terroine, a. a. O.

gegenüber der Einwirkung des aktivierten Enzyms resistent zu sein scheint.

Auf die gewonnene Erkenntnis vom Wesen der Enterokinasewirkung läßt sich eine einfache Bestimmungsweise für diesen Stoff gründen: man mißt die einer bestimmten Menge frisch getrockneter, inaktiver Pankreasdrüse durch ½stündige Einwirkung bei neutraler Reaktion und 30° erteilte tryptische Wirkung z. B. gegenüber Gelatine. Man kann so zu vorläufigen Maßen für Menge und Konzentration des Aktivators gelangen; so war in der vorliegenden Untersuchung eine „Kinase-Einheit (K.-E.)“ definiert als das Tausendfache derjenigen Aktivatormenge, die 62 mg eines normalen, an Hemmungskörpern armen Drüsenmaterials eine tryptische Aktivität entsprechend einer Aciditätszunahme von 0,90 ccm 0,2 n. Lauge erteilte, gemessen nach einstündiger Hydrolyse von 5,0 ccm 3proz. Gelatine bei 30° und $p_{\text{H}} = 8,7$. Als Maß der Aktivatorkonzentration eines Präparates diente der „Kinase-Wert (K.-W.)“, bestimmt durch die Zahl der Kinase-Einheiten in 1 g des Präparates. Der Kinase-Wert der getrockneten Schleimhaut betrug beispielsweise 1,0.

Die gewählte Bestimmungsweise soll als Maßstab dienen für die erreichte präparative Reinigung des Aktivators, die in einigen Vorversuchen zu Präparaten von ungefähr 30 mal höherer Konzentration geführt hat, als sie in der getrockneten Schleimhaut gemessen war. Der Körper läßt sich der Schleimhaut durch verdünntes Alkali entziehen, während er bei der Behandlung mit Säure darin zurückbleibt. So gelingt schon die Trennung des Aktivators von dem peptolytischen Ferment der Darmwand, das sich in den sauren Auszügen gelöst findet; die dann aus dem Rückstande bereiteten Kinaselösungen sind frei von jeglicher proteolytischer Wirkung. Sie lassen sich durch Fällung mit verdünnter Säure und mit Sublimat von einem Teil der beigemengten Eiweißkörper befreien, dann fällt man die Kinase selbst durch Zusatz von Uransalz mit einem reichlichen Niederschlag aus und eluierte sie wieder mit Kaliphosphat; endlich unterwarf man sie noch einer Reinigung mittels Tonerdeadsorption. Das aus der Tonerdeelution gewonnene Präparat, gekennzeichnet durch den Kinase-Wert 28,7, enthielt indes noch größere Mengen von Begleitstoffen, der Ausfall der Reaktionen auf Eiweiß und Kohlehydrat war noch positiv.

Die Untersuchung über die Enterokinase, die in präparativer Richtung fortgesetzt wird, hat noch zu einigen weiteren Erkenntnissen geführt hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen bekannten Formen der Trypsinaktivierung. Die alten Angaben *Heidenhains* über die bei der Lagerung der Pankreasdrüse eintretende „spontane“ Aktivierung findet man bestätigt; man beobachtet sie bei der Autolyse sowohl von roher wie von getrockneter Drüsensubstanz und sie wird durch saure Reaktion beschleunigt.

In der folgenden Tabelle 3 findet man einige Versuchsreihen zusammengestellt. Man überließ je 62 mg frisch getrockneter, tryptisch unwirksamer Drüse wechselnde Zeiten der Einwirkung von 2,0 ccm Thymolwasser bzw. n/50-Essigsäure und bestimmte dann die tryptische Aktivität ohne und mit wenig Kinase.

Tabelle 3.

Aktivierung bei der Autolyse von Trockenpankreas.
(0,062 g der Probe VIII; 30°)

Behandlungsd. Stunden	Thymolwasser			n/50 - Essigsäure	
	ohne Kin.	0,02 ccm Kin.	0,30 ccm Kin.	Ohne Kin.	0,02 ccm Kin.
0	0,00	0,85	1,12	0,00	0,85
2	0,06	0,82	—	0,27	0,83
4	0,31	0,81	—	0,32	0,85
8	0,36	0,77	—	0,38	0,83
16	0,38	0,74	—	0,47	0,84
24	0,36	0,68	0,77	0,52	0,77
32	0,39	0,62	—	—	—
40	0,44	0,60	—	—	—
48	0,46	0,58	0,65	0,60	0,64
72	0,51	0,58	—	—	—
96	0,50	0,50	—	—	—

Die Tabelle zeigt eine allmähliche Steigerung der Eigenaktivität der Drüse, am raschesten in saurer Lösung, und gleichzeitig damit eine ständige Abnahme des aktivierten Wertes. Bei der Autolyse der Drüsensubstanz bilden sich also Aktivator und Hemmungskörper zugleich; die Existenz dieser letzteren läßt sich übrigens experimentell auch dadurch belegen, daß sie auch die Aktivierung ganz frischer Drüse durch Kinase zu hemmen vermögen. So kommt es, daß länger gelagerte Drüsen, auch viele käufliche Trypsinpräparate, gar keine Aktivierbarkeit durch Kinase mehr aufweisen. Der entstehende Aktivator vermag also die Enterokinase zu vertreten, und er zeigt auch in seinem sonstigen Verhalten mit dieser weitgehende Übereinstimmung. So wird er gleich wie diese durch Tonerde aus saurer Lösung adsorbiert, und es gelingt auf diesem Wege gleichfalls, ihn vom Trypsin zu trennen und das Enzym in der Adsorptions-Restlösung wiederum in inaktiver, aktivierbarer Form zu erhalten; der Aktivator findet sich in der alkalischen Elution aus dem Tonerdeadsorbat.

Man hat die Erscheinung der „spontanen“ Aktivierung indessen nie zu der Aktivierung durch Enterokinase in Beziehung gebracht, man hat sie vielmehr als eine enzymatische oder auch bakterielle Umwandlung des Trypsinogens angesehen. Die Annahme ist nicht von der Hand zu weisen, daß dieser bei Zersetzungs Vorgängen aus der Drüse entstehende Aktivator identisch ist mit der Enterokinase. Nach der in der Literatur vorherrschenden Ansicht ist diese lediglich ein Sekretionsprodukt des Darmepithels, eine Bildung in der Pankreasdrüse selbst hat man nie disku-

tiert. Zwar ist bekannt, daß die Drüse unter gewissen Bedingungen, z. B. nach Pilocarpininjektion, tryptisch aktiven Saft abzusondern vermag, allein man unterscheidet zwischen intrapancreatischer und extrapancreatischer Aktivierung¹⁵). In Wirklichkeit sind beide Formen der Aktivierung identische Vorgänge, es handelt sich um die Wirkung des nämlichen Aktivators.

Auch die Aktivierung des Trypsins durch Kalksalze, die viel beachtet worden ist, bestätigt sich nicht; man findet diese ohne Wirkung auf tryptisch inaktives Drüsenmaterial. Man darf vielleicht in diesem Zusammenhang einer von *J. Mellanby* und *V. J. Woolley*¹⁶) ausgesprochenen, vereinzelt dastehenden Ansicht beipflichten, daß die Wirkung der Calciumsalze auf inaktiven Pankreassaft zurückzuführen sei auf eine durch

¹⁵) Vgl. *L. Camus* und *E. Gley*, C. R. Soc. Biol. Bd. 54, S. 241 (1902).

¹⁶) *Journal of Physiology* Bd. 46, S. 159 (1913).

Besprechungen.

Nadoleczny, Max, Untersuchungen über den Kunstgesang. I. Atem- und Kehlkopfbewegungen. Berlin, Julius Springer, 1923. VII, 270 S., 73 Abbildungen und 14 Tabellen. Preis geh. 10, geb. 11,50 Goldmark.

