

**Einige nähere und fernere Ziele für die Weiterbildung des physikalischen Unterrichtes am Gymnasium.<sup>1)</sup>**

Von

Professor Dr. Alois Höfler in Wien.

I.

In jüngster Zeit sind vielfach Forderungen für die Reform des physikalischen Unterrichtes mit mehr oder minder treffender Begründung aufgestellt worden. Indem ich zunächst über die nächsten und mir verhältnismässig am leichtesten erreichbar scheinenden Ziele einer solchen Reform einige Worte zu sagen versuche, beschränke ich mich auf die Constatierung solcher Punkte, in welchen der nach einem möglichst erfolgreichen Unterricht strebende Lehrer sich durch bestehende Verhältnisse in seinem Bestreben geradezu gehemmt sieht.

Am augenfälligsten scheint mir immer noch der geringe Erfolg des mathematischen Teils des physikalischen Unterrichtes. Es ist auch in dieser Hinsicht in den letzten Jahrzehnten erstaunlich viel geschehen — vergleichen wir nur die gefürchteten, die Schultafeln mehr als einmal füllenden „Beweise“ von einst mit der Eleganz der Rechnung in MACHS Lehrbuch. Dass aber in der ganzen Praxis der Schule noch nicht alles ist, wie es sein sollte, bezeugt jene starke Bewegung, die so ziemlich zuerst ihren entschiedenen Ausdruck in dem vortrefflichen Aufsätze von PIETZKER über „die Beziehungen zwischen dem mathematischen und dem physikalischen Unterricht“ in dieser Zeitschrift (Februar 1890. III 105) gefunden hat. Im Anschlusse an die dort begründeten Forderungen möchte ich teils die folgenden noch einmal besonders hervorheben, teils auf noch andere speziellere Hemmungen hinweisen, durch welche dem physikalischen Unterricht seitens des mathematischen ein rechter, voller Erfolg erschwert oder wenigstens nicht erleichtert wird.

1. Wir brauchen in der Physik nicht selten mathematische Begriffe, auf welche der systematische Mathematikunterricht entweder gar nicht oder höchstens vorübergehend zu sprechen kommt. Ich nehme als einziges Beispiel den Begriff des Krümmungshalbmessers, dessen man in der Lehre von den krummlinigen Bewegungen, von den Linsen, der Oberflächendichte elektrischer Ladungen u. s. w. bedarf. Dürften wir nun z. B. beim Schüler als bekannt voraussetzen, dass der Krümmungshalbmesser der Parabel  $y^2 = 2px$  im Scheitel den Wert  $p$  hat, wie einfach und durchsichtig würde sich dann die Begründung der Formel für die centripetale Beschleunigung  $b = c^2/r$  beim Kreis und allgemeiner  $w = v^2/\rho$  gestalten! Für den horizontalen Wurf leiten wir aus  $y = ct$  und  $x = (g/2)t^2$  die Parabelgleichung  $y^2 = 2(c^2/g)x$  ab. Hier ist also  $p = c^2/g$  und  $g = c^2/p$ . Für das  $g$  oder

<sup>1)</sup> Nach einem auf der 66. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Wien in der Abteilung für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht gehaltenen Vortrage, unter Weglassung einzelner, auf die besondere Gelegenheit bezüglicher Ausführungen.

allgemeiner  $b$  der Kreisbewegung wird, wenn man  $p=r$  setzt, sofort  $b=c^2/r$ . — Und wie leicht wieder wäre doch jene Beziehung  $p=r$  für den Scheitel der Parabel auf Grund dessen, was wir ohnedies unseren Schülern von analytischer Geometrie beibringen, zu gewinnen! Die Subnormale ist für alle Punkte der Parabel gleich  $p$ . Im Scheitel stellt die Axe die eine Normale dar, eine unendlich benachbarte — auf diese Weise definieren wir ja den Krümmungshalbmesser — gewinnt demnach selbst die Länge der Subnormale. Oder auch: Die Scheitelgleichung des Kreises ist  $y^2=2rx-x^2$ ; für verschwindende  $x$  geht sie über in die Parabelgleichung  $y^2=2rx$ , wo wieder  $r=p$ . — Dass erst hiermit die z. B. bei der Erklärung der Mondbewegung immer betonte Analogie zwischen kreisender und Wurfbewegung ganz zur Geltung käme, will ich hier nicht weiter betonen.

2. Ich habe mich soeben einer „Annäherung“ bedient. Bekanntlich sind es diese, welche bei Schülern, die sich überhaupt etwas denken, besonders gern den Widerspruchsgeist reizen. Natürlich wäre es für den Mathematikunterricht ein Leichtes, die Schüler über die strengen Principien, nach denen solche Annäherungen [z. B.  $\sin \alpha \pm \text{tg} \alpha \pm \alpha$ ;  $(1+x)^2 \pm 1+2x$  u. dgl. m.] vorgenommen werden, rechtzeitig zu belehren. Geschieht es aber? Detailliertere Vorschläge in dieser Hinsicht muss ich anderer Gelegenheit vorbehalten. —

3. Ein viel weiter tragendes Hindernis liegt darin, dass unsere Schüler nicht gewohnt sind, die physikalischen Formeln z. B.  $s=(g/2)t^2$  sub specie des Funktionsbegriffes aufzufassen. Unsere so vielfach vortrefflichen Mathematikinstruktionen von 1884 hätten allerdings nur noch einen Schritt vorwärts zu thun gebraucht, um diesem Begriff in unserem Unterricht sein volles Recht zu schaffen. Wie die Dinge aber heute noch liegen, muss man eingestehen, dass eigentlich unser ganzer Mathematikunterricht am Gymnasium keine deutlich erkennbare Spitze hat. Dem Schüler wird nicht klar, warum der Lehrstoff just mit dem binomischen Satz einerseits, mit Ellipse, Parabel und Hyperbel andererseits endigt. Der Funktionsbegriff wäre eine solche Spitze. — Ich suche dem Mangel abzuhelfen, indem ich, wie ich schon bei anderer Gelegenheit mitteilte, in der VII Classe gleich anfangs, also um die Zeit des Beginns auch des Physikunterrichtes, Vorübungen aus analytischer Geometrie vornehme, wo Gelegenheit ist, ganz einfache Beziehungen wie  $y=x^2$  als Gegenstück zu  $s=at^2$  im Sinne von Funktionsbeziehungen anschaulich erfassen zu lassen.

In welcher Weise liesse sich, so lange wir eine durchgreifendere Reform des mathematischen Unterrichts nicht zu erwarten haben, den erwähnten und noch mancherlei anderen Übelständen in derselben Richtung abhelfen? Das Lehrbuch der Physik könnte einen mathematischen Anhang bekommen, in welchem ganz kurze Darstellungen derjenigen Lehren und in derjenigen Form zu finden sind, wie sie der Physiker braucht, aber der Mathematiker innerhalb seines Lehrstoffs gewöhnlich nicht giebt. Es könnte dann der Mathematiklehrer ab und zu einen Blick in jenen Anhang thun und bald diesen, bald jenen Paragraphen seinem Lehrgang dort eingliedern, wo es sich eben für diesen am besten fügt. So liesse sich ein Gebrauch, der ähnlich in mehreren Lehrbüchern der höheren Physik längst geübt wurde, auch den pädagogischen Bedürfnissen der Mittelschule anpassen.

4. Schliesslich möchte ich nun aber in Sachen des Verhältnisses zwischen Mathematik und Physik noch auf einen Punkt hinweisen, an dem die Schuld zum weitaus grösseren Teil nicht die mathematische Hilfswissenschaft, sondern die Physik

selber trägt. Ich meine das sogenannte „Definieren“ physikalischer Grössen durch blosse mathematische Formeln. Geschwindigkeit „ist“  $s/t$ , Arbeit ist  $p \cdot s$ , lebendige Kraft ist  $mv^2/2$  u. s. w. Nur ganz vereinzelt, deshalb aber um so dankenswerter haben sich Stimmen vernehmen lassen, welche derlei geradezu als Misbrauch bezeichnen. So POSKE in der erfreulicherweise schon mehrfach citierten Stelle (d. Zeitschr. III 161):

„... es mag daran erinnert werden, dass jeder physikalische Begriff eine anschauliche Grundlage hat, und dass der Zusammenhang mit dieser Grundlage nicht aufgehoben werden darf, wenn das volle Verständnis des Begriffs erhalten bleiben soll. So bedeutet Geschwindigkeit nicht den Quotienten  $s/t$ , der an sich völlig sinnlos ist, sondern vielmehr einen eigenartigen Zustand eines Körpers, dessen genaue Messung mit Hilfe dieses Quotienten möglich wird; so bedeutet Masse nicht  $p/g$ , sondern eine Eigenschaft, vermöge welcher ein Körper unter der Einwirkung einer bestimmten Kraft eine bestimmte Beschleunigung erfährt. Ebenso ist die anschauliche Bedeutung des Potentials eines Körpers nicht durch die Formel für das blos gedachte Arbeitsquantum gegeben, welches nötig sein würde, um die Elektrizitätsmenge Eins aus dem Unendlichen bis an die Oberfläche des Körpers zu führen. Das Potential eines Körpers ist vielmehr ein Zustand, vermöge dessen allerdings in dem bezeichneten Fall jene Arbeitsgrösse aufgewendet werden müsste, welcher aber bestehen kann, ohne dass dieser Fall jemals verwirklicht wird.“

POSKE tritt hiermit einem in der mathematischen Physik ganz allgemein geübten Usus entgegen und ich glaube (aus einer ganzen Reihe von Gründen, die ich ebenfalls bei späterer Gelegenheit einmal darzulegen suchen werde) mit vollstem Recht. Für jetzt nur die eine Bemerkung: POSKE nennt die Geschwindigkeit einen „Zustand“ des Körpers. Fassen wir die Sache von der psychologischen Seite an, so müssen wir uns fragen: Wie entsteht aus den Vorstellungen des zurückgelegten Weges und der dazu gebrauchten Zeit die Vorstellung der Geschwindigkeit? So wie man eine Bewegung schon vollständig beschreiben kann durch eine Relation  $s = f(t)$ , und nicht erst  $ds/dt$  noch als eine eigene Grösse zu kennen braucht — sie ergibt sich rechnerisch freilich sofort aus jener —, so könnten wir uns Wesen denken, die an jeder Bewegung eben nichts weiter auffassen als die zusammengehörigen Werte von  $s$  und  $t$ , in denen es also zu einer Vorstellung von Geschwindigkeit gar nicht käme. Wie kommen nun wir dazu? Ich müsste hier die verehrten Herren Fachgenossen verweisen auf eine der fruchtbarsten psychologischen Arbeiten jüngster Zeit, eine Abhandlung von EHRENFELS über „Gestaltqualitäten“<sup>2)</sup>. EHRENFELS macht darauf aufmerksam, dass z. B. die Töne einer Melodie nicht einfach als blosse Summe schon dasjenige ausmachen, was wir eben als Melodie auffassen. Denn transponieren wir etwa das Volkslied „Muss i denn zum Städtle 'naus“ aus C-dur in Fis-dur, so kommt kein einziger der früheren Töne in der transponierten Melodie vor und doch fassen wir diese sofort als etwas der ursprünglichen höchst ähnliches auf. EHRENFELS sieht hierin mit Recht einen exakten Beweis dafür, dass die einzelnen Vorstellungen eine neue auslösen, die über eine blosse Summe der einzelnen völlig hinausgeht. So nun, meine ich, zeigt die genauere psychologische Beobachtung, dass unsere Vorstellung von Geschwindigkeit auch etwas ist, was zu den Vorstellungen von  $s$  und  $t$  erst hinzukommt. Wer das durch genaue Analyse seiner eigenen Geschwindigkeits-

<sup>2)</sup> Vierteljahrsschrift f. wissenschaftl. Philosophie 1890. S. 249—292.