I. Aus Vorrede und Einleitung. Der schlichte Titel des Buches birgt ein Lebenswerk. Der Verfasser bezeichnet mit Recht den Kunstgesang als ein ungelöstes und schwieriges Problem, dessen Lösung vielleicht durch die experimentelle Phonetik ermöglicht werden kann. Er hat nun den Versuch begonnen und zunächst den Kampf aufgenommen, versehen mit dem Rüstzeug gründlicher historisch literarischer Kenntnisse, scharfer Fragestellung im Experiment und eingehender physikalisch-physiologischer und psychologisch-ästhetischer Grundlegung jedes Versuchsschrittes. Der ursprüngliche Zweck war, die bei verschiedenen Stimmgattungen als normal zu bezeichnenden Bewegungen, zunächst der Atmung, dann des Kehlkopfes festzustellen. Von den Bewegungen des Artikulationsorgans wurde vorläufig abgesehen und ihr Einfluß möglichst ausgeschaltet. So suchte *Nadoleczny* neue Grundlagen für die Erkenntnis des phonetisch Fehlerhaften und zur genaueren Erforschung der Ursachen der Phonasthenie, jener durch technisch falschen Gebrauch der Stimmwerkzeuge im weitesten Sinne des Wortes hervorgerufenen funktionellen Stimmchwäche der Sänger.

Der Verfasser ging davon aus, die einfachsten unwillkürlichen Bewegungen der Atmung und des Kehlkopfes unabhängig von aktiven musikalischen Leistungen zu untersuchen, dann erst diese in einfachsten Formen einzelner Töne und kürzester Tonfolgen von zwei Tönen. Hierbei ergab sich Gelegenheit, frühere Versuche wie diejenigen von *Gutzmann*, *Flatau* u. a. kritisch anzugehen; weiterhin aber auch jene Bewegungen zu verfolgen, die schon bei lebhaftem Vorstellen von Gesangstönen zu beobachten sind und die *Nadoleczny* in seiner Arbeit über das innere Singen als wirkliche Bewegungen stark motorisch Veranlagter angesprochen hat. Das eigentliche Programm der musikalischen Untersuchungen geht dann zu Terzen, Oktav-

Verminderung der Saftalkalität — Bildung von unlöslichem kohlen-saurem Salz — bedingte beschleunigte Wirkung von Enterokinase; richtiger wäre es, hier eine beschleunigte Bildung des Aktivators anzunehmen. In der Tat hat man die Kalksalzwirkung stets nur bei dem alkalischen Drüsensekret beobachtet, sie läßt sich auch mit einer äquivalenten Menge Säure erreichen und sie äußert sich erst nach einer längeren Latenzzeit.

So gewinnt man für die verschiedenen Erscheinungsformen der Trypsinaktivierung eine einheitliche Grundlage; die Formen wechseln, aber die Erscheinung ist die nämliche, sie beruht auf der Wirkung eines spezifischen Aktivators.

Es bleibt für die physiologische Forschung eine reizvolle Frage, ob die Enterokinase bzw. ihr Stammkörper nur im Pankreas oder aber auch in den Drüsen der Darmschleimhaut gebildet werden kann, und auf welche Weise im ersten Falle Aktivator oder Stammsubstanz von der Bauchspeicheldrüse in die Darmwand gelangen.

springen und Tonleitern über und umfaßt dann noch Untersuchungen einiger musikalischer Phrasen und den Triller.

Unsere Leser werden sich zuerst für die physikalische Anordnung und das Versuchsinstrumentarium interessieren. Bei den Vorversuchen diente zur graphischen Aufzeichnung ein einfaches Kymographion mit Uhrwerk und Friktionsscheibe mit einer Trommelgeschwindigkeit zwischen 2,5—10 mm pro Sekunde und mit einer Trommelhöhe von 13,5 cm. In der Folge wurde aber der Zimmermannsche Registrierapparat Nr. 2505 nach *Zuntz* mit Heringscher Schleife und mit geräuschlosem, langsamem Lauf verwandt. 2,8 bis 6 sec/mm als langsamer und 20—43 sec/mm als schneller Gang waren die meist benutzten Geschwindigkeiten. Für die Zeitschreibung wurde nur am Anfang die bekannte geräuschlose Zimmermannsche Zeitmarke von $\frac{1}{5}$ Sekunde benutzt. Später wurde ein Metronom verwendet, gewöhnlich auf $\frac{1}{2}$ Sekunde eingestellt, dessen Pendel bei jedem zweiten Schlag auf eine mit einer Mareyschen Trommel verbundene Gummikapsel aufschlug; bei schnellem Lauf zeichnete eine elektromagnetisch bewegte Stimmgabel von 50 Doppelschwingungen, und zwar gegen die Bewegungsrichtung der Trommel, um die Schreibhebel der anderen Apparate in ihren Schwingungen nicht zu beeinflussen. Die Atembewegungen wurden vom Brustkorb in der Höhe der Brustwarzen und vom Epigastrium durch je einen Marey-Gutzmannschen Gürtelpneumographen übertragen. Sie werden so angelegt, daß bei ruhiger Atmung die beiden Kurven dem Augenmaß gleich erscheinen. Wenn der Puls gleichzeitig registriert wurde, so geschah das durch eine mit einer kleinen Korkplatte verbundene Gummikapsel, die mittels einer lockeren Binde der Halsschlagader angelegt war.

Zur Messung des Atemvolumens dient ein weiterer Apparat, der den Phonetikern als der Gutzmann-Wethlosche Atemvolumenschreiber bekannt ist. Es ist dieses ein Balgapparat aus dünnstem Zephirleder, der durch ein verschiebbares Gegengewicht ausbalanciert ist, sich

leicht mit Luft füllt und an seinem Führungshebel zur Vermeidung der Bogenschreibung einen Geradschreiber trägt. Der Balg faßt bis 800 ccn und am Index des Hebels wird die Füllung zu je 2 ccn an Teilstrichen abgelesen, eine Strecke von 1 mm, die der Volumschreiber senkrecht aufzeichnet, entspricht einer Luftmenge von 6,25 ccn. Die Verbindung mit der Versuchsperson ist ein luftdicht anliegendes maskenartiges Mundstück mit einer Klappe, die gestattet, den Luftstrom zeitweise, durch Öffnen und Schließen, aufzufangen, so daß also z. B. bei einem langgehaltenen Ton dessen Anfangs- und Endkurven verglichen werden können. *Nadoleczny* selbst hat nachgewiesen, daß der Apparat in leerem Zustande eine Eigenschwingung von 3 D.S., luftgefüllt aber 24 D.S. in der Sekunde hat, und hat gezeigt, wie der Trägheitswiderstand des Systems die damit gewonnenen Kurven beeinflusst. Man muß also diese Eigenschaften kennen und berücksichtigen, um die Kurven zu beurteilen. Das ist ein besonderes Verdienst *N.s.*, in dieser Beziehung die Fehler und Grenzen der graphischen Phonetik dauernd zu zeigen und dadurch zu einer größeren Fehlerfreiheit dieser Arbeitsart aufzusteigen.

Fügen wir noch hinzu, daß die Aufnahme der Kehlkopfbewegungen noch mit einem Zwaardemakerschen Laryngographen geschah, der auf einem schweren, eisernen Dreifuß befestigt war, während die Versuchsperson, an deren Kopf der Apparat fixiert werden muß, auf einem laryngologischen schweren Operationsstuhl mit Armlehnen, verstellbarer Sitzfläche und Kopfstütze bequem und stabil sitzt. Dann bleiben nur noch zur Aufzeichnung der StimmSchwingungen die Kehltenschreiber zu nennen, obwohl diese Kurven nicht wie sonst zu Zwecken der Klanganalyse, gewöhnlich auch nicht einmal zur Tonhöhenmessung dienen, sondern nur zur Aufzeichnung des Anfangs und Endes oder der Dauer des Stimmklangs. Alles in allem — wie man sieht — kein kleines Rüstzeug und noch dazu ein solches mit allerlei Tücken. Nicht nur wegen der Beanspruchung der Versuchspersonen, die leicht aus der nötigen Unbefangenheit gebracht werden können. Obwohl auch dieses schwer wiegt, bei einer Funktion, die selbst so ungenau labil ist und sehr ähnliche Endeffekte auf verschiedenen Wegen herbeiführen kann. Sondern schon rein instrumentell sind die Apparate mit Unvollkommenheiten und Täuschungsmöglichkeiten behaftet, die einem so vorsichtigen und geduldrigen Experimentator natürlich nicht entgehen konnten. Man muß bei gewissen Kapseln stark auf der Hut sein, die Dichtigkeit prüfen, wenn sie steil abfallende Kurven liefern, schauen, ob nicht die Schreibhebel auf den Kapselrand aufstoßen; in den Schläuchen darf kein Überdruck herrschen, weshalb sie Ventile haben müssen. Ferner ist die Pneumographie kein exaktes Messungsverfahren. Es darf gesagt werden, daß *N.* bei seinen Versuchen auch die äußerste Vorsicht geübt hat, um Beeinflussungen der Versuchspersonen zu vermeiden. Sie wußten weder, worauf es ankam, noch konnten sie die Aufnahme beobachten. Aus verschiedenen Gründen — technischen und psychischen — wird zuerst eine Ruhkurve aufgenommen, wenn die Versuchsperson eine Zeitlang ruhig auf dem Untersuchungsstuhl gesessen hat, ihre Aufmerksamkeit abgelenkt, ihre Spannung gelöst ist. Eine solche fünffache Musterkurvenfolge zeigt uns: 1. die Horizontalbewegungen, 2. die Vertikalbewegungen des Kehlkopfes, 3. die Zeitschreibung einer Sekunde, 4. die Brustatmung, 5. die Bauchatmung. Wir sehen an allen Kurven pulsatorische Erscheinungen, sehen nach einigen ruhigen Bewegungen eine tiefe Atembewegung und erkennen dabei die gleichzeitige Vergrößerung der Kehlkopfbewegungen und erfahren, daß sich schon dabei ein