vorstellung einmal bemerkt hat, wird sich nicht wundern, warum unseren Schülern Definitionen wie „Geschwindigkeit ist der Weg in der Zeit 1“ u. dgl. schlechterdings nicht eingehen wollen. Da wir nun aber natürlich von unseren Schülern jenen psychologischen Blick nicht verlangen werden, wie sollen wir dann den Geschwindigkeitsbegriff einführen? Ich glaube einfach so, dass wir sagen, Geschwindigkeit bedeutet in der Physik ganz genau dasselbe wie in der gewöhnlichen Sprache. Nur fügt die Wissenschaft zu jenem Begriffe noch die quantitative Bestimmung, nämlich die indirekte Messung durch Weg und Zeit hinzu. Gleiches oder Ähnliches wäre über eine grosse Zahl physikalischer Begriffe zu sagen. — —

Wohl im Hinblick auf „nahe“ scheinende Ziele wird denn auch der Ruf nach neuen Instruktionen immer häufiger, welche das durch die Instruktionen von 1892 für die unteren Klassen begonnene Reformwerk auch in den oberen Klassen zum Abschluss zu bringen hätten. Indes — auch das berühmt gewordene Wort *quieta non movere* mag auf den Zustand und die Entwicklung unserer Schulen berechnete Anwendung finden. Und die Frage steht praktisch eigentlich nur so, welche von den Verbesserungen unseres Unterrichtes, die so ziemlich einstimmig als unaufschiebbar bezeichnet werden, werden sich auch unter Verbleiben der gegenwärtigen Instruktionen durchführen lassen? In dieser Hinsicht nun dürfen gerade wir, die Vertreter der exakten Wissenschaften, der unwiderstehlichen Energie, welche der Entwicklung unserer Wissenschaft selbst innewohnt, das stärkste Vertrauen schenken. Ein einziges Beispiel. Die derzeit noch geltenden Instruktionen enthalten den lapidaren Satz: „Der Begriff des Potentials bleibt der Hochschule vorbehalten“. Hierzu kein Wort der Begründung! Ganz ebenso habe ich selber noch in der VIII. Klasse gelernt: „die elektrische Beleuchtung wird nie praktische Verwendung finden, weil die Herstellung der Ströme zuviel kostet;“ desgleichen: „die Anwendung der Elektrizität zum Betrieb von Motoren ist nur eine Spielerei, weil der Consum an Zink immer höher kommt als der von Kohle für die gleiches leistenden Dampfmaschinen.“ Letztere Sätze sind doch wenigstens nun schon 23 Jahre alt, dagegen das Dogma „der Begriff des Potentials bleibt der Hochschule vorbehalten“ genau erst zehn Jahre. Und wir wissen heute, dass Dank der energischen Überzeugung aller mit der Wissenschaft in Fühlung stehenden Mittelschullehrer der Begriff des Potentials nicht mehr nur der Hochschule vorbehalten geblieben ist. — So haben wir denn keinen Grund, uns darüber zu beklagen, dass, auch wo die Anforderungen der Wissenschaft und der Didaktik über die Instruktionen hinausgegangen sind, letztere für das Gedeihen des Unterrichts ein wirklich unüberwindliches Hindernis seien.

Mehrmals wurden jüngst Umstellungen der einzelnen Kapitel der Physik verlangt (freilich in sehr wenig übereinstimmender Weise). Gerade in dieser Beziehung würde aber z. B. ich selbst jede Abänderung nur bedauern, indem ich die gegenwärtig vorgeschriebene Verteilung auf die beiden Jahre<sup>3)</sup> immer noch für die sachlich und pädagogisch glücklichste halte. Nur die Elektrizitätslehre denke ich mir nicht vor Wellenbewegung, Akustik, Optik und Astronomie,

<sup>3)</sup> Ich teile so ab:

VII. Kl. I. Sem.: Geomechanik (mit den einschlägigen Teilen der Astronomie);

II. Sem.: Hydro- und Aëromechanik. Wärme, Chemie.

VIII. Kl. I. Sem.: Wellenlehre, Schall, Licht (mit den einschlägigen Teilen der Astronomie);

II. Sem.: Elektrizität. — Wiederholung.

sondern als den Abschluss des ganzen Physikunterrichts, schon deshalb, weil in ihr das Wechselspiel der Energie in seiner grössten Mannigfaltigkeit vor das Auge des Schülers tritt. Aber eine solche Umstellung ist uns ja, da sie nur innerhalb eines und desselben Jahres zu erfolgen hat, bekanntlich erlaubt. Einzig der Astronomie müsste, wenigstens soweit sie es mit den Planetenbewegungen, Präcession u. dergl. zu thun hat, ihr richtiger Platz schon in der Mechanik der VII. Klasse erst angewiesen werden. Indes ist mir z. B. eine solche Umstellung auf motivierte Vorstellung hin schon vor langem bewilligt worden.

Also arbeiten wir nur selbst weiter an der Erreichung jener Ziele, die aus unseren Kreisen heraus als die nächsten für die Weiterbildung des physikalischen Unterrichts erkannt sind; die Unterrichtsbehörden werden unseren Bemühungen die Sanktion dann nicht versagen.<sup>4)</sup>

## II.

Indem ich mich von diesen augenblicklich dringendsten Bedürfnissen unseres Physikunterrichtes den ferneren Zielen zuwende, die er mir über den näheren nie aus den Augen verlieren zu sollen scheint, müsste ich einigermassen fürchten, Ihren Widerspruch zu erregen, wenn nicht das, was mir geradezu das letzte Ziel scheint, bereits vor 45 Jahren in dem „Entwurf der Organisation der Gymnasien und Realschulen in Österreich“ in klaren, schönen, warmen Worten ausgesprochen worden wäre. Sie mögen bei diesem festlichen Anlasse neuerdings in Erinnerung gebracht sein:

„Als den Gegenstand, in welchem an Gymnasien gleichsam der Schwerpunkt des ganzen Unterrichts zu ruhen habe, hat man bekanntlich die klassischen Sprachen angesehen; die Durchführung jenes Gedankens wurde aber allerwärts immer schwieriger, je mehr Raum und selbständige Geltung die sogenannten Realien forderten und sich zu erobern verstanden, und sie ist gegenwärtig unmöglich. Mathematik und Naturwissenschaften lassen sich nicht ignorieren; sie gestatten auch nicht, dass man die Kraft ihres Lebens zum leeren Schatten irgend einer andern, von ihnen wesentlich verschiedenen Disziplin mache. Der vorliegende Lehrplan verschmäht in dieser Beziehung jeden falschen Schein, sein Schwerpunkt liegt nicht in der klassischen Literatur, noch in dieser zusammen mit der vaterländischen, obwohl beiden Gegenständen ungefähr die Hälfte der gesamten Unterrichtszeit zugeteilt ist, sondern in der wechselseitigen Beziehung aller Unterrichtsgegenstände aufeinander. Dieser nach allen Seiten nachzugehen, und dabei die humanistischen Elemente, welche auch in den Naturwissenschaften in reicher Fülle vorhanden sind, überall mit Sorgfalt zu benützen, scheint gegenwärtig die Aufgabe zu sein. Wenn sich hierdurch die Schwierigkeiten gesteigert haben, so giebt es keine andere Berubigung, als welche in dem Gedanken liegt, dass sie nicht willkürlich erzeugt, sondern durch wohl begründete Bedürfnisse der Zeit aufgenöthigt, und dass sie nicht unüberwindlich sind.“

Hier, meine Herren, haben wir eine Instruktion, wie sie gar nicht besser und eindringlicher gegeben werden könnte. Aber ist, was auf dem Papiere steht, auch schon zu vollkommener Wirklichkeit geworden? Wer die Geschichte der feineren Wandlungen kennt, die sich während der 45 Jahre formeller Giltigkeit des Organisationsentwurfes innerhalb der Lehrerwelt vollzogen haben, erinnert sich der heftigen Entzweigungen, die zwischen Humanisten und Realisten um den

<sup>4)</sup> Es folgten einige Bemerkungen über die in Österreich noch immer bestehenden „Dispensen“ in der Physik.

Anfang der siebziger Jahre ausgebrochen waren. Sie wurden dann beigelegt, und heute herrscht äusserlich zwischen Philologen und Physikern an unseren Gymnasien das denkbar angenehmste Verhältnis. Ist aber das allein schon eine Bürgschaft dafür, dass die „wechselseitige Beziehung aller Unterrichtsgegenstände auf einander, die sorgfältige Benutzung der humanistischen Elemente, welche auch in den Naturwissenschaften in reicher Fülle vorhanden sind“, schon überall von dem Papier in das wirkliche Leben unserer Schule übergegangen sind? Einzelne schüchterne Versuche der sogenannten Concentration des Unterrichtes, etwa indem man für einen physikalischen Ausdruck seine griechische Etymologie angiebt oder bei der Geschichte von der Zerstörung von Syrakus das archimedische Prinzip citiert, können doch füglich nicht gemeint sein, wenn jene Beziehungen die Grundidee unseres ganzen Gymnasiums abgeben sollen. Suche ich aber jene Worte in einem wahrhaft bedeutungsvollen Sinn zu verstehen, so scheint mir nicht nur das dort gezeichnete Ideal noch keineswegs erreicht, sondern ich glaube, dass auch — um hier mein Thema auf einen einzigen, aber entscheidenden Punkt einzuschränken — auch dasjenige noch nicht für die Schule nutzbar gemacht ist, was uns gerade die neueste Entwicklungsphase unserer physikalischen Wissenschaft als das wirksamste Mittel an die Hand giebt. Ich meine hier den Gegensatz zwischen den mechanischen Theorien, wie sie noch die jüngste Vergangenheit der theoretischen Physik in allen Kapiteln namentlich auch Wärme und Optik gepflegt hatte, und jenem neuesten Verweilen bei den eigentlichen Phänomenen und ihren Analogieen, wie diesen Gegensatz BOLTZMANN in seinem kurzen, aber höchst inhaltsreichen Berichte „Über die Methoden der theoretischen Physik“<sup>5)</sup> vor zwei Jahren charakterisiert hat. Schon vor mehr als zehn Jahren hatte MACH wiederholt betont, dass die Vorstellungen der kinetischen Gastheorie, der Undulationstheorie u. s. w. nur Hilfsvorstellungen seien, die man gegenüber den That-sachen selbst nicht allzu ernst nehmen dürfe. STEFAN hatte in seinen Vorlesungen anfangs der siebziger Jahre und also wohl auch schon früher immer eindringlichst darauf hingewiesen, dass zwar das mechanische Wärmeäquivalent eine Thatsache, dagegen die kinetische Gastheorie und also überhaupt die Molekularmechanik nur eine Hypothese sei. Und merkwürdig — im Mittelschulunterricht nehmen die Dinge so zu sagen den entgegengesetzten Verlauf. Wie vor fünfzig Jahren, wenn es damals schon einen eigentlichen Physikunterricht an Mittelschulen gegeben hätte, kaum schon Jemand von Undulationstheorie des Lichtes geredet hätte, seither aber regelmässig schon im § 2 der Optik — und das in Lehrbüchern für die obere wie sogar für die untere Stufe — von Undulationstheorie die Rede ist, so hat man vor zwanzig Jahren noch kaum etwas von einer mechanischen Wärmetheorie in unseren Lehrbüchern gefunden: — heute aber glaubt Mancher die kinetische Gastheorie vor dem Thermometer lehren zu sollen. Die Wissenschaft der vergangenen Jahrzehnte war geladen mit kinetischen Theorien über Molekül-, Atom-, Ätherteilchenbewegung u. s. w. Die Erfolge dieser Hilfsvorstellungen waren so glänzend, dass endlich auch die Schule nicht umhin konnte, etwas von dieser Ladung in sich aufzunehmen. Aber statt dass dies mit weisem Maasse geschehen wäre in der Form einer mechanischen Erklärung der verschiedenen Phänomenengruppen auf Grund unparteiischer Beschreibung, d. h. nachdem diese unbefan-

<sup>5)</sup> *Katalog mathematischer und mathematisch-physikalischer Modelle, Apparate und Instrumente, im Auftrage der deutschen Mathematikervereinigung herausgegeben von Walther Dyck. München 1892, XVI, 430. gr. 8. S. 89–98. — Vgl. diese Zeitschrift VII 302.*

gen, sowie sie sich den Sinnen und den empirischen Messungen darstellen, vor und mit den Schülern als reine Thatsachen verarbeitet worden waren, glaubte man des Guten recht viel zu thun, wenn man diese Theorien an die Spitze stellte und, so weit es wohl oder übel gehen wollte, aus den Theorien die Thatsachen deducierte. Bei einem solchen Überladen unserer harmlosen Septimaner mit Theorien, die in der Wissenschaft jedesmal erst spät und, wie wir jetzt von berufenster Seite hören, keineswegs endgiltige Stationen des Forschungsganges bilden — bei einem solchen Überladen kann ein Rückschlag nicht ausbleiben. Oder mass vielleicht dem Oscillieren der Standpunkte in der Wissenschaft auch ein ähnliches Hin und Her in der Schule folgen? Vielleicht. — Genug, dass die neueste Phase der Wissenschaft, wie sie uns von MACH, BOLTZMANN und, wie ich alsbald mitzuteilen haben werde, von HELMHOLTZ verkündet wird, das der Schule Gemässere, ja das ihrem Prinzip der Anschauung und der Induktion einzig Gemässe ist.