verschiedenes Verhalten bei unwillkürlicher und bei bewußter Tiefatmung ergibt, so daß die Laryngographie keineswegs als eine einfache Sache erscheint. Ferner ergibt sich, daß tiefe Atmung mit verlangsamter Ausatmung, also die Figur der phonischen Atmung auch schon unbewußt entstehen kann, bei der bloßen Absicht, zu sprechen oder zu singen.

Im dritten Kapitel sind die Versuchspersonen, ihr Vorstellungstypus und ihre Singstimmen behandelt. Es enthält wiederum viel mehr, als der Titel vermuten läßt, nämlich eine durch eine große Zahl neuer Untersuchungen an vielen Sängern ergänzte feinsinnige Darstellung der physiologischen und psychologischen Grundlagen unserer Kenntnisse von der gesanglichen Leistung und dazu eine musterhaft sorgfältige Würdigung der Literatur. Es folgt ein Kapitel „Über das innere Singen“. Hier ist *N.s.* 1923 in Passows Beiträgen erschienene Arbeit wiedergegeben, und das mit voller Berechtigung, da wir hier die Grundlegung einiger wichtiger, zum Teil für die Phonetik neuer Begriffe finden. Die deutlichsten Veränderungen der Atemform beim inneren Singen treten beim Vorstellen der höchsten Töne ein. „Stützbewegungen“ an Brust und Bauch sind teils Ausdruck besonders eingeübter Atmungsart und finden sich dann bei allen Tönen, während sie im allgemeinen häufiger eine vermeintlich größere Anstrengung andeuten und dann nur bei hohen und höchsten Tönen vorkommen. In einigen Fällen zeigt der Kehlkopf selbständige „Einstellbewegungen“, aus denen er entweder langsam oder mit plötzlichem Ruck „Abstellbewegung“ in seine Ruhelage zurückkehrt.

Im fünften Kapitel werden die Kehlkopf- und Atembewegungen beim Singen einfacher Töne untersucht, als Grundlage für die Beurteilung der zusammengesetzteren beim Singen von Tonfolgen. Aus den planvollen, mit zwingender Folgerichtigkeit durchgeführten Ergebnissen geht hervor, daß die Veränderungen der Kurven denen entsprechen, die schon bei lebhaftem Vorstellen von Gesangstönen beobachtet werden konnten, die Erscheinungen des Stützens sowohl, wie auch die Einstell- und die Abstellbewegungen. Die Kehlkopfbewegungen entsprechen gewöhnlich in ihrer Richtung der Tonhöhe, sind bei ungeschulten Stimmen meist größer als bei geschulten, doch hängt ihre Größe auch vom willkürlichen Spielraum des Kehlkopfes und von der Tonhöhe und Stärke ab. Die Abstellbewegung überschreitet häufig die Ruhelage. Der Kehlkopf senkt sich während des Anschwellens normaler Weise und tritt auch häufig vor, Ausnahmen bilden Schwelltöne an den Grenzen des Stimmumfangs.

Im sechsten Kapitel werden Tonleitern und Tonfolgen in kleinen und großen Intervallen untersucht. Im Eingange findet sich eine ganz vortreffliche Entwicklungsgeschichte der Lehre von den Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Singen, wohlthuend durch die Hervorhebung der noch umstrittenen schwierigen Hauptfragen und die gerechte und reinigend wirkende Kritik. Im siebenten und achten werden musikalische Phrasen und der Triller untersucht. Ich beschränke mich darauf, aus *N.s.* Ergebnissen über das kunstgesangliche Trillern mitzuteilen, daß es seine Entstehung einer fortlaufenden, durch Rückstoß gebundenen Schüttelbewegung des Kehlkopfes während der Stimmgebung nach oben, vor und unten rückwärts verdankt, die teils willkürlich, teils durch unwillkürliche Impulse — vielleicht mit dem Pulse rhythmisiert wird. Die Kehlkopfbewegungen sind begleitet von analogen Bewegungen der Zunge und des weichen Gaumens. Die Höhe der

Ausschläge wächst mit der Tonstärke, die Gleichmäßigkeit des Ablaufes und damit die Reinheit des Klanges entspricht dem Grade der Schulung. So verführerisch die Anführung weiterer Ergebnisse ist, so glauben wir

uns beschränken zu dürfen, in der Annahme, den Wert und die Reichhaltigkeit des schön ausgestatteten, mit reichen und wohlgeordneten Kurvenbildern versehenen Werkes erwiesen zu haben. *Theodor S. Flatau, Berlin.*

Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

Über die Sublimationswärme des Kohlenstoffs.

K. Fajans¹⁾ hat untersucht, inwieweit die von Lummer²⁾ auf optischem Wege ermittelte Abhängigkeit der Temperatur des positiven Kraters von dem Druck, unter dem der Kohlelichtbogen brennt, durch die Clausius-Clapeyronsche Gleichung darstellbar ist und somit zur Bestimmung der Sublimationswärme des Kohlenstoffs verwendet werden kann. Wir konnten seinerzeit³⁾ auf Grund neuerer und erweiterten Beobachtungsmaterials einige Ergänzungen hierzu geben; doch war nicht mit Sicherheit zu erkennen, ob eine einheitliche Darstellung der Versuche im ganzen Druckintervall berechtigt war, oder ob systematische Unterschiede zwischen Über- und Unterdruckmessungen vorlagen. Ferner entstanden Bedenken, ob beim Brennen des Bogens in Luft, also in Gasen, mit denen der Kohlenstoff chemisch reagiert⁴⁾, das eintretende Temperaturgleichgewicht als ein reines Dampfdruckgleichgewicht aufzufassen und daher der Druck des Kohledampfes über dem Krater mit dem gemessenen Außendruck zu identifizieren sei. Infolgedessen stellten wir neue Versuche in verschiedenen, speziell indifferenten Gasen in Aussicht (l. c. S. 152), bei denen unter gleichen Bedingungen zusammenhängende Messungen im Unter- und Überdruck ausgeführt werden sollten⁵⁾.

Die Auffassung, daß die Kratertemperatur bei einem bestimmten Druck die Siede- resp. Sublimationstemperatur des Kohlenstoffs bei diesem Druck darstellt, gründete sich auf die Unabhängigkeit dieser Temperatur resp. der ihr entsprechenden Flächenhelligkeit des Kraters von der Größe der Stromstärke, also Energiezufuhr im Bogen. Da man in dieser Hinsicht, d. h. sowohl bezüglich der Existenz einer konstanten Kratertemperatur überhaupt, wie bezüglich ihrer Deutung in den letzten Jahren verschiedentlich zu abweichenden Resultaten⁶⁾ gelangte, wurden zunächst Versuche zur Klärung dieser Frage angestellt. Die Ergebnisse sind folgende:

I. Beobachtungen in Luft bei Atm.-Druck an chemisch reiner Plania-Homogenkohle (Aschegehalt nach den Angaben von Lummer 0,07 %, resp. 0,01 % nach Selbstreinigung im Bogen) und unter Anwendung

¹⁾ K. Fajans, ZS. f. Phys. 1, 101—118, 1920.

²⁾ O. Lummer, Verflüssigung der Kohle und Herstellung der Sonnentemperatur, Braunschweig 1914.

³⁾ H. Kohn, ZS. f. Phys. 3, 143—156, 1920.