Lassen sie mich, um dies auszuführen, ein noch tiefer gehendes Geständnis anschliessen, durch das wir, wie mir scheinen will, zu dem eigentlichen Kern jenes schönen Gedankens unseres Organisations-Entwurfes von den humanistischen Elementen der Naturwissenschaften vordringen könnten. Es war im vergangenen Sommer, dass ich, nachdem ich Tage und Wochen mit dem Ausprobieren von physikalischen Apparaten zugebracht hatte, einer Aufführung des König Ödipus in unserem Burgtheater beiwohnte. Ich wusste, dass die Schüler unserer achten Klasse, die ich meinerseits in Mathematik, Physik und Psychologie unterrichtete, an eben jenem Tage die Sophokleische Tragödie zu Ende gelesen hatten und mit mir zugleich im Theater waren. Da fiel mir plötzlich, als ich eben noch den Eindruck der unvergänglichen Schönheiten jener Schöpfung in mir erneuerte, der Gedanke aufs Herz, wie sich denn das zu den Luftpumpen und der Tangentenbussole verhalte, die ich eine Stunde vorher in Händen gehabt hatte. Es fiel mir ein Wort RICHARD WAGNERS ein: „Die Physik ist eine Wissenschaft, gegen die sich nichts sagen lässt, die aber auch uns nichts zu sagen hat.“ Und weiter fragte ich mich, was unseren Schülern, wenn sie viele Stunden hindurch Homerischen, Sophokleischen Geist in sich aufgenommen haben, die wenigen Stunden physikalischen Unterrichtes im günstigsten Falle sein können — oder wieder ganz auf den Boden der Interessen eben dieses physikalischen Unterrichtes mich stellend: inwieweit sich unsere Schüler durch den gesamten übrigen Gymnasialunterricht formell vorgebildet zeigen, aus dem physikalischen Unterrichte denjenigen Gewinn zu ziehen, den jene Worte des Organisationsentwurfes als den des Gymnasiums eigentlich würdigen aufgestellt hatten. Die Antwort auf derlei Fragen, die sich wohl jedem von uns nur zu oft in leidigen persönlichen Erfahrungen aufdrängen, lautet schwerlich sehr ermutigend. Eine solche Erfahrung zwingt uns ja zu dem schon öfter abgelegten Geständnis, dass unsere Schüler in den zwei obersten Jahrgängen des Gymnasiums ganz auffallend weniger Freude am physikalischen Unterrichte zeigen als in den unteren Klassen, dass sie ihn keineswegs nur in demselben Maasse, als er wirklich schwieriger ist als dort, geradezu als Last, nicht mehr als Förderung empfinden.

Einer der Hauptgründe hierfür scheint mir dieser zu sein, dass innerhalb eines Gedankenkreises, der mindestens zu zwei Dritteln durch Bildungswerte wesentlich litterarischen Charakters ausgefüllt ist, für das im schärfsten Sinn des Wortes exakte Denken in physikalischen Begriffsgebilden und Theorien eben kein wohl vorbereiteter Boden vorhanden ist. Die Unterscheidung, deren ich mich

hier bediente, ist den Franzosen geläufig, indem sie *les sciences* und *les lettres* in ihrem ganzen Bildungssysteme scharf auseinander halten. Wie kann nun aber die Physik — da auf eine Vermehrung ihres Stundenausmaasses für gar keine absehbare Zeit zu rechnen ist (wie denn auch meine tiefe, hier nicht näher zu begründende Überzeugung dahin geht, dass auch für alle Zukunft jene zwei Drittel künstlerisch-literarischer Bildungstoffe nicht zu hoch gegriffen sind, wo es harmonische Durchbildung des ganzen Menschen gilt) ihr Ziel mit jenem „humanistischen“ in Einklang bringen? Ich weiss, wenn die Antwort schon einmal in Einem Wort gegeben werden soll, nichts überzeugenderes zu nennen als den Namen des Dichters, der „der Natur“ näher gestanden als vielleicht je ein Mensch: GOETHE.

Es möchte wie ein übermütiges Paradoxon erscheinen, diesen Namen in diesem Kreise zu nennen, wenn wir nicht einen der „exactesten“ Forscher aller Zeiten, HELMHOLTZ, bei zwei Anlässen von GOETHES Naturlehre mit Begeisterung hätten sprechen hören: Es war der bekannte Vortrag über „Goethes naturwissenschaftliche Arbeiten“, der, 1853 zu Königsberg gehalten, die Sammlung der „Vorträge und Reden“ eröffnet, und wieder die Rede über „Goethes Vorahnungen kommender naturwissenschaftlicher Ideen“, gehalten in der Goethe-Gesellschaft zu Weimar 1892. Ich greife aus der letzteren Kundgebung einige Stellen heraus, welche zugleich selbst ein machtvolles Zeugnis enthalten für jene Wandlung der theoretischen Physik, von der ich früher sprach, für das Zurückkehren von den mechanistischen Theorien zu den physikalischen Phänomenen selber. Nachdem HELMHOLTZ neuerdings durch eine Betrachtung, welche auf die psychologischen Elementargesetze zurückgeht, begreiflich zu machen gesucht hat, wie gerade die jederzeit auf das Typische gerichtete Intuition des Künstlers dazu berufen war, auf dem Gebiete der stetigen Entwicklung organischer Gebilde den wissenschaftlichen Anatomen und Zoologen seiner Zeit in der Vorahnung kommender, heute fast ausschliesslich nach DARWIN genannter wissenschaftlicher Entdeckungen voranzueilen, wendet er sich zur Farbenlehre des Dichters, die gewöhnlich nur als Beweis für die mangelnde Befähigung GOETHES zu exact-physikalischem Denken überhaupt angeführt zu werden pflegt: es liege „ein höchst bedeutsamer Kern neuer Einsicht auch in diesem verunglückten Bestreben des Dichters.“ Dieses Eintreten des grössten Physikers und Physiologen unserer Zeit, dessen grösstes Werk, die physiologische Optik, wieder gerade jenem Thema GOETHES gewidmet ist, scheint mir so bedeutsam und beherzigenswert, dass ich mir erlaube, an dieser Stelle die entscheidenden Sätze aus den Darlegungen HELMHOLTZ' wörtlich anzuführen. HELMHOLTZ sagt von GOETHE:

„Er erklärt es für seine feste Überzeugung, dass man in jedem Zweige der Physik ein ‚Urpheänomen‘ zu suchen habe, um darauf alle übrige Mannigfaltigkeit der Erscheinungen zurückzuleiten. Der Gegensatz, der ihn abstösst, ist gegen die Abstraktionen anschauungsleerer Begriffe gerichtet, mit denen die theoretische Physik damals zu rechnen gewohnt war. Materien — ihrem reinen Begriff nach ohne Kräfte, also auch ohne Eigenschaften —, und doch wieder in jedem speciellen Beispiele Träger von ihnen einwohnenden Kräften. Mit solchen übersinnlichen, unausdenkbaren Abstraktionen wollte er nichts zu thun haben, und man muss zugeben, dass sein Widerspruch nicht unberechtigt war, und dass diese Abstraktionen, wenn sie auch von den grossen theoretischen Physikern des 17. und 18. Jahrhunderts durchaus widerspruchslos und sinngemäss gebraucht wurden, doch den Keim zu den wütesten Misverständnissen enthielten. In dieser Beziehung aber hat gegenwärtig die Physik schon ganz die Wege ein-

geschlagen, auf die GOETHE sie führen wollte. Der unmittelbare, historische Zusammenhang mit dem von ihm ausgegangenen Anstosse ist leider durch seine unrichtige Interpretation des von ihm gewählten Beispiels und die darauffolgende erbitterte Polemik gegen die Physiker unterbrochen worden. Die mathematische Physik empfing den Anstoss zu dem besprochenen Fortschritt ohne erkennbaren Einfluss von GOETHE hauptsächlich durch FARADAY, der ein ungelehrter Autodidakt war und wie GOETHE ein Feind der abstrakten Begriffe, mit denen er nicht umzugehen wusste. Seine ganze Auffassung der Physik beruhte auf Anschauung der Phänomene, und auch er suchte aus den Erklärungen derselben alles fern zu halten, was nicht unmittelbarer Ausdruck beobachteter Thatsachen war. Vielleicht hing FARADAYS wunderbare Spürkraft in der Auffindung neuer Phänomene mit dieser Unbefangenheit und Freiheit von theoretischen Vorurteilen der bisherigen Wissenschaft zusammen. Jedenfalls war die Zahl und Wichtigkeit seiner Entdeckungen wohl geeignet, auch andere, zunächst die fähigsten unter seinen Landsleuten, in dieselbe Bahn zu lenken; bald folgten auch deutsche Forscher derselben Richtung. G. KIRCHHOFF beginnt sein Lehrbuch der Mechanik mit der Erklärung: Die Aufgabe der Mechanik ist: „Die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben.“ Was KIRCHHOFF hier unter der ‚einfachsten Weise‘ der Beschreibung versteht, dürfte meines Erachtens nicht weit von dem GOETHESCHEN Urphänomen abliegen.“

Der gefeierte Forscher, dem wir diese Darlegung verdanken, stand auch den Interessen des naturwissenschaftlichen Unterrichts nicht fern, wie seine überaus lebhaft und fruchtbare Teilnahme an den 1890 von Kaiser Wilhelm II. in Berlin eingeleiteten Verhandlungen über Fragen des höheren Unterrichtes bezeugt — halten wir nur dieses sein Anknüpfen der letzten Ziele physikalischer Forschung an GOETHE'S Namen als ein Vermächtnis auch für die Schule fest, so dürfen wir kühn behaupten, es werde die nächste Phase der Entwicklung der Naturlehre an unseren höheren Schulen nach den so gestellten Zielen hin gerichtet sein. Wie in der Elektrizitätslehre FARADAYS Ideen auch unseren Unterricht wie im Sturme erobern, haben wir ja binnen weniger Jahre erlebt; so lassen wir z. B. schon auf der Unterstufe in den hübschen magnetischen Kraftlinien den Knaben sich an der anschaulichen, ja geradezu sichtbar gewordenen Constitution des magnetischen Kraftfeldes nach FARADAYSCHER Vorstellungsweise ergötzen.