⁴⁾ Vgl. a. A. Thiel, Ber. d. Deutsch. Chem. Gesellschaft 55, 2844, 1922. Anm. b. d. Korrekt.: In einer inzwischen erschienenen Mitteilung von A. Thiel und F. Ritter, ZS. f. anorg. und allg. Chem. 132, 125, 1923, wird ausführlich auf diese Bedenken gegen die „Lichtbogenmethode“ eingegangen.

⁵⁾ Eine ausführlichere Veröffentlichung der Messungsergebnisse, über die wir in der Sitzung d. Schles. Ges. f. vaterl. Kult. v. 7. Dez. 1923 vortragen, erscheint demnächst in der ZS. f. Phys. sowie in der Dissert. v. M. Guckel.

⁶⁾ E. Podszus, Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 21, 284 bis 293, 1919, ferner ZS. f. Phys. 19, 20—30, 1923. W. Mathiesen, Untersuchungen über den elektrischen Lichtbogen, Leipzig 1921. F. Patzelt, ZS. f. Techn. Phys. 4, 66—72, 1922.

magnetischer Stabilisierung ergaben in dem weiten Bereich zwischen 0,3 und 2,12 $\frac{\text{Amp.}}{\text{mm}^2}$ spezifischer Belastung $\left(= \frac{\text{Stromstärke}}{\text{Kohlequerschnitt}} \right)$, entsprechend einem Stromstärkenbereich von 8—60 $\left[\frac{\text{Amp.}}{\text{mm}^2} \right]$ bei 6 mm

Kohldurchmesser, unbedingte Unabhängigkeit der Flächenhelle und somit der Temperatur des positiven Kraters von der Stromstärke. Die gleiche maximale Helligkeit wird beim negativen Krater erst bei höherer spezifischer Belastung erreicht (0,66 Amp.), ebenso beim positiven Krater, wenn die Elektrode mit einem dünnen Kupferrohr überzogen wird.

In gleicher Weise wird beim Brennen des Bogens in Kohlendioxid, Stickstoff und Argon unter Atmosphärendruck oberhalb einer gewissen Stromstärke Unabhängigkeit der Flächenhelle von der Belastung beobachtet. Die erreichten maximalen Helligkeiten stimmen in den vier verschiedenen Gasen ihrem Absolutwert nach unbedingt überein.

Gleichzeitig wurde eine indirekte Bestimmung des Anodenfalls in Abhängigkeit von der Stromstärke vorgenommen (durch Messung der Charakteristiken des Bogens). Bei den vier in Frage stehenden Gasen ergaben sich bei ausschließlicher Verwendung homogener Reinkohle erhebliche Unterschiede (50 %) in der Größe des Anodenfalls; im besondern ist er bei der Stromstärke, bei der die maximale Helligkeit erreicht wird, in den untersuchten Gasen sehr verschieden, ohne daß, wie oben gesagt, der Absolutwert dieser Helligkeit hierdurch beeinflußt wird. (In dem Belastungsbereich, in dem die maximale Helligkeit erreicht ist, ändert sich im übrigen der Anodenfall nur noch unwesentlich mit der Stromstärke.)

Diese Unabhängigkeit des Absolutwertes der maximalen Flächenhelle und des ihr entsprechenden Temperaturfixpunktes sowohl von den chemischen wie von den elektrischen Bedingungen⁷⁾ im Bogen kann als eine wesentliche Stütze für die Auffassung gelten, daß das beobachtete Gleichgewicht durch einen Siede- oder Sublimationsvorgang bedingt ist, und gibt gleichzeitig die Berechtigung, den Dampfdruck des Kohlenstoffs mit dem gemessenen Außendruck zu identifizieren.

II. Bei Druckwerten oberhalb und unterhalb einer Atmosphäre steigen die Flächenhelle und somit die Temperatur des positiven Kraters mit steigender Belastung ebenfalls bis zu einem Maximalwert an. Dieser Wert und die spezifische Belastung, bei der er erreicht wird, hängen, wie auch schon aus den früheren Untersuchungen bekannt, wesentlich vom Druck ab.

Die Bestimmung der maximalen Helligkeiten resp. Temperaturen als Funktion des Druckes wurden in CO₂ im Intervall von 0,06—5 Atm. in Stufen von je $\frac{1}{16}$ Atm. ausgeführt, in Luft wurden Messungen bis zu 3,2, in N₂ und Ar bis ca. 2 Atm. angestellt.

⁷⁾ Dem aus Beobachtungen bei Verwendung verschiedener Kohlearten gezogenem Schluß Mathiesens (l. c. Kap. 4), daß die Gleichgewichtstemperatur keine Verdampfungstemperatur, sondern eine „Ionisierungstemperatur“ ist, können wir daher nicht beistimmen.

Nach diesen Messungen besteht im Intervall zwischen 5 und 0,8 Atm. entsprechend einem Temperaturbereich von ca. 4700—4100° ein unbedingt linearer Zusammenhang zwischen den Logarithmen der Druckwerte und den reziproken Temperaturwerten, d. h. Anpassung an die Clausius-Clapeyronsche Gleichung

$$\lg p = - \frac{\lambda}{RT} + \text{const.}$$

Unter Berücksichtigung der bis 3,2 Atm. besonders genau durchgeführten Messungen ergibt sich aus der Neigung der den linearen Zusammenhang darstellenden Geraden für die Sublimationswärme des Kohlenstoffs bei Kratertemperatur der Wert $\lambda_T = 136,4$ kcal; unter Berücksichtigung aller gemessenen Werte folgt $\lambda_T = 129,8$ kcal; dem ersten Wert ist die größere Genauigkeit beizumessen.

Hieraus folgen für die Sublimationswärme des Diamants bei Zimmertemperatur unter der Annahme, daß der Kohlenstoff in dem betrachteten Druck-Temperaturintervall einatomig ist⁸⁾, die Werte:

$$\bar{\lambda}_{T_z} = 141,0 \text{ kcal, resp. } \bar{\lambda}'_{T_z} = 134,5 \text{ kcal;}$$

bei Annahme zweiatomigen Dampfes die Werte:

$$\bar{\lambda}_{T_z} = 151,5 \text{ kcal, resp. } \bar{\lambda}'_{T_z} = 145,0 \text{ kcal.}$$

Auf Grund des Nernstschen Wärmetheorems ergibt sich, wenn für den Siedepunkt der Kohle bei Atm.-Druck der Wert 4200° benutzt wird, bei Annahme einatomigen Dampfes (Näheres in d. zit. Arb. von K. Fajans und von H. Kohn) der Wert $\bar{\lambda}'_{T_z} = 141,4$ kcal in bester Übereinstimmung mit den aus der Neigung erhaltenen Werten 141,0 resp. 134,5 kcal; bei Annahme zweiatomigen Dampfes dagegen der durchaus abweichende Wert $\bar{\lambda}_{T_z} = 181,8$ kcal⁹⁾. Die Übereinstimmung der unter Annahme einatomigen Dampfes gewonnenen Daten stützt bis zu gewissem Grade die Deutung der konstanten maximalen Kratertemperatur als Sublimationstemperatur des Kohlenstoffs; gleichzeitig spricht sie für die angenäherte Richtigkeit des Temperaturwertes von 4200° bei Atm.-Druck und für die Einatomigkeit des Dampfes unter diesen Bedingungen. Gemäß den neuen Messungen und den angestellten Erörterungen möchten wir also den Wert von rund 140 kcal als für die Sublimationswärme des Kohlenstoffs maßgebend ansehen¹⁰⁾.

Unterhalb 0,8 Atm. liegt eine systematische Abweichung von der die Messungen bei höheren Drucken darstellenden Geraden vor; es werden zu hohe Temperaturen beobachtet. Die Abweichung ist in allen Gasen, auch im Argon, etwa die gleiche, und wird daher jedenfalls nicht auf chemischen Einflüssen beruhen. Wir vermuten vielmehr, daß eine Überhitzungserscheinung vorliegt¹¹⁾, sei es in der festen Phase oder

⁸⁾ Näheres über diese Umrechnung bei Fajans, l. c. S. 109.

⁹⁾ Berechnet nach W. Nernst, Die theoretischen und experimentellen Grundlagen des neuen Wärmesatzes, Halle 1918, S. 137.