Aber noch viel einfachere, schlichtere und doch zugleich noch unvergleichlich weiter tragende Dinge sind es, die mir vorschweben, wenn ich von einem Eindringen GOETHESCHEN Geistes in die Naturlehre unserer Schulen spreche. Damit wir nach den Worten von GOETHE'S grossem Apologeten HELMHOLTZ nun auch den Meister selbst vernehmen, bitte ich Sie, sich des Berichtes aus „Dichtung und Wahrheit“ über den Eindruck zu erinnern, den auf GOETHE und seine Genossen in der Strassburger Zeit „*Le système de la nature*“ gemacht hat:

„System der Natur wird angekündigt, und wir hofften also wirklich etwas von der Natur, unserer Abgöttin, zu erfahren. Physik und Chemie, Himmels- und Erdbeschreibung, Naturgeschichte und Anatomie, und so manches andere hatte nun seit Jahren und bis auf den letzten Tag uns immer auf die geschmückte grosse Welt hingewiesen, und wir hätten gern von Sonnen und Sternen, von Planeten und Monden, von Bergen, Thälern, Flüssen und Meeren, und von allem, was darin lebt und webt, das Nähere, sowie das Allgemeinere erfahren. Dass hierbei wohl manches vorkommen müsste, was dem gemeinen Menschen als schädlich, der Geistlichkeit als gefährlich, dem Staat als unzulässig erscheinen möchte, daran hatten wir keinen Zweifel, und wir hofften, dieses Büchlein sollte nicht unwürdig

die Feuerprobe bestanden haben. Allein wie hohl und leer ward uns in dieser tristen, atheistischen Halbnacht zumuthe, in welcher die Erde mit allen ihren Gebilden, der Himmel mit allen seinen Gestirnen verschwand! Eine Materie sollte sein von Ewigkeit, und von Ewigkeit her bewegt, und sollte nun mit dieser Bewegung rechts und links und nach allen Seiten, ohne weiteres, die unendlichen Phänomene des Daseins hervorbringen. Dies alles wären wir sogar zufrieden gewesen, wenn der Verfasser wirklich aus seiner bewegten Materie die Welt vor unseren Augen aufgebaut hätte. Aber er mochte von der Natur so wenig wissen, als wir; denn indem er einige allgemeine Begriffe hingepfahl, verlässt er sie sogleich, um dasjenige, was höher als die Natur, oder als höhere Natur in der Natur erscheint, zur materiellen, schweren, zwar bewegten, aber doch richtungs- und gestaltlosen Natur zu verwandeln, und glaubt dadurch recht viel gewonnen zu haben. — Wenn uns jedoch dieses Buch einigen Schaden gebracht hat, so war es der, dass wir aller Philosophie, besonders aber der Metaphysik, recht herzlich gram wurden und blieben, dagegen aber auf's lebendige Wissen, Erfahren, Thun und Dichten uns nur desto lebhafter und leidenschaftlicher hinwarfen.“

„Die geschmückte grosse Welt!“ — dürfen wir sagen, dass unser naturwissenschaftlicher Unterricht unsere Schüler mit dem frohen Bewusstsein aus der Schule entlasse, „von Sonnen und Sternen, von Planeten und Monden, von Bergen, Thälern, Flüssen und Meeren, und von allem, was darin lebt und webt, das Nähere, sowie das Allgemeinere erfahren“ zu haben? — Auf einem sehr kleinen, eng begrenzten Gebiet hat unsere Unterrichtsverwaltung jetzt vor zwei Jahren einen Schritt nach dieser Richtung vorwärts gethan, indem sie auf die Erscheinungen hinwies, „die sich spontan in der Natur abspielen“. Das gilt bisher nur für die unteren Klassen. Werden wir in den oberen mit oder ohne Instruktionen es dahin bringen, dass unsere Schüler, auch wenn wir zu Kreide und Schwamm greifen müssen, unsere mathematischen Entwicklungen noch als einen Zug zur Vervollständigung, Vertiefung, ja Belebung jenes Bildes von der „geschmückten grossen Welt“ erkennen? Darf man GOETHE'S Naturlehre einen Mangel vorwerfen, so ist es der, dass er das Bedürfnis nicht empfand, das Quantitative der Erscheinungen mit eben solcher Anschaulichkeit zu erfassen, wie sonst sein Auge jeder Mannigfaltigkeit des Erschaubaren liebevoll gefolgt ist. Ich vermag mich nicht davon zu überzeugen, dass es GOETHE durch eine notwendige Beschränkung seiner Natur und nicht vielmehr durch zufällige Mängel seines Bildungsganges, nämlich vor allem eben schon durch jene abstrakte Manier der theoretischen Physik seiner Zeit, versagt war, mit einem Blick seines geistigen Auges<sup>6)</sup> etwa diejenigen Unterschiede einer parabolischen und einer hyperbolischen Kometenbahn zu erfassen und sich ihrer zu freuen, die wir bemüht sind durch einen freilich mühsamen analytischen Apparat schon unsere siebzehnjährigen Schüler erschauen zu lassen? Wenn wir diese die Schwierigkeiten solcher Aufgaben mit einem im ganzen so guten Erfolg bewältigen sehen, warum sollten wir verzagen, ihnen auch die Schönheiten des Gegenstandes voll zu erschliessen? Wenn ich der Pflege des Beschreibens der Phänomene (z. B. dem Beginnen der Mechanik mit blosser Phoronomie statt mit abstrakten Kraftdefinitionen u. dergl.) das Wort rede,

<sup>6)</sup> Sollten nicht die geheimnisvollen Symbole der wunderherrlichen Gestalt Makariens (Wanderjahre, erstes Buch, zehntes Kapitel und drittes Buch, fünfzehntes Kapitel) als eine Ahnung des Dichters vom tiefsten Wesen mathematischer Anschauung gedeutet werden dürfen? Etw. wie ja auch Musik seinem Ohre versagt schien, und doch der Schluss des zweiten Faust vom Geiste erhabenster Musik getragen ist.

so will ich gewiss nicht auf alles dasjenige Interesse verzichten wissen, das erst mit dem Erklären der Erscheinungen seine volle Befriedigung findet. Aber lassen wir uns es gesagt sein: Wer Erklärungen, z. B. das Kopernicanische Weltsystem vorbringt, ehe die Thatsachen selbst, die sogenannten scheinbaren Bewegungen von Sonne, Mond und Planeten, bekannt sind, der betrügt sich und die von ihm Unterwiesenen um die eine wie um die andere intellektuelle Freude, um die Freude am Phänomen wie um die an der Theorie. Lassen wir uns denn auch in solchen letzten höchsten Prinzipien immer wieder vor allem durch unsere Wissenschaft selbst die Wege weisen, halten wir das Auge offen für die Beziehungen, die sich zwischen der weiterschreitenden Wissenschaft und uralten Gütern der Menschheit um so kräftiger knüpfen, je weiter jener Fortschritt vordringt; glauben wir an „die humanistischen Aufgaben des physikalischen Unterrichts“ und richten wir des „Tages Arbeit“ so ein, dass sie immer nach solchen denkbaren hoch gestellten Zielen strebt, so dürfen wir, das Wort des „Humanisten“ paraphrasierend, von unserem physikalischen Unterrichte sagen: „Es ist eine Lust zu lehren“.

### Die van't Hoff'sche Theorie der Lösungen.

Von

Dr. Robert Lüpke in Berlin.

Gleichzeitig mit der ARRHENIUS'schen Theorie der elektrolytischen Dissociation und in innigem Zusammenhang mit derselben ist in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrzehnts die VAN'T HOFF'sche Theorie der Lösungen entstanden. Diese ist zunächst insofern von Bedeutung, als sie sich als wesentliche Stütze für jene Theorie erwiesen und daher auch, wie im nächsten Aufsatz gezeigt werden soll, zu einer befriedigenden Theorie der Entstehung des elektrischen Stromes in den galvanischen Elementen erheblich beigetragen hat. Indessen hat sie ein noch weit allgemeineres Interesse, da sie einerseits eine grosse Reihe von Vorgängen, die eine Beziehung zu einander bisher nicht erkennen liessen, theoretisch verknüpft und andererseits zur Einführung äusserst wertvoller Methoden der Molekulargewichtsbestimmung in die Laboratoriumspraxis die Wege geebnet hat. Während der kurzen Zeit ihres Bestehens hat also diese Theorie bereits so reichliche Erfolge erzielt, wie kaum eine andere, und es ist zu erwarten, dass sie in Zukunft noch Grösseres leistet, weil sie bei der Erforschung aller derjenigen Vorgänge, bei denen Lösungen in Betracht kommen, den Physikochemikern als Leitstern dienen wird. Aus diesem Grunde dürfte es berechtigt sein, die VAN'T HOFF'sche Theorie auch im Unterricht, wengleich in aller Kürze, zu berücksichtigen, um so mehr, als zum Verständnis derselben durch die Erläuterung der AVOGADRO'schen Regel genügend vorgearbeitet ist.

Im Folgenden soll im Anschluss an die Resultate solcher Experimente, die nach meinem Erachten keine Schwierigkeiten bieten, das Wesentlichste der VAN'T HOFF'schen Theorie der Lösungen zusammengestellt werden.

#### I. Der osmotische Druck.

Falls ein Körper auf eine Flüssigkeit, in welcher er löslich ist, chemisch nicht reagiert, ist der Vorgang der Lösung rein physikalischer Natur, und daher die Lösung selbst ein molekulares Gemenge. Je nach dem Aggregatzustand des zu lösenden Körpers sind die Änderungen der Volum- und Wärmeenergie, die

den Lösungsprozess begleiten, positiv oder negativ, und sie verlaufen in der Regel auch dann noch in demselben Sinne, wenn einer concentrirten Lösung weitere Mengen des Lösungsmittels hinzugefügt werden. Hat endlich die Verdünnung eine bestimmte Grenze erreicht, so sind jene Energieänderungen nicht mehr merkbar. Es ist dann das Volumen der gelösten Substanz gering gegenüber demjenigen des Lösungsmittels. Für die folgenden Betrachtungen handelt es sich wesentlich nur um Lösungen, deren Concentrationen sich jenem Grenzfall nähern.

Schichtet man vorsichtig vermittelt einer an einem Glasstab befestigten Korkscheibe über die concentrirtere Lösung eines gefärbten Salzes, z. B. über eine wässrige Lösung von Kaliumbichromat oder Kupfersulfat, eine verdünntere Lösung desselben Körpers, so beobachtet man, dass die Concentration der letzteren allmählich wächst, während die der ersteren abnimmt. Es diffundieren die Molekeln des gelösten Stoffes von Orten höherer nach solchen niedrigerer Concentration, bis die Flüssigkeit in allen Teilen gleichartig geworden ist. Die Kraft, durch welche die Diffusion vor sich geht, entspricht dem Gasdruck, der die Molekeln eines Gasvolumens zwingt, einen grösseren Raum einzunehmen, wenn ihnen Gelegenheit hierzu geboten wird.

Dass ein solcher Druck während des Diffusionsprozesses thatsächlich besteht, lässt sich zunächst durch einen Versuch darthun, den man im botanischen Unterricht auszuführen pflegt, um den Turgor einer Pflanzenzelle zu demonstrieren. Einen etwa 100 cm<sup>3</sup> grossen Cylinder fülle man bis zum Rand mit einer concentrirten, sirupartigen Zuckerlösung und verschliesse ihn luftdicht mit einer tierischen Membran. Wird er nun aufrecht in ein Wasser enthaltendes Gefäss gesenkt, so wölbt sich die Membran in Form einer Kalotte empor, die nach einigen Stunden eine Höhe von 2 bis 3 cm erlangt. Offenbar beruht diese Erscheinung darauf, dass die Zuckermolekeln das Bestreben haben, in das Wasser ausserhalb des Cylinders zu diffundieren. Hieran werden sie aber durch die Membran gehindert; sie spannen daher die letztere, während Wasser in den infolge dieser Spannung entstehenden Raum der Cylinderzelle eindringt. Jene Spannung der Membran ist eine ganz bedeutende, wie man sogleich erkennt, wenn man den Cylinder aus dem Wasser hebt und die Membran mittelst einer feinen Nähnadel durchbohrt.

Den an diesem Versuch zu beobachtenden Vorgang hat man Osmose und die Kraft, mit welcher die Molekeln des gelösten Körpers gegen die Membran drücken, den osmotischen Druck genannt. Derselbe erweist sich um so stärker, je concentrirter die Lösung ist. Um aber den genaueren Zusammenhang zwischen dem osmotischen Druck und der Concentration zu erkennen, müsste die Membran vollkommen semipermeabel, d. h. nur durchlässig für die Molekeln des Lösungsmittels, nicht aber für die der gelösten Substanz sein. Diese Bedingung wird von einer tierischen Haut nicht ganz erfüllt, denn kocht man eine kleine Menge jenes Wassers, in welchem sich die beim vorigen Versuch benutzte cylindrische Zelle mehrere Stunden befand, mit einer Spur verdünnter Schwefelsäure und fügt sie zu einem Überschuss einer erwärmten Fehlingschen Lösung (10 g Kupfertartrat + 500 g Wasser + 400 g reines Ätznatron), so entsteht ein roter Niederschlag von Kupferoxydul, durch welchen die Anwesenheit von Zucker constatirt wird. Vollkommen semipermeable Membranen sind aber thatsächlich bekannt, wenn auch in geringer Anzahl.

Legt man die Oberhautzellen von der Unterseite des Mittelnerven der Blätter von *Tradescantia discolor* in 10 procentige Salpeterlösung, so beobachtet man mit Hilfe des Mikroskops, dass sich der Plasmaschlauch von der Zellwand löst. Der Plasmahalt der Zellen contrahiert sich, während die Salzlösung den Raum zwischen Zellwand und Plasma ausfüllt. H. DE VRIES, welcher 1884 die Osmose an Pflanzenzellen studierte, hat diese Erscheinung Plasmolyse genannt. Als semipermeable Membran fungiert hier das zarte Häutchen, welches die Plasmamasse einer Zelle umgiebt. Dasselbe lässt aus dem Inhalt der Zelle Wasser eben dann hindurch, wenn die Concentration der Salzlösung um ein Minimum grösser ist als diejenige des Zellsaftes. Indem nun DE VRIES diejenigen Concentrationen der wässrigen Lösungen verschiedener Körper ermittelte, die den plasmolytischen Zustand jener Pflanzenzellen eben noch hervorriefen, fand er, dass jene Lösungen äquimolekular waren, d. h. dass sie die gelösten Körper in solchen Mengen enthielten, die im Verhältnis der Molekulargewichte derselben standen. Äquimolekulare Lösungen zeigen daher gleichen osmotischen Druck, sie sind isotonisch. Die Grösse des osmotischen Druckes ist somit nur durch die Anzahl der gelösten Molekeln bedingt.

So wichtig dieses Ergebnis auch ist, so gestattet doch das plasmolytische Verfahren nicht, den osmotischen Druck einer Lösung von bestimmter Concentration direkt zu messen. Hierzu sind Apparate erforderlich, deren wichtigster Teil eine künstlich hergestellte semipermeable Membran ist. In betreff der Mittel, letztere zu erzeugen, ist man bisher sehr beschränkt gewesen, da man nur wenige geeignete Stoffe hat auffinden können, und die aus ihnen gewonnenen Membranen die gewünschte Eigenschaft nur gegen eine geringe Anzahl gelöster Substanzen gezeigt haben. Trotz dieser Schwierigkeiten haben doch die mittels künstlicher Membranen ausgeführten osmotischen Untersuchungen unsere Kenntnisse ganz erheblich erweitert.

Die ersten Versuche rühren von TRAUBE her (*Archiv für Anatomie und Physiologie* 1867, S. 87). Einer derselben sei hier mitgeteilt. Man bereite sich eine Mischung von 5 cm<sup>3</sup> einer 2,8procentigen Kupferacetatlösung und 0,5 cm<sup>3</sup> einer 10procentigen Bariumchloridlösung, fülle durch Ansaugen eine etwa 5 mm weite Glasröhre mit jener Mischung teilweise an und verschliesse sie oben mittels eines Gummischlauchs und Quetschhahnes. Alsdann senke man sie, bis die Niveaus gleich sind, in ein Gefäss ein, in welchem sich eine 2,4procentige, mit jener Kupferacetatlösung äquimolekulare Kaliumferrocyanidlösung befindet. An der unteren Öffnung der Röhre bildet sich sehr bald der gallertartige Niederschlag von Kupferferrocyanid, der wie eine Haut jene Öffnung abschliesst. Diese Niederschlagsmembran lässt Wasser, aber fast kein Bariumchlorid hindurch. Es dringt also Wasser in die Glasröhre ein, und die Membran wölbt sich infolge des osmotischen Druckes, den die Bariumchloridlösung ausübt, in Form einer Blase heraus.

Nach TRAUBE beruht die Semipermeabilität der Kupferferrocyanidmembran darauf, dass letztere wie ein Sieb wirke, dessen Maschen wohl die kleineren Wassermolekeln, nicht aber die grösseren Molekeln der gelösten Substanz passieren lasse. Nun hat TAMMANN (*Ztschr. für phys. Chemie* 10, S. 255, 1892) ermittelt, dass jene Membran für die Chloride und Nitrate von Calcium und Magnesium vollkommen, aber für die entsprechenden Salze des Bariums nur unvollkommen impermeabel ist. Er meint daher, TRAUBES Hypothese widersprechen zu müssen, und nimmt an, das frisch gefällte Kupferferrocyanid sei eine hydratische Substanz,

welche die Molekeln aller derjenigen Substanzen hindurchtreten lasse, die sich in ihr lösen, nicht aber derjenigen, die darin unlöslich seien.

Um osmotische Versuche mit obiger Niederschlagsmembran in grösserem Massstabe auszuführen, handelte es sich noch darum, der Membran die gehörige Widerstandsfähigkeit zu geben. Es gelang dies PFEFFER (*Osmotische Untersuchungen*, Leipzig 1877) dadurch, dass er die Membran in der Wand einer porösen Thonzelle

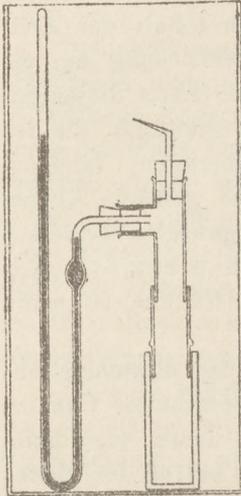


Fig. 1.

erzeugte. Die Herstellung einer gehörig festen und zusammenhängenden Membran bietet einige Schwierigkeit. Sie gelingt um so sicherer, je kleiner die Dimensionen der Zelle ( $4,6 \times 1,6$  cm) sind. PFEFFER befestigte nun (Fig. 1) mittels Siegelack in der Öffnung der präparierten Zelle ein Verschlussstück aus Glas, brachte in dem seitlichen Tubus desselben ein Quecksilbermanometer an, dessen freier Schenkel geschlossen war, und senkte den ganzen Apparat, nachdem er mit der zu prüfenden Lösung vollständig gefüllt und fest verschlossen war, in ein grösseres, Wasser enthaltendes Gefäss ein. Das Quecksilber des Manometers stieg allmählich in die Höhe. Mehrere Wochen aber vergingen, ehe es den Maximalstand erreicht hatte. Von diesem Moment an hielt der Druck der im geschlossenen Manometerschenkel comprimierten Luft dem osmotischen Druck das Gleichgewicht, und PFEFFER war auf diese Weise imstande, letzteren nach Atmosphären zu messen, also anzugeben, mit welcher Kraft die Molekeln des gelösten Körpers auf ein Flächenstück der Zellwand drücken, welches dem Querschnitt des Manometerrohres gleich ist.

Diese Versuche sind wegen ihrer hohen Bedeutung im Laufe der Zeit unter mehrfachen Abänderungen des Arrangements wiederholt worden. Letztere gingen wesentlich darauf hinaus, die Niederschlagsmembran gegen die häufig nach vielen Atmosphären zählenden Druckkräfte resistenter zu machen. Man hatte Grund anzunehmen, dass hierdurch eine vollkommener Semipermeabilität erreicht werden würde, und die Möglichkeit geboten wäre, die Untersuchungen auf eine grössere Zahl von Substanzen auszudehnen. Mit Rücksicht hierauf sei besonders auf die Arbeiten von TAMMANN (*Ztschr. für physik. Chemie* 9, S. 97, 1891) hingewiesen. Immerhin ist man bis jetzt dem Ziel nur wenig näher gerückt. Gute Resultate lassen sich nach der Versuchsanordnung von PRINGSHEIM erwarten, über die aber Ausführliches noch nicht veröffentlicht ist. So viel bekannt ist, erzeugte er eine sehr dauerhafte Kupferferrocyanidmembran an der Biegungsstelle eines U-Rohres in einem Substrat von Gelatine.

Wegen der langen Zeitdauer, deren ein PFEFFERSCHER Messversuch bedarf, bis sich der Manometerdruck mit dem osmotischen Druck ausgeglichen hat, wird man sich im Unterricht darauf beschränken müssen, die Erscheinungen der Osmose nur qualitativ zu demonstrieren. Nach vielem Experimentieren bin ich zu folgenden Anordnungen gekommen, die für diesen Zweck geeignet erscheinen. Da sich die gewöhnlichen Thonzellen der BUNSENSCHEN Elemente, selbst die kleinsten, mir zugänglichen Formen sehr zerbrechlich erwiesen, nachdem in der Wand derselben die Niederschlagsmembran erzeugt war, benutze ich eine glockenförmige,  $225 \text{ cm}^3$  grosse Glaszelle <sup>1)</sup> (Fig. 2), deren untere, 7 cm weite Öffnung mit einer Thon-

<sup>1)</sup> Dieser sowie verschiedene andere, für die folgenden Versuche benutzten Apparate sind vom Glasbläser STUHL, Berlin N., Philippstr. 22, angefertigt.

platte, dem von einer Thonzelle abgesägten und passend gefeilten Boden, mittels Siegelack fest verschlossen ist. Hat jene Glaszelle stundenlang in siedendem Wasser gelegen, so dass die Thonplatte mit Wasser injiziert ist, so wird sie mit einer 3procentigen Kaliumferrocyanidlösung gefüllt und in ein eine 3procentige Kupfersulfatlösung enthaltendes Gefäss bis zum gleichen Niveau eingesenkt. Die Thonplatte muss dicht schliessen, was man daran erkennt, dass der braune Kupferferrocyanidniederschlag sich weder in der Glocke noch in dem Gefäss ausserhalb derselben zeigt. Die so entstehende Membran hat nach drei Tagen eine genügende Dicke erreicht. Die Glocke ist nunmehr ein für alle Mal für den osmotischen Versuch vorbereitet. Sie wird mit einer 50procentigen Rohrzuckerlösung gefüllt und mit einem Pfropfen verschlossen, durch den ein mit einer Skala versehenes Thermometerrohr *r* von 1,3 mm lichter Weite gesteckt ist. In das Lumen desselben wird vorher etwas gepulvertes Alkaliblau geschüttet, das an den Wandungen der Röhre adhärirt und durch die blaue Farbe, die es der Zuckerlösung erteilt, das Steigen der Flüssigkeit besser erkennbar macht. Wird nun der Apparat mittels des Korkes *k* in dem mit Wasser gefüllten Cylinder *C* befestigt, so rückt die Flüssigkeit im Thermometerrohr pro Minute durchschnittlich 1 mm vor. Nach dem Versuch, selbst wenn er 5 Stunden dauert, zeigt das Wasser des Cylinders *C* mit FEHLINGScher Lösung nur Spuren einer Zuckerreaktion.

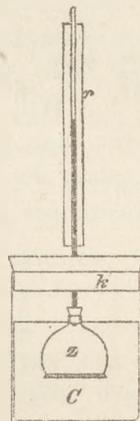


Fig. 2.