¹⁰⁾ Bei Annahme einer Siedetemperatur von etwa 4500°, wie sie Podzus, l. c., erhält, würde sich der Wert von $\bar{\lambda}_{T_z}$ nur auf 151 kcal erhöhen. Einen gänzlich anderen Wert haben dagegen unlängst Wertenstein und Jedrzjewski, C. r. vol. 177, S. 316, 1923, mitgeteilt, nämlich 216 kcal für die Sublimationswärme des Kohlenstoffs im Intervall von 2800—3500° abs., an Kohlefäden gemessen. Wir sind damit beschäftigt, die Diskrepanz, die sich nicht ohne weiteres verstehen läßt, durch Versuche aufzuklären.

¹¹⁾ Möglicherweise liegt in der Temperatursteigerung um etwa 300°, die Podzus durch Anwendung be-

auch in der Dampfphase. In letzterem Falle dürfte in dem in Frage stehenden Druck-Temperaturintervall der Kohlenstoff allerdings dann nur teilweise dissoziiert sein¹²⁾. Möglicherweise ist ein Teil der Abweichung auch auf eine Änderung im Absorptionsvermögen der Krateroberfläche mit abnehmendem Druck zurückzuführen, auf die qualitative Beobachtungen hindeuten; Messungen hierüber sind im Gange.

Breslau, Physikalisches Institut der Universität,
23. Dezember 1923.

H. Kohn. M. Guckel.

Zusammenhang zwischen Passivität und Überspannung.

Wenn man passivierbare Metalle wie Chrom und Eisen durch Anlegung einer schwachen kathodischen Spannung, von ihrem passiven Zustand ausgehend, aktiviert, so gehen sie mit zunehmender kathodischer Spannung in steigendem Maße in Lösung, bis Entwicklung freien Wasserstoffes eintritt. Diese Aktivierungsperiode ist auf die Anreicherung der Umgebung der Kathode mit Hydroxylionen zurückzuführen, welche vermutlich dadurch verursacht wird, daß der erste elektrolytisch entstehende atomare Wasserstoff teils zur Reduktion gelösten Sauerstoffes zu Wasser, teils infolge von Absorption durch das Kathodenmaterial verbraucht wird. Eine gleiche Aktivierungsperiode zeigt sich beim Quecksilber bei kathodischer Polarisierung im Reststromgebiet. Der Wasserstoff muß erst das sich durch schwache Trübung auch optisch bemerkbar machende Quecksilberoxyd reduzieren, bevor er sichtbar wird. Die Hydroxylionen verdanken in diesem Falle ihre Entstehung möglicherweise der Adsorption von Wasserstoff. Die kathodische Überspannung läßt sich somit in zufriedenstellender Weise durch diejenige Reduktionsarbeit erklären, die der Wasserstoff vor seinem Erscheinen zu leisten hat. Dieselben chemischen Vorgänge, welche die Passivität von Metallen aufheben, verursachen hiernach zugleich ihre Überspannung. Die ausführliche Publikation erscheint in der Zeitschrift für Elektrochemie. Liebreich und Wiederholt.

Berlin, den 16. Januar 1924.

Der Normalzustand des Eisenatoms.

In einer demnächst erscheinenden Arbeit, deren Manuskript uns der Verf. freundlichst zur Verfügung stellte, ist es Herrn O. Laporte gelungen, im Spektrum des Eisens eine große Zahl von Linien in Multipletts zu ordnen. Offen bleibt in dieser Arbeit die Frage, ob ein gewisser, oft wiederkehrender, fünffacher

sonderer Mittel bei homogener Reinkohle erhält, auch eine solche Überhitzungserscheinung vor.

¹²⁾ Resultate von A. Thiel bezgl. des Wertes der Sublimationswärme bei tieferen Temperaturen deuten vielleicht auf diese Möglichkeit hin. Anm. b. d. Korrekt.: In der unter Anm. 4) zitierten Arbeit mitgeteilt.

¹³⁾ In gewissen Erscheinungen, wie Bildung von kleinen „Tröpfchen“ und kristallinen Gebilden, die den von E. Ryschkewitsch beim Schmelzen von Graphit (ZS. f. Elektroch. 1921, S. 57) beobachteten Erscheinungen sehr ähneln, ebenso in früheren Bestimmungen des Absorptionsvermögens der Krateroberfläche beim Brennen des Bogens in Luft unter Atm.-Druck gelangt die hierbei erfolgende Umwandlung der Kohle in Graphit zum Ausdruck. Bei sehr niedrigen Drucken jedoch war die ganze Kraterfläche nach dem Erlöschen des Bogens bisweilen sammetartig schwarz und stumpf und besaß dann jedenfalls ein größeres Absorptionsvermögen als der Graphit.

d -Term gemäß der Vermutung von Herrn Laporte dem Grundzustand des Eisenatoms entspricht, oder ob ein noch größerer, bisher unbekannter p - oder s -Term den Grundzustand darstellt. Diese Frage kann nur durch Absorptionsversuche entschieden werden, ebenso wie erst durch die Grotrianschen Absorptionsbeobachtungen bewiesen wurde, daß bei den Erden Ga, In, Tl der Grundzustand tatsächlich ein p - und nicht, wie bei den bisher untersuchten Elementen, ein s -Term ist. Wir haben nun eine Anordnung ausgearbeitet, die es ermöglicht, auch von schwer flüchtigen Stoffen das Absorptionsspektrum zu erzeugen. Über diese Anordnung werden wir an anderer Stelle Näheres berichten. Bei Eisen fanden wir damit in der Nähe des Schmelzpunkts das Auftreten der Linie $2522,85 \text{ \AA}$, E, deren Termdarstellung nach Laporte $1 d_3 - 4 \bar{d}_4$ ist. Bei weiterer Steigerung der Temperatur beobachteten wir noch 10 weitere Linien, die alle den Laporteschen Multipletts angehören und sämtlich von einer der 5 Komponenten des genannten d -Terms ausgehen. Daß außer der größten auch noch die andern Komponenten dieses Terms auftreten, die einer gewissen

Anregung des Atoms entsprechen, erklärt sich aus den geringen Energieunterschieden zwischen ihnen, so daß bei der Temperatur von etwa 2000° abs. nach dem Boltzmannschen Prinzip bereits alle 5 Energiestufen existieren, während höher angeregte Atome erst in verschwindend geringer Konzentration vorhanden sind. Durch unsere Absorptionsversuche ist also bewiesen, daß der von Laporte bezeichnete d -Term zum Grundzustand des Atoms gehört. Damit haben wir beim Eisen zum erstenmal den Fall, daß das Leuchtelektron eines Atoms sich im Normalzustand in einer azimutal dreiquantigen Bahn bewegt. Als Folge davon ergibt sich nach der Sommerfeldschen Magnetontentheorie für das Eisenatom die Magnetonzahl 6.

Für die Anregungsspannung folgt aus dem Grundterm und dem Laporteschen Niveauschema der Wert $3,19 \text{ V}$, für die Ionisierungsspannung $5,7 \pm 0,1 \text{ V}$.

München, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule, den 24. Januar 1924.

E. v. Angerer und G. Joos.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung vom 4. Dezember 1923 sprach Herr Dr. Stüve über **Aerologische Arbeitsmethoden**. Einleitend hebt der Redner hervor, daß nach den Bjerknesschen Anschauungen die Inversionen meist mit einer Zunahme der relativen Feuchtigkeit verbunden sind, daß es sehr wohl aber auch Inversionen gibt, bei denen dies nicht zutrifft. Die Arbeitsmethode, die angewandt wurde, benutzte in der Hauptsache zeitliche Schnitte durch die Atmosphäre, da die räumlichen nicht so günstig sind. Auf Grund der Bewegungen der Luftkörper werden Abgleit- und Aufgleitflächen unterschieden und beide wieder in aktive und passive Flächen unterteilt. Charakteristisch für beide ist die Temperaturinversion. Bei Abgleitflächen haben wir abnehmende Feuchtigkeit, bei Aufgleitflächen zunehmende Feuchtigkeit. Ob eine Fläche als aktiv oder passiv bezeichnet werden muß, bestimmt der an ihr herrschende Wind. Bei aktiven Aufgleitflächen findet sich eine Windzunahme, die mit einer Rechtsdrehung des Windes verbunden ist, bei einer passiven Aufgleitfläche nimmt der Wind unter Linksdrehung ab. Die aktive Abgleitfläche bringt Windzunahme mit Linksdrehung, die passive Abgleitfläche dagegen Windabnahme mit Rechtsdrehung.