Da mir ferner daran lag, die Versuchsanordnung derjenigen von PFEFFER möglichst anzupassen, so prüfte ich auf ihre Brauchbarkeit eine 14 cm lange, cylinderförmige PUKALLSche Filterzelle<sup>2)</sup> von 38 cm<sup>3</sup> Inhalt, die aus ziemlich fester und poröser Porzellanmasse besteht. Diese Zelle wurde in folgender Weise präpariert. Durch wiederholtes Evacuieren unter der Luftpumpe wurde sie mit Wasser vollständig durchtränkt. Hierauf wurde sie mit einer 3procentigen Kaliumferrocyanidlösung gefüllt, mit einem nur wenige Centimeter tief eingedrückten Pfropfen, der mit einer beiderseits offenen Glasröhre versehen war, verschlossen und bis über den Rand in eine 3procentige Kupfersulfatlösung getaucht. Nach 7 Tagen hatte sich ungefähr in der Mitte der Zellwand eine genügend feste Kupferferrocyanidmembran gebildet. Für einen osmotischen Versuch fülle man die so vorbereitete Zelle mit einer 50procentigen Zuckerlösung und verschliesse sie mit einem möglichst tief einzudrückenden Gummipfropfen. Letzterer ist, wie bei dem durch die Figur 3 dargestellten, zum folgenden Versuch gehörenden Apparat, mit einem pförmigen Glasrohr *S* zu versehen. In dem seitlichen Tubus *T* desselben ist mittels eines Gummipfropfens das mit der Kugel *k* und dem Trichterchen *t* sowie mit einer Skala ausgestattete Manometerrohr *M* befestigt, welches in beiden Schenkeln eine Indigolösung enthält. Das Rohr *S* ist nun ebenfalls mit Zuckerlösung zu füllen und mit einem Pfropfen *p* fest zu verschliessen. Um aber hierbei jedwedes Luftbläschen zu beseitigen, steckt man durch *p* ein Glasröhrchen *r* und schmilzt das capillare Ende desselben in der Flamme eines BUNSENSchen Brenners zu. Wird nun die Zelle bis über den Rand in einen Wasser enthaltenden Cylinder gesenkt, so steigt die Indigolösung im Manometerrohr pro Minute durchschnittlich 10 mm, wenn das Lumen dieses Rohres 0,79 mm weit ist. Die osmotische Wasseraufnahme erfolgt also etwa viermal so schnell als bei dem vorigen Versuch.

<sup>2)</sup> Dieselbe ist zu erhalten in der Kgl. Porzellan-Manufaktur, Berlin, Leipzigerstr. 2. Preis M. 0,75.

Die mit einer Niederschlagsmembran ausgestattete PUKALLSche Zelle scheint auch sehr gut zu quantitativen osmotischen Versuchen geeignet zu sein. Wird eine nur 1 procentige Zuckerlösung und als Manometerflüssigkeit Quecksilber verwendet, so steigt letzteres innerhalb mehrerer Wochen bis zu einer Höhe, die dem von PFEFFER gefundenen Druckwerte sehr nahe kommt. Im Wasser ausserhalb der Zelle ist keine Spur von Zucker zu entdecken.

Will man diese einige Mühe beanspruchenden Vorbereitungen umgehen, so kann man folgende, schon von PFEFFER (l. c. S. 12) empfohlene Anordnung treffen. Anstatt der Thonzelle bediene man sich eines 12 cm langen und 2,5 cm weiten Glasrohres *R* (Fig. 3). Der untere umgelegte und abgeschliffene Rand desselben wird mit Compoundmasse oder Schellack bestrichen und mit festem Pergamentpapier *H* dicht überbunden. In letzterem wird dann auf die angegebene Weise die Niederschlagsmembran hervorgerufen. Im übrigen verfährt man, wie schon oben dargestellt ist, und befestigt schliesslich das Glasrohr *R* mittels eines Korkes in dem Halse der mit Wasser gefüllten Flasche *F*. Nur ist noch zu bemerken, dass man, um die in der Niederschlagsmembran während des Versuchs entstehenden Schäden auszubessern, der Zuckerlösung 0,1 % Kaliumferrocyanid und dem Wasser die äquivalente Menge von 0,09 % Kupferniträt hinzuzufügen hat. Je nach der Dicke der Niederschlagsmembran fällt die Geschwindigkeit, mit welcher die Manometerflüssigkeit steigt, etwas verschieden aus. Nach einer dreitägigen Einwirkung der Kupfersulfat- und Kaliumferrocyanidlösung hob sich der Flüssigkeitsfaden des Manometers in einer Minute durchschnittlich 1 bis 2 mm. Bei Benutzung eines nicht präparierten Pergamentpapieres steigt die Flüssigkeit im Manometer anfangs zwar etwa doppelt so schnell; aber es tritt Zucker aus der Zelle aus, was für die Dauer von ungefähr 2 Stunden nicht geschieht, wenn das Papier mit der Niederschlagsmembran versehen ist, und ausserdem ist die maximale Steighöhe im Manometerrohr geringer.

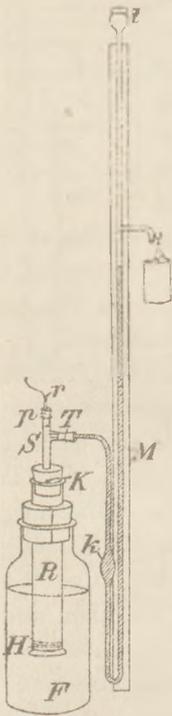


Fig. 3.

Die genaueren PFEFFERSchen Messungen des osmotischen Druckes der Lösungen führten zu den beiden Gesetzen, dass der osmotische Druck einer Lösung sowohl der Concentration

als der absoluten Temperatur proportional ist. Bezeichnet *P* den osmotischen Druck in Atmosphären, *c* den Procentgehalt, *t* die Celsiusgrade, *T* die absolute Temperatur und *a* eine von dem Molekulargewicht der gelösten Substanz abhängige Constante, welche den osmotischen Druck bei 0° und der Concentration von 1 % angiebt, so ist

$$P = a \cdot c (1 + 0,00366 t) = a c \frac{T}{273}$$

Für Rohrzucker ist nach PFEFFER  $a = 0,649$  Atm.

VAN'T HOFF war nun der erste, der auf die Analogie dieser Gesetze mit dem BOYLE-MARIOTTESchen und dem GAY-LUSSACschen Gesetz hinwies (*Ztschr. für physik. Chemie* 1887, S. 481).

Die beiden Gasgesetze werden meistens durch die gemeinsame Gleichung

$$pv = p_0 v_0 (1 + 0,00366 t) = p_0 v_0 \frac{T}{273}$$

ausgedrückt, in welcher  $p_0$  den Gasdruck von 76 cm Quecksilber,  $v_0$  das Gasvolumen bei 0°, und  $p$  und  $v$  den beobachteten Druck und das zugehörige

Volumen bei  $t^\circ$  angeben.<sup>3)</sup> Indessen ist in der allgemeinen Chemie eine noch vortheilhaftere Gleichung gebräuchlich. Da jene beiden Gesetze für alle idealen Gase gelten, also von der chemischen Zusammensetzung derselben unabhängig sind, so stellte bekanntlich AVOGADRO den Satz auf: gleiche Volumina aller Gase enthalten unter den gleichen Bedingungen des Druckes und der Temperatur eine gleiche Anzahl von Molekeln, einen Satz, der sich nicht bloß durch die zahllosen Molekulargewichtsbestimmungen bewährt hat, sondern auch von den Gesetzen der Thermodynamik direkt gefordert wird. 1 Liter Wasserstoff wiegt bei  $0^\circ$  und 76 cm Quecksilberdruck 0,08956 g; und 1 g-Molekel, d. h. 2 g Wasserstoff, nimmt somit unter den normalen Verhältnissen den Raum von 22,38 Litern ein. Nach der AVOGADROSCHEN Regel müssen daher die normalen Volumina sämtlicher Gase 22,38 Liter betragen, falls sie die in Grammen ausgedrückte Molekulargewichtsmenge enthalten. Geht man nun nach HORSTMANN in der Gasformel  $pv = p_0 v_0 T/273$  von dem g-Molekelvolumen  $v_0 = 22,38 \text{ Liter} = 22380 \text{ cm}^3$  aus und berücksichtigt, dass 76 cm<sup>3</sup> Quecksilber 1033,3 g wiegen, so nimmt jene Formel die einfachere Gestalt

$$pv = \frac{1033,3 \cdot 22380 \cdot T}{273} = 84700 T \text{ g.cm,}$$

oder wenn man  $p$  nach Atmosphären misst, die Gestalt

$$pv = \frac{22,38 \cdot T}{273} = 0,0819 T \text{ Liter-Atmosphären,}$$

oder endlich, da  $42750 \text{ g.cm} = 1 \text{ g-cal}$  sind, die Gestalt

$$pv = \frac{84700 \cdot T}{42750} = 2 T \text{ g-cal.}$$

an. Die Gleichung für  $pv$  in der einen oder andern Form, die sich allgemein

$$pv = RT$$

schreiben lässt, umfasst aber nicht bloß die beiden Gesetze, sondern schliesst in sich auch die AVOGADROSCHEN Regel ein. Es wird von ihr beim stöchiometrischen und thermodynamischen Rechnen vielfach Gebrauch gemacht.<sup>4)</sup>

<sup>3)</sup> Zur Demonstration der Gasgesetze sei auf einen sehr geeigneten Apparat in LORSCHS *Lehrbuch der anorganischen Chemie 1887 S. 8* verwiesen.

<sup>4)</sup> Folgende Beispiele mögen die Anwendbarkeit jener Gasgleichung darthun.

a. Um zu berechnen, welches Volumen in Litern 5 g Wasserstoff bei 72 cm Quecksilberdruck und  $27^\circ$  erfüllen, bestimme man zunächst das Volumen von 2 g Wasserstoff

$$v = \frac{0,0819 \cdot (273 + 27)}{72/76}$$

woraus sich das von 5 g Wasserstoff

$$= \frac{0,0819 (273 + 27)}{72/76} \cdot \frac{5}{2} = 64,837 \text{ Liter}$$

ergibt.

b. Soll das Gewicht von 80 Litern Kohlendioxyd bei 78 cm Barometerdruck und  $30^\circ$  gefunden werden, so ermittle man das Molekulargewicht ( $44 \text{ g CO}_2$ ) bei 78 cm und  $30^\circ$

$$v = \frac{0,0819 (273 + 30)}{78/76}$$

und nach der Proportion  $v : 44 = 80 : x$  das zu suchende Gewicht

$$x = \frac{78}{0,0819 (273 + 30)} \cdot 80 \cdot 44 = 145,5 \text{ g.}$$

c. Welche Arbeit leistet 1 kg Sauerstoff, wenn es bei Atmosphärendruck um  $100^\circ$  erwärmt wird? 1 kg Sauerstoff enthält  $1000/32 = 31,25 \text{ g-Mol}$ . Folglich beträgt die Arbeit

$$84700 \cdot 31,25 \cdot 100 = 264687500 \text{ g.cm}$$

$$= 2646 \text{ kg.m,}$$

$$\text{oder } 0,0819 \cdot 31,25 \cdot 100 = 256 \text{ Liter-Atmosphären,}$$

$$\text{oder } 2 \cdot 31,25 \cdot 100 = 6187 \text{ g.cal.}$$

Jene Gasgleichung leistete nun auch VAN'T HOFF bei seinen weiteren Speculationen über den osmotischen Druck ganz ausserordentliche Dienste. Es ergab sich zwischen diesem Druck  $P$  und dem Gasdruck  $p$  eine überraschend nahe Beziehung, indem er die Formel  $pv = 0,0819 T$  Liter-Atm. auf die PFEFFERSchen Resultate anwendete. Den osmotischen Druck  $P = 0,649$  Atm., den eine 1 procentige Rohrzuckerlösung bei  $0^\circ$  ausübt, setzte er in jene Gleichung für  $p$  ein. Da ferner 100 g Wasser, wenn darin 1 g Zucker gelöst wird, den Raum von  $100,6 \text{ cm}^3$  einnehmen, so würde 1 g-Mol. = 342 g Zucker in  $100,6 \cdot 342 \text{ cm}^3 = 34,4$  Litern einer 1 procentigen Lösung enthalten sein. Dieses Volumen setzte er für  $v$  und fand  $R = 0,649 \cdot 34,4 / 273 = 0,0818$  Liter-Atm., also fast denselben Wert wie derjenige der Gasgleichung. Andererseits berechnete er den Druck eines Gases, dessen Volumen mit einer 1procentigen Rohrzuckerlösung äquimolekular ist, also in 34,4 Litern ebenfalls 1 g-Mol. enthält, bei denjenigen Temperaturen, bei denen PFEFFER die osmotischen Drucke bestimmt hatte. In folgender Tabelle I sind die Werte der beiden Drucke zusammengestellt.

Tab. I.

Temperatur $T$	Gasdruck in Atm. berechnet nach $p = \frac{0,0819}{34,4} T$	Osmot. Druck $P$ in Atm. gefunden von Pfeffer
273,0	0,650	0,649
279,8	0,667	0,664
286,8	0,683	0,686
288,6	0,687	0,691

Tab. II.

Procente der Zucker- lösung	$V$ die Anzahl Liter, in denen 1 g-Mol. Zucker	Gasdruck berechnet nach $p = \frac{0,0819 \cdot 288}{V} \text{ Atm.}$	Osmot. Druck $P$ in Atm. gefunden von Pfeffer
1	34,4	0,687	0,691
2	17,3	1,349	1,337
4	8,8	2,667	2,739
6	5,9	3,956	4,046

In der Tabelle II sind neben den bei  $15^\circ$  ( $T = 288$ ) und verschiedenem Procentgehalt der Zuckerlösung von PFEFFER bestimmten osmotischen Druckem  $P$  die für  $15^\circ$  berechneten Drucke  $p$  äquimolekularer Gasvolumina verzeichnet. Die Übereinstimmung der Grössen  $p$  und  $P$  in beiden Tabellen ist evident, und dasselbe hat sich auch für andere Substanzen ausser Rohrzucker, soweit der osmotische Druck ihrer Lösungen experimentell ermittelt wurde, herausgestellt. Die Gasgleichung  $pv = 0,0819 T$  Liter-Atm. hat somit auch unmittelbar für Lösungen Gültigkeit, wenn anstatt des Gasdrucks  $p$  (in Atm.) der osmotische Druck  $P$ , und anstatt des Gasvolumens  $v$  (in Litern) das Volumen  $V$  der Lösung tritt, nämlich die Anzahl Liter, welche 1 g-Mol. der Substanz enthalten. Auf Grund dieser Übereinstimmung kam VAN'T HOFF zu dem Schluss: der osmotische Druck ist gleich dem Gasdruck, den man beobachten würde, wenn man sich das Lösungsmittel entfernt denkt und annimmt, dass die gelöste Substanz in Gasgestalt bei der gleichen Temperatur den gleichen Raum als die Lösung ausfüllt, oder mit andern Worten: Die Molekeln einer gelösten Substanz üben bei osmotischen Vorgängen gegen eine semipermeable Membran denselben Druck aus, mit welchem sie in Gasform bei der nämlichen Concentration und der nämlichen Temperatur auf die Wände der gewöhnlichen Gefässe drücken würden.

Indem so VAN'T HOFF auf Grund der PFEFFERSchen Versuche die AVOGADROSche Regel auf die Lösungen ausdehnte, bestätigte er das Gesetz von DE VRIES, nach welchem der osmotische Druck nicht durch die Qualität der Molekeln der gelösten Substanz, sondern nur durch die Anzahl derselben bedingt wird, und

knüpfte hieran ferner die Folgerung, dass unter normalen Verhältnissen eine Substanz (Nichtelektrolyt) durch den Vorgang der Lösung in Einzelmolekeln zerlegt wird.

Auch in energetischer Beziehung müssen sich die Lösungen wie die Gase verhalten. Es muss also infolge der durch das Produkt  $P \cdot dV$  gemessenen Änderung der Volumenergie einer Lösung dieselbe Arbeit geleistet werden, wie von einem äquimolekularen Gasvolumen unter entsprechenden Verhältnissen. Hierauf beruht überhaupt die Messung des osmotischen Drucks durch den PFEFFERSCHEN Apparat, insofern die Luft im geschlossenen Schenkel des Manometers soweit comprimiert, und im offenen Manometerschenkel das Quecksilber so hoch gehoben wird, bis der so entstehende Gegendruck dem osmotischen Druck gleich kommt. Im ersten Fall findet eine blosse Verschiebung der Volumenergie, im zweiten eine Verwandlung der Volumenergie in Distanzenergie statt. In einem offenen Manometerschenkel würde eine 1procentige Rohrzuckerlösung eine Steigung derselben um 6,7 m veranlassen. Beträge der Querschnitt dieses Schenkels  $1 \text{ cm}^2$ , so würde diese osmotische Arbeit  $670 \cdot 981 \cdot 670/2 = 219000 \text{ Erg}$  sein, denn  $1 \text{ cm}^3$  setzt der Hebung einen Widerstand von 981 Dynen entgegen, und der mittlere Weg ist  $670/2 \text{ cm}$ . Würde man unterhalb dieser Höhe jenen Schenkel mit einem seitlichen Ausflussrohr versehen, so würde aus demselben so lange Flüssigkeit ausfliessen, bis die Lösung in der Zelle infolge der Wasseraufnahme so verdünnt wäre, dass ihrem osmotischen Druck durch den hydrostatischen Druck der Flüssigkeitssäule des Manometers das Gleichgewicht gehalten würde. Auf diese Weise könnte der Apparat als Wasserhebungsmaschine arbeiten (s. Fig. 3). Noch anschaulicher wird die Wirkung des osmotischen Druckes und somit auch die Analogie desselben mit dem Gasdruck, wenn man sich nach VAN'T HOFF folgende Vorrichtung construirt denkt. In einem verticalen, unten geschlossenen und oben offenen Glasrohr befindet sich eine auf und ab bewegliche, dicht schliessende, aus einer semipermeablen Masse bestehende Querwand. Oberhalb derselben sei Wasser, während der Raum unter ihr von einer Lösung eingenommen werde. Wäre nun der Druck der Wassersäule grösser als der osmotische Druck der Lösung, so würde sich die Querwand senken, und die Lösung würde concentrirter. Wäre er geringer, so würde sie sich heben, und die Lösung würde mehr Wasser aufnehmen, also verdünnt werden. In beiden Fällen würde die Verschiebung der Querwand so lange stattfinden, bis ein osmotischer Druck hergestellt wäre, der durch den Druck der Wassersäule eben compensiert würde.

Der Energieinhalt einer Lösung ist also gerade so wie der eines Gasvolumens um so grösser, je mehr das Volumen verkleinert, d. h. je concentrirter die Lösung gemacht wird. Dieselbe Arbeit aber, welche der osmotische Druck einer Lösung leistet, falls der letzteren Gelegenheit geboten wird, durch eine semipermeable Wand Lösungsmittel aufzunehmen, muss aufgewendet werden, um den früheren Concentrationsgrad wiederherzustellen. Zwar kann diese bei der Concentrirung einer Lösung aufzuwendende Arbeit durch einen osmotischen Versuch direkt nicht gemessen werden, weil jene VAN'T HOFFSCHE Vorrichtung nicht ausführbar ist. Wohl aber kann die Messung indirekt durch die Vorgänge des Siedens und Gefrierens, die überhaupt eine genauere Bestimmung des osmotischen Druckes ermöglichen (s. Abschnitt III und IV), gemacht werden.

Was die Grösse des osmotischen Druckes anbelangt, so muss es auffallen, dass derselbe schon bei verdünnten Lösungen hohe Werte aufweist. Beträgt er

doch bei einer 5procentigen Rohrzuckerlösung von  $0^\circ$  schon  $5,0,649 = 3,2$  Atm., und berechnet man den osmotischen Druck einer etwa halb gesättigten Ammoniaklösung, welche auf  $100 \text{ cm}^3$  ungefähr  $51 \text{ g NH}_3$ , also in  $0,033$  Litern  $17 \text{ g} = 1 \text{ g-Mol. NH}_3$  enthält, so ergibt sich bei  $0^\circ$  nach der Gleichung  $0,033 P = 0,0819.273$  sogar der Wert von  $671$  Atm. Wenn dennoch die Gefässe, in denen man solche Lösungen aufbewahrt, nicht zersprengt werden, so liegt dies daran, dass der nach Tausenden von Atmosphären berechnete Binnendruck dieser Flüssigkeiten, der ihre Theilchen zusammenhält, dem osmotischen Druck entgegenwirkt. Letzterer könnte durch Abschwächung des Binnendruckes erst dann zur Geltung kommen und die Wände der Gefässe zertrümmern, falls diese semipermeabel wären, und man die Gefässe in das Lösungsmittel einsenken würde (s. OSTWALD, *Lehrbuch der allgemeinen Chemie I*, S. 673, 1891).

Wie der osmotische Druck überhaupt zustande kommt, ist eine noch wenig erörterte Frage, und es bleibt daher die Aufstellung einer kinetischen Theorie der Lösung der Zukunft vorbehalten.

## II. Der Dampfdruck der Lösungen.

Die Verdampfung einer Flüssigkeit geht bekanntlich um so leichter vor sich, je höher die Temperatur, und je geringer der auf ihr lastende Druck ist. Der maximale Dampfdruck einer Flüssigkeit lässt sich leicht nach DALTON in Millimetern Quecksilber messen. Man hat nur nötig, eine etwa  $80 \text{ cm}$  lange und  $1 \text{ cm}$  weite Glasröhre mit luftfreiem Quecksilber zu füllen, sie in einer Quecksilberwanne umzukehren und alsdann in ihr ein ungefähr  $1 \text{ cm}^3$  grosses Fläschchen aufsteigen zu lassen, welches ganz mit der zu prüfenden Flüssigkeit gefüllt und mit einem lose aufgesetzten Glasstöpsel verschlossen ist. Letzterer wird, wenn das Fläschchen in das barometrische Vacuum gelangt, abgeworfen. Ein Teil der Flüssigkeit verdampft, und der Druck dieses Dampfes drückt das Quecksilber um eine bestimmte Anzahl von Millimetern herab, welche die maximale Dampfspannung der Flüssigkeit bei der Temperatur des Versuchs angiebt. Mit der Ablesung des Quecksilberstandes hat man etwa  $10$  Minuten zu warten, und ferner ist es nötig, durch wiederholtes Neigen der Röhre ihre Wände gehörig zu benetzen. Die Grösse des barometrischen Vacuums kommt für den gemessenen Dampfdruck nicht wesentlich in Betracht. Sie würde nur das Quantum des entstehenden Dampfes variieren, dessen Gesamtgewicht aber überhaupt verschwindend klein ist. Das Resultat ist aber unbrauchbar, wenn das Barometerrohr nicht völlig luftleer bleibt, sowie wenn die in Frage kommende Flüssigkeit Verunreinigungen enthält.

Der Wert der maximalen Dampfspannung einer Flüssigkeit ist ein Mass für die Flüchtigkeit derselben. Bei  $16^\circ$  beträgt er für Wasser nur  $13,5$ , für Ather dagegen  $374 \text{ mm}$ .