Der Redner behandelt diese Verhältnisse zunächst an schematischen Schnitten, dann aber auch an einer Darstellung, die die tatsächlichen Verhältnisse nach den am Aeronautischen Observatorium in Lindenberg ausgeführten Aufstiegen zeigt, und erläutert, wie es möglich ist, auf die Natur der verschiedenen Flächen zu schließen. Um den Verlauf über einen längeren Zeitraum zu zeigen, wurden Aufstiege vom Mount-Weather-Observatorium in den Vereinigten Staaten dargestellt, die potentielle Temperaturen, spezifische Feuchtigkeiten und die Windverhältnisse wiedergeben. Um zu entscheiden, ob zwei Inversionen über zwei verschiedenen Orten derselben Trennungsfäche angehören, bedient man sich mit großem Vorteil der potentiellen Temperatur, denn

gleitende Bewegung erfolgt entlang Flächen gleicher potentieller Temperatur, solange keine Kondensation eintritt. Um nun neben der Temperatur und der relativen Feuchtigkeit auch die potentielle Temperatur schnell zu bestimmen, benutzt man am Aeronautischen Observatorium in Lindenberg das sogenannte Adiabatenpapier der Firma Schleicher u. Schüll, bei dem die Ordinate in logarithmischer Teilung den Luftdruck darstellt, und die Abszisse mit linearer Teilung für die Temperatur, relative Feuchtigkeit, Höhe und Dampfdruck bestimmt ist. Gegenüber dem verhältnismäßig einfachen Bau einer Zyklone nach dem Bjerknesschen Schema hat die Berücksichtigung der Höhenbeobachtungen einen komplizierteren Aufbau nachgewiesen. Vor allem ist der Kaltluftkörper durch eine Abgleitfläche, an der der Rückstrom der kalten Luft erfolgt, in zwei Teile geteilt. Der Kaltlufteinbruch braucht außerdem nicht einheitlich zu erfolgen, sondern kann in mehreren Staffeln vor sich gehen.

In der Sitzung vom 8. Januar 1924 berichtete Herr Dr. Herath über **Strommessungen an Drachenspannen** nach den am Preuß. Aeronautischen Observatorium in Lindenberg angestellten Versuchen. Die Hauptergebnisse hat der Vortragende in dem nachstehenden Auszug wiedergegeben.

Der in einem Drachenhaltedraht zur Erde fließende Strom ist, wenn man nur einen Drachen, der senkrecht über dem Aufstiegsplatz steht, annimmt, vor allem abhängig von den elektrischen Eigenschaften des Raums, der begrenzt wird durch die eben noch den Drachen treffenden elektrischen Kraftlinien und die erste ungestörte Äquipotentialfläche des luftelektrischen Feldes über dem Drachen (Auffanggebiet). Aus der hierfür aufgestellten Gleichung geht hervor, daß dieser Strom umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus dem in Drachenhöhe herrschenden Luftdruck ist und ferner, daß der gemessene Strom als relatives Maß für die in Drachenhöhe gegen Erde

herrschende Spannung angesehen werden darf. Um nun die für Aufstellung der Gleichung angenommenen Bedingungen annähernd erfüllt zu haben, wurden sämtliche beobachteten Stromwerte (8044 Einzelbeobachtungen) auf 90° Elevationswinkel und 10 m/sec Windgeschwindigkeit reduziert. Dann ergeben sich insbesondere bei der Behandlung von Einzelfällen interessante Beziehungen, von denen folgende hier erwähnt seien:

Die elektrische Spannung Erde gegen Luft ist bei der überwiegenden Anzahl der Strommessungen (J) positiv gefunden worden. Umkehr des Vorzeichens trat lediglich bei Böenniederschlag (Einbruchflächen) auf. Negatives Potentialgefälle entsprechend negativem $\frac{dJ}{dh}$ wurde öfter beobachtet, und zwar immer nur in Gegenwart von Wolken, die in diesem Falle aber auch aufgleitenden Warmluftmassen angehören konnten (Aufgleitflächen).

Man kann drei Typen von Höhenstromkurven unterscheiden. Zunächst solche, bei denen eine gleichmäßige Zunahme des Stromes mit der Höhe beobachtet wurde. Sie kennzeichnen Aufstiege, die sich in Luftmassen annähernd gleichen physikalischen Charakters bewegen. Wesentlich davon verschieden ist der zweite Typ, der bei Aufstiegen beobachtet wurde, bei denen zwei oder mehrere verschieden geartete Luftkörper durchgemessen wurden. Derartige Stromhöhenkurven setzen sich gewissermaßen aus zwei Kurvenstücken des ersten Typs zusammen, und an der Gleitfläche zwischen beiden Luftkörpern treten zeitlich die heftigsten Schwankungen auf, gleichgültig, ob in dem betreffenden Niveau die Kondensation erreicht ist oder nicht. Die dritte Art der Stromhöhenkurven kann eine Modifikation von Typ eins und zwei genannt werden, derart, daß die Stromhöhenkurve im wesentlichen gleichmäßige Zunahme mit der Höhe zeigt, doch treten zuweilen Stromstöße auf. Diese Kurvenart repräsentiert die luftelektrischen Zustände bei sommerlicher starker Konvektion, und derartige Stromstöße sind an den Durchgang des obersten Drachens durch einen auf- oder absteigenden Luftballen gebunden, wie auch aus der Temperaturregistrierung des Dracheninstrumentes zu entnehmen war.

Bei reinen Kälteeinbrüchen aus polaren Gebieten wurden äußerst geringe Stromwerte beobachtet, was wohl darin begründet ist, daß durch fortschreitende Erwärmung des Kaltluftkörpers in unteren Breiten sowie durch seine Armut an Fremdkörpern (vergleiche die große Sichtigkeit) die elektrische Leitfähigkeit eine hohe, das Potentialgefälle also ein geringes ist. Umgekehrtes Verhalten zeigen die Warmluftkörper, die sich durch große Stromzunahme mit der Höhe auszeichnen.

Weitere Ergebnisse, die gewonnen wurden, sind für die Funktechnik wichtig.

Außer dem Galvanometer lag zwischen isolierter Winde und Erdung noch ein 1000 Ω -Kopfhörer. In demselben konnten Knack- und Brodelgeräusche gehört werden, sobald das Galvanometer (Empfindlichkeit 10^{-6} Amp.) ruckweise Ausschläge zeigte. Sie waren am stärksten, wenn der Drachen sich in der Gleitfläche befand, und nahmen infolge der stark dämpfenden Wirkung des Haltedrahtes bei Höhenänderungen des Drachens, also mit Entfernung vom Entstehungsherd der Störungen rasch ab und verschwanden. Die gleichzeitigen Luftstörungen in einer T-Antenne waren weit zahlreicher und meist auch stärker (schwingungsfähiges Gebilde). Wir dürfen daraus also folgern,

daß als Ursache für die Luftstörungen beim Funkempfang die an den Gleitflächen in der freien Atmosphäre auftretenden momentanen elektrischen Umlagerungen und Ausgleichs anzusehen sind, wobei als Gleitflächen im weiteren Sinne auch die Begrenzungsflächen der durch die sommerliche Konvektion vertikal verfrachteten Luftmassen anzusehen sind.

Als relatives Maß des Auftretens der sommerlichen Störungen kann man bei gerichtetem Empfang die Karte der mittleren jährlichen Verteilung der Gewittertätigkeit ansehen, die so mit gewissen Einschränkungen eine graphische Darstellung der Verteilung der Stärke vertikaler Luftbewegungen, die durch die Gestaltung der Erdoberfläche usw. bestimmt ist, darstellt. Solche Karten sind für den Aerologen und Luftelektriker weit über ihren ursprünglichen Zweck hinaus ein Maß für die durch den vertikalen Lufttransport bedingten Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Höhenisothermen, für die Wahrscheinlichkeit der Zertrümmerung von Gleitflächen durch die sommerliche Vertikalbewegung (Führungsflächen elektromagnetischer Wellen), für die Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Äquipotentialflächen des luftelektrischen Feldes (Störungen) und schließlich auch für den Grad der elektromagnetischen Trübung, denn durch die vertikalen Ströme werden auch ursprünglich homogene Luftkörper derartig schlierenartig durchsetzt, daß Wellen, die etwa horizontal fortzuschreiten trachten, durch den dauernden Wechsel in der Dielektrizitätskonstante in völlig unkontrollierbarer Weise abgelenkt werden. Jedenfalls wird die am Empfänger ankommende Wellenenergie verringert und muß raschen zeitlichen Intensitätsschwankungen unterliegen.

Für die täglichen und jährlichen Reichweiteschwankungen beim Funkverkehr über relativ geringe Entfernungen ist vor allem die durch die Sonnenstrahlung ausgelöste konvektive Luftbewegung maßgebend. Als Beweis für diese Behauptung kann nicht allein das zeitliche Zusammenfallen dieser beiden Erscheinungen angeführt werden; vor allem spricht dafür aber die Tatsache, daß die Intensitätskurven über kontinentalen Landmassen bedeutende Amplituden zeigen, während die tägliche und jährliche Periode auf hoher See fast völlig verschwinden.

Über den Einfluß ausgedehnter Schichtungen und Gleitflächen in der Atmosphäre auf die von einem gegebenen Sender auf einen festen Empfänger treffende Wellenintensität konnten folgende Feststellungen gemacht werden:

Liegt die Trennungsfläche zweier physikalisch verschieden gearteten Luftmassen so zwischen Sender und Empfänger, daß sie in der Verbindungslinie der beiden Stationen den Erdboden berührt bzw. mit ihrer Verlängerung berühren würde, so ist die am Empfänger gemessene vom Sender eintreffende Energie zu gering. Fällt dagegen ihr Fußpunkt auf den Erdboden nicht auf die Strecke zwischen Sender und Empfänger und verläuft die Trennungsfläche der Luftmassen in der Höhe über dieser Strecke, so ist die gemessene Wellenenergie zu hoch gegen den Mittelwert über eine längere Beobachtungsreihe. Der Einfluß der Heavisideschicht auf den Funkverkehr über sehr große Entfernungen wird nicht in Abrede gestellt, sondern neben der oberen Führungsfläche werden nur noch andere Gleitflächen bei der Fortpflanzung elektromagnetischer Wellen als wirksam angenommen.

Für die auftretenden Energieänderungen verantwortlich ist nach den bisherigen Erfahrungen die

Verschiedenheit der Dielektrizitätskonstante der durch die Gleitflächen getrennten Luftschichten, wobei auch den an diesen Trennungsf lächen auftretenden Wolkenschichten und Niederschlagszonen eine nicht

zu vernachlässigende Bedeutung zukommt. Laboratoriumsversuche über diese Fragen sind in Angriff genommen und es wird s. Zt. darüber berichtet werden.
Kn.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Untersuchungen über die Korrelation von Stoffwechselgefälle, Potentialgefälle und Galvanotaxis.

(L. H. Hyman and A. W. Bellamy, Biol. bull. of the marine biol. laborat. Bd. 43, Nr. 5, S. 313—347, 1922.) Verf. sieht die Ursache der bioelektrischen Potentialdifferenzen in der verschiedenen Intensität der Stoffwechselvorgänge an den einzelnen Punkten des Körpers. Wo sich der Stoffwechsel am lebhaftesten vollzieht, dort herrscht *positives* (inn.) Potential relativ zu Zonen von geringerer Stoffwechselgröße [leider hat es sich eingebürgert, positiv und negativ stets im Sinne des Außenstromes, der die vom Körper abgeleiteten Drähte und das Galvanometer durchfließt, zu gebrauchen, anstatt im Sinne des entgegengesetzt gerichteten Stromes im Körperinneren (Innenstrom). Hier soll, wenn vom Innenstrom die Rede ist, stets „(inn.)“ beigefügt werden, während „(auß.)“ anzeigt, daß, wie allgemein üblich, der Außenstrom im Galvanometer gemeint ist].

So liegt die Vermutung nahe, die galvanotaktische Einstellung freibeweglicher Tiere in einem konstanten Strome möchte darauf beruhen, daß die durch größere Stoffwechselintensität ausgezeichneten positiven (inn.) Körperteile von der Kathode, die negativen (inn.) von geringerer Stoffwechselgröße aber von der Anode angezogen werden. Bei kathodischen Tieren müßte also das Vorderende, bei anodischen das Hinterende die größere Stoffwechselintensität zeigen. Langgestreckte Tiere, die vorn und hinten größere Stoffwechselzahlen aufweisen als in der Mitte, müßten U-Gestalt annehmen, indem sie beide Enden der Kathode, die Mitte aber der Anode zuwenden. — Eine kurze Literaturübersicht zeigt, daß schon 1867 *Hermann* im wesentlichen die gleiche Erklärung der bioelektrischen Erscheinungen gab, insbesondere der Aktionsströme und der von einer Wundfläche abgeleiteten Ströme, wenn er auch später wieder davon abkam. Die beiden anderen Theorien (Konzentrationsketten, lokale Entpolarisierung semipermeabler Membranen) werden kurz gestreift. — Als Maß der Stoffwechselgrößen dienten erstens die lokale Empfindlichkeit gegen Gifte und Farbstoffe, ferner die Fähigkeit, Kaliumpermanganat zu reduzieren (bräunen), sowie die üblichen quantitativen Untersuchungsmethoden der O₂-Aufnahme und CO₂-Abgabe, soweit sie sich aus technischen Gründen an einzelnen Körperteilen ausführen ließen. Die Potentialdifferenzen wurden an zwei d'Arsonvalschen Galvanometern abgelesen. Nach Galvanotaxis wurde mit Strömen von abstufbarer Spannung bis zu 110 Volt gefahndet, die durch Metall Elektroden ins Wasser geleitet wurden.

Spongien: Längshalbierte Grantien und ganze Leukosolenien zeigten, in Kaliumpermanganat gesetzt, raschere Bräunung am Oculum, längs der Achse nahm die Färbung ab. Entsprechend war die Ocularzone elektronegativer (auß.) gegenüber dem Basalende. — *Hydroiden*: Die Polypenköpfchen sind stets empfindlicher und reduzieren stärker als die Stämme, und ganz allgemein nimmt die Stoffwechselgröße von distal her nach der Basis zu ab. Entsprechend sind bei sechs verschiede-

nen Arten die peripheren Teile gegenüber den basalen negativ (auß.), wie sich zeigt, wenn man die ganze Kolonie über die Elektroden legt oder etwa einen Distal mit einem basalen Hydranten mittels eines in Meerwasser getauchten Fließpapierstreifens verbindet usw. Im galvanischen Strome wandten *Pennaria*-köpfchen, solange sie noch nicht „ermüdet“ waren, die Manubriumseite, also die am meisten periphere, der Kathode zu. — *Hydromedusen*: Der höchste Punkt des Stoffwechselgefälles ist das distale Ende des Manubriums und der Schirmrand mit den Tentakeln, dann folgt die Subumbrella, endlich die Exumbrella. Bei *Gonionemus*, *Aequorea*, *Mitrocoma* und *Stomatoca* findet man genau übereinstimmend mit den Stoffwechselversuchen die stärkste Negativität (auß.) am distalen Manubriumende, worauf der Schirmrand mit den Tentakeln, die Subumbrella und endlich die Exumbrella folgen. Nur wenn bei *Aequorea* an den Radiärkanälen reife Gonaden saßen, so war die Subumbrella stärker negativ (auß.) als Rand und Manubrium. — *Otenophoren*: Bei *Pleurobrachia* war meist der aborale Pol, von dem ja die Schlagfolge der Wimperplättchen auszugehen pflegt, negativ, manchmal aber auch umgekehrt der orale Pol; auch die Schlagrichtung der Wimperplättchen wendet ja manchmal, ob aber beides in den gleichen Fällen geschah, das wurde nicht festgestellt. Galvanotaxis war nicht zu entdecken. — *Turbellarien*: Das Vorderende hat die höchsten Stoffwechselzahlen, es folgt das Hinterende, zuletzt kommt die Mitte. So zerstört Cyankali zuerst das Vorderende, worauf die Körperränder nach hinten folgen, während die Zerstörung auch auf die Bauchseite übergreift. Bevor dort aber die Mitte erreicht ist, beginnt eine zweite Zerstörungswelle am Hinterende und schreitet nach vorne fort; beide begegnen sich endlich in der Mitte. Genau entsprechend verhielten sich die Potentialdifferenzen; und im galvanischen Strome nahmen die Tiere tatsächlich die postulierte U-Form an, wobei sich eine erstaunliche Übereinstimmung mit dem Cyankaliversuche zeigte: Das Tier liegt auf der Seite, den Bauch der Kathode zugewandt, das Vorderende am nächsten, das Hinterende etwas weniger nahe der Kathode und am weitesten von ihr entfernt die Mitte. — *Chaetopoden*: Hier verbraucht das Hinterende am meisten Sauerstoff, weniger das Vorderende, am wenigsten wiederum die Mitte. Bei *Lumbricus terrestris*, *Allobophora foetida* und *Helodrilus caliginosus* sind die beiden Enden gegen die Mitte negativ. Im galvanischen Strome nimmt der Regenwurm die U-Gestalt an, Vorderende und Hinterende der Kathode zugewandt, die Mitte am weitesten von ihr entfernt, und kriecht den Angaben von *Moore* und *Kellog* (1918) zufolge in dieser Stellung („maintaining this posture“) zur Kathode hin. Bei den Polychäten scheinen die Dinge noch nicht so klar zu liegen. Ebenso bestehen bei *Kaulquappen* offenbar noch Widersprüche, immerhin fanden die Autoren bei jungen Froschkaulquappen anodische Galvanotaxis und bei denselben Tieren die Vorderenden negativ (inn.).

Wie man sieht, spricht bereits ein umfang-

reiches Tatsachenmaterial, an dessen Beibringung eine große Anzahl von Untersuchern Anteil haben, zugunsten der in der Einleitung ausgesprochenen Theorie. Eine ausführliche Auseinandersetzung mit abweichenden Auffassungen verschieben die Verff. auf später. Hierbei wird hinsichtlich der Infusorien, insbesondere des Paramaecium, das von *Jennings* (behavior) gegen alle bisherigen Erklärungsversuche, außer dem von *Bancroft* (1906), geäußerte Bedenken nicht umgangen werden dürfen; die Ausführungen der Verff. genügen nicht zur Widerlegung desselben.

O. Koehler, München.

Studien über die Notwendigkeit des Gehirns für den Beginn der Insektenmetamorphose. (*Stefan Kopeck*, Biol. bull. of the marine biol. laborat. Bd. 42, Nr. 6, S. 323—342, 1922.) Das Gehirn (Ganglion supraoesophageum) der Raupen von *Lymantria dispar* ist für den allgemeinen Vorgang der Metamorphose von besonderer Bedeutung. Seine Gegenwart ist bis zu einer gewissen Periode unerlässlich für den Beginn der histolytischen Prozesse. Sein Einfluß ist in dieser Beziehung wahrscheinlich chemisch, wie bei einem innersekretorischen Organ. Zu einer bestimmten Zeit vor der Verpuppung ist die Menge der von dem Gehirn sezernierten Substanz für die vollständige Verpuppung hinreichend. Raupengewebe, das von dem Gehirn bereits beeinflusst wurde, durchläuft dann von da ab die Metamorphose unabhängig. So verwandeln sich die Flügelanlagen, die kurz vor der Verpuppung auf jüngere Raupen verpflanzt wurden, im larvalen Organismus in Puppenflügel trotz des Fehlens histolytischer Prozesse in der neuen Umgebung. Ähnliche Resultate wurden bei der Transplantation von Gonaden und Malpighischen Kanälchen erhalten, welche letztere sich unabhängig vom Darm und von ihrer spezifischen Tätigkeit in die Form des erwachsenen Zustandes verwandeln. Der vom Gehirn ausgehende Anreiz ist jedoch für sich allein nicht imstande, die Metamorphose zu veranlassen; es ist vielmehr notwendig, daß der ganze Organismus, der ein gewisses Alter erreicht haben muß, physiologisch vorbereitet ist, auf den Anreiz zu reagieren. So treten bei Gonaden, die von jungen Raupen auf alte, sich bald verpuppende Tiere transplantiert werden, nicht die typischen, bei Verpuppung zu beobachtenden Prozesse ein, trotzdem in der Umgebung histolytische Vorgänge vor sich gehen. — Andere Teile des Nervensystems haben auf den Hauptvorgang der Metamorphose keinen Einfluß. — Legt man um den Raupenkörper Ligaturen, und zerschneidet man ihn dann in ein vorderes, mittleres und hinteres Segment, so vollzieht sich am vorderen Segment, sofern die Raupe nicht verhungert, die Metamorphose in normaler Weise. Am mittleren und hinteren Segment tritt das nur ein, wenn die Prozedur wenige Tage vor der Verpuppung ausgeführt wird.

B. Romeis, München.

Ber. über d. ges. Physiol. u. experim. Pharmak.

Aus Nature vom 5. Januar 1924. Es ist bekannt, daß ferromagnetische Substanzen einen anomalen starken Anstieg der spezifischen Wärmen bis zum Curiepunkt zeigen und daß dort gleichzeitig mit dem Verlust des Ferromagnetismus eine plötzliche Verkleinerung der spezifischen Wärme eintritt. *J. R. Ashworth* hat unter Anwendung der van der Waalsschen Gleichung auf den ferromagnetischen Zustand eine Gleichung für die spezifische Wärme

ferromagnetischer Substanzen am Curieschen Umwandlungspunkt C_θ und für den Abfall ΔC aufgestellt:

$$C_\theta = \frac{5R I_0}{a \Theta}$$

$$\Delta C = K \frac{R I_0}{a \Theta}$$

wo R im kalorischen Maß angegeben ist, I_0 maximale Magnetisierbarkeit, Θ den Curiepunkt, a Atomgewicht der Substanz und K für verschiedene Substanzen verschiedene, aber kleine ganze Zahlen bedeutet, z. B. für Eisen 2, für Nickel 1.

Für Eisen, Nickel, Kobalt liegen die so bestimmten C_θ -Werte innerhalb der Fehlergrenzen, die durch die Genauigkeit gegeben sind, mit der C_θ , Θ und I_0 bekannt sind. Das gleiche gilt bei Eisen, Nickel und Magnetit für die ΔC -Werte, wenn man K für Magnetit gleich 4 gesetzt.

Im Pan Pacific Science Congress, Australien 1923, wurde u. a. mitgeteilt (*J. Mc. Luckie*), daß sich antarktische Bestandteile in der australischen Flora finden, deren Zentrum heute Tasmanien ist. *L. Rodway* hat festgestellt, daß im nassen Westen Tasmaniens mehr endemische Pflanzenarten vorkommen als im trockenen Osten.

Zur Bekämpfung der überhandnehmenden Feigenmisteln (*Opuntien*) sind vielerlei Insekten aus Amerika importiert worden, ebenso pilzliche Krankheitserreger. Es wird vorgeschlagen, daß in allen Ländern am Stillen Ozean Maßnahmen zur Bekämpfung dieses gefährlichen Unkrautes getroffen werden.

Unter den „Briefen an den Herausgeber“ findet sich eine mit 6 Abb. versehene Polemik *E. R. Lankesters* gegen *Acleys* Behauptung, er habe im Gegensatz zu *Huxleys* Beschreibung von 1863 eine besondere Ähnlichkeit zwischen den Füßen des Menschen und denen des Gorilla aufgedeckt und bewiesen.

Zwei Umstände seiner Beweisführung sind irreführend. Er hat den abgetrennten Fuß eines Gorillas nach Ablauf der Totenstarre mit der Sohle nach oben aufgestellt und von dem so verzerrten Fuß einen Abguß gemacht. Weiter hat er den Abguß bei vollem Licht von oben photographiert, wodurch jede plastische Wirkung im Bild verloren ging. Beim lebenden Gorilla divergiert der große Zeh, wenn die Last des Körpers darauf ruht, stark von der Richtung der anderen Zehen, und sein Fuß ist dem der Schimpansen und anderer Affen ähnlicher als dem des Menschen.

Weiter bringt *Johs. Schmidt* aus dem Carlsberg-Laboratorium (Kopenhagen) Beiträge zur Frage der Entwicklung des Aales. Im ganzen atlantischen Ozean wurden 12—13 000 Fischzüge nach Aallarven gemacht. Nach seinen Befunden teilt *Schmidt* das Gebiet in drei von Nordost nach Südwest verlaufende Streifen ein. Im südöstlichen Streifen (östlich der Linie Kap Cod—Kap Verde) sind praktisch alle Larven kleiner als 5 cm, weiter westlich findet er etwa gleichviel, die länger sind wie kürzer, und bei Europa sind alle Larven größer als 5 cm, auch im Mittelmeer. Es zeigt sich daraus, daß alle Aallarven von Südwesten (etwa dem Golf von Mexiko) kommen und beim Heranwachsen das genannte Gebiet durchwandern, und daß es auch im Mittelmeer keine einheimischen Aale gibt.

v. Simson. A. v. Ranke.