Die im Barometerrohr gemessene Depression des Quecksilbers fällt nun geringer aus, wenn in der Flüssigkeit eine Substanz gelöst ist. Die sich auf die Dampfdruckverminderung der Lösungen beziehenden Gesetze sind am Ende des vorigen Jahrzehnts von RAOULT in Grénoble experimentell ermittelt (*Ztschr. für physik. Chemie 1888*, S. 353). Die Arbeiten dieses Forschers waren deshalb erfolgreicher als die seiner Vorgänger (WÜLLNER, BABO), weil er von den flüchtigeren Lösungsmitteln ausging und vor allem die Lösungen indifferenten, den galvanischen Strom nicht leitender Substanzen, deren eigener Dampfdruck minimal ist, berück-

sichtigte. Auf Grund der nach der barometrischen Methode ausgeführten Versuche war **RAOULT** zu folgenden Sätzen gelangt.

1. Die relative Dampfdruckverminderung  $(p - p_1)/p$ , wenn  $p$  und  $p_1$  die Dampfdrucke des Lösungsmittels bzw. der Lösung bezeichnen, ist von  $0^\circ$  bis  $20^\circ$  von der Temperatur unabhängig.

2, Sie wächst für nicht zu hohe Concentrationen proportional der Menge der gelösten Substanz.

3. Bezieht man sie diesem Proportionalitätsgesetz gemäss auf 1 g-Mol. Substanz, die in 100 g Lösungsmittel gelöst wäre, so erhält man die molekulare Dampfdruckverminderung  $p - p_1/p \cdot m/l$ , wenn  $l$  die zum Versuch verwendete Substanz in Grammen, und  $m$  ihr Molekulargewicht ist. Die molekulare Dampfdruckverminderung ist für die Lösungen der verschiedenen Substanzen, die mit dem nämlichen Lösungsmittel hergestellt sind, constant, also wie auch der osmotische Druck nur durch die vorhandene Anzahl der Molekeln der gelösten Substanzen bedingt.

4. Berechnet man, indem man die Gewichtsmengen der Substanz und des Lösungsmittels durch die zugehörigen Molekulargewichte dividiert, die Anzahl  $n$  und  $N$  der Molekeln beider, so besteht für alle Lösungsmittel die Gleichung

$$\frac{p - p_1}{p} = \frac{n}{N + n},$$

d. h. die relative Dampfdruckverminderung ist für alle Lösungsmittel gleich dem Verhältnis der Anzahl der Molekeln der Substanz zu der Gesamtzahl der in der Lösung vorhandenen Molekeln.

Falls man auf genauere Bestimmungen des Dampfdruckes, wie sie **RAOULT** unter Anwendung sehr sorgfältig gereinigter Materialien, sowie durch kathetometrische Ablesung des Quecksilberstandes und Correktion desselben erhielt, verzichten will, lässt sich im Unterricht jenes zweite Gesetz, auf das es wesentlich ankommt, durch den nächsten Versuch veranschaulichen. Man fülle vier gleich lange, mit Millimeterskalen versehene Barometerrohre  $R_1, R_2, R_3$  und  $R_4$  (Fig. 4) mit gut gereinigtem Quecksilber und befestige sie gleich weit entfernt in umgekehrter Stellung in einer Wanne  $W$ . Waren die Luftbläschen gänzlich beseitigt, so müssen die Quecksilberniveaus gleich sein. Alsdann bringe man in drei Fläschchen  $F$  von beistehender Form, wie sie zur Hofmannschen Dampfdruckbestimmung dienen, reinen Äther bzw. Lösungen von 12,2 und 24,4 g Benzoësäure auf 100 g Äther. Die Füllung lässt sich am besten in der Weise bewerkstelligen, dass man die Fläschchen an einem Platindraht in die in der Wägefiasche befindlichen Flüssigkeiten einsenkt und sie, nachdem die letzteren eingedrungen sind, schnell mit dem Stöpsel verschliesst. Sind sie äusserlich durch Aufspritzen von Äther gut gereinigt, so lasse man sie der Reihe nach mit dem Stöpsel nach unten in drei jener Röhren  $R_2, R_3$  und  $R_4$  aufsteigen. Die vierte Röhre  $R_1$  bleibt zur Messung des Luftdrucks reserviert. Nach einiger Zeit haben

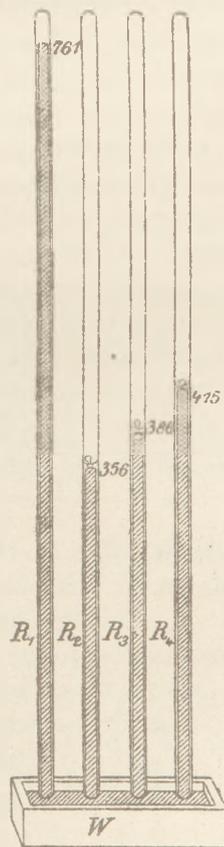


Fig. 4.

Die vierte Röhre  $R_1$  bleibt zur Messung des Luftdrucks reserviert. Nach einiger Zeit haben

sich die Quecksilberniveaus constant eingestellt, und es zeigt sich, dass dieselben, wenn man sie sich durch Linien verbunden denkt, sämtlich in einer geneigten Geraden liegen, wie es die im zweiten Gesetz ausgesprochene Proportionalität verlangt. Obwohl die an den Skalen abzulesenden Zahlen nur als Näherungswerte gelten können, sind sie doch geeignet, zum Verständnis der RAOULTSchen Gesetze beizutragen. Sie mögen daher nebst den Daten zweier anderen Versuche und den sich anschliessenden Berechnungen in der Tabelle III Platz finden.

Tab. III.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lösungsmittel	Gelöste Substanz	Versuchs-temperatur	Barometerstand	p	p <sub>1</sub>	$\frac{p-p_1}{p}$	$\frac{p-p_1}{p} \cdot \frac{m}{l}$	$\frac{n}{N+n}$	$\frac{1}{74(78)} \cdot \frac{p-p_1}{p} \cdot \frac{m}{l}$	Molekulargewicht	
										berechnet	sonst gefunden
										$m = M \cdot \frac{l}{L} \cdot \frac{p_1}{p-p_1}$	
I. Äther 100 g	Benzoësäure 12,2	17,75	761	405	375	0,0740	0,740	0,0689	0,00999	113	122
II. " "	" 24,2	17,75	761	405	346	0,1456	0,728	0,1289	0,00984	106	122
III. " "	Salicylsäure 13,8	19,00	755	420	388	0,0762	0,762	0,0689	0,01030	124	138
IV. " "	" 27,6	19,00	755	420	355	0,1547	0,773	0,1289	0,01040	112	138
V. Benzol 100 g	Naphtalin 12,8	21,00	758	85,5	79	0,0762	0,762	0,0723	0,00977	121	128

Die Zahlen in den Columnen 7 und 8 lassen das zweite bzw. dritte Gesetz von RAOULT annähernd erkennen. Auch stimmen die in der Columnne 9 mit denen in 7 nahezu überein, wie es das vierte Gesetz fordert. Die Zahlen der Columnne 10 sind durch Division der Werte der molekularen Dampfdruckverminderung durch das Molekulargewicht des Lösungsmittels (74 für Äther, 78 für Benzol) erhalten. Sie geben also die relative Dampfdruckverminderung für den Fall an, dass 1 g-Mol. Substanz in 100 g-Mol. Lösungsmittel gelöst wäre, und gleichen für beide Lösungsmittel fast dem Wert  $1/(100 + 1) = 0,00999$ .

Auf Grund der Formel  $(p - p_1)/p = n/(N + n)$  kann nach RAOULT das Molekulargewicht der gelösten Substanz berechnet werden, und insofern sind die Dampfdruckmessungen geeignet, als Controle der Molekulargewichtsbestimmungen zu dienen. Bezeichnet nämlich M das Molekulargewicht des Lösungsmittels, und L die in der Lösung vorhandene Menge desselben in Grammen, so ist

$$\frac{p - p_1}{p} = \frac{l/m}{L/M + l/m} = \frac{lM}{Lm + lM},$$

folglich  $m = M \cdot l/L \cdot p_1/(p - p_1)$ . In der Columnne 11 stehen die aus den Versuchsdaten für Benzoësäure, Salicylsäure und Naphtalin berechneten Molekulargewichte.

Da für äquimolekulare Lösungen desselben Lösungsmittels sowohl der osmotische Druck als auch die relative Dampfdruckverminderung constant sind, so ist anzunehmen, dass beide Grössen in causalem Zusammenhang miteinander stehen. In der That hat VAN'T HOFF durch eine thermodynamische Rechnung das eine Gesetz von dem anderen abgeleitet.<sup>5)</sup>

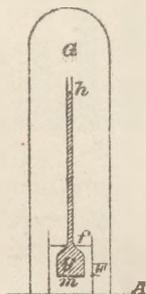


Fig. 5.

<sup>5)</sup> Auf einfacherem Wege hat OSTWALD (*Lehrbuch der allgemeinen Chemie 1891, I, S. 728*) einer Betrachtungsweise von ARRHENIUS folgend aus dem Gesetz des osmotischen Druckes das RAOULTSche Gesetz entwickelt. Es möge gestattet sein, seine Deduktionen hier kurz wiederzugeben. Eine Glocke g (Fig. 5), die unten mit einer semipermeablen Membran m abgeschlossen und oben mit einem 1 cm weiten Steigrohr versehen ist, enthalte eine Lösung aus N g-Mol. Lösungsmittel und n g-Mol. Substanz und sei in ein mit dem reinen Lösungsmittel gefülltes Gefäss F bis f eingesenkt. Man stelle sich ferner vor, dass der ganze Apparat auf eine Platte A gesetzt und mit einer Glocke G überdeckt sei, und dass im Innern derselben ein Vacuum erzeugt

Es ist also die empirische Formel von RAOULT auch theoretisch begründet, und andererseits die Richtigkeit der Formel  $PV = RT$ , von welcher jene Betrachtung ausging, aufs neue bestätigt.

### III. Siedepunkt und Gefrierpunkt der Lösungen.

Beim Sieden einer Lösung verdampft nur das Lösungsmittel und nicht die gelöste Substanz, wofern der Siedepunkt derselben ungefähr  $130^\circ$  höher liegt als der des Lösungsmittels; und scheidet sich beim Gefrieren einer Lösung immer nur das Lösungsmittel in fester Form aus, falls die Lösung nicht zu concentrirt ist. Erwägt man nun, dass der Dampfdruck einer Lösung stets geringer ist, als der des Lösungsmittels, so ergibt sich ohne weiteres, dass eine Lösung bei einem höheren Temperaturgrad sieden und bei einem tieferen gefrieren muss, als das reine Lösungsmittel. Denn beim Siedepunkt des Lösungsmittels vermag der Dampfdruck der Lösung den Druck der Luft noch nicht zu überwinden. Damit dies möglich ist, also die Lösung siedet, muss sie bis zu einem höheren Temperaturgrad erhitzt werden. Ferner kann die Lösung erst dann gefrieren, wenn ihr Dampfdruck dem Dampfdruck des festen Lösungsmittels gleich ist. Diese Bedingung ist aber erst bei einer Temperatur erfüllt, welche tiefer liegt als der Gefrierpunkt des reinen Lösungsmittels. Steht somit der Dampfdruck einer Lösung in innigster Beziehung zur Siedepunktserhöhung und Gefrierpunkts-erniedrigung derselben, so wird sich auch erwarten lassen, dass den RAOULTSchen Gesetzen des Dampfdrucks gemäss jene beiden Grössen proportional der Concentration zunehmen und für äquimolekulare, mit dem nämlichen Lösungsmittel bereitete Lösungen gleichen Wert haben. In der That hat der Versuch zu diesem Ergebnis geführt, und namentlich gelang es wiederum RAOULT, dieses Problem

würde. Infolge des osmotischen Vorganges möge die Lösung im Steigrohr bis zum Punkte  $h$  steigen. Der osmotische Druck ist dann nach der bekannten Gleichung

$$P = \frac{nRT}{V},$$

wo  $R = 84700$  ist, wenn  $P$  in Grammen und  $V$  in Cubikcentimetern gemessen wird. Ist nun  $M$  das Molekulargewicht des Lösungsmittels, so wiegt die Lösung, da das Gewicht der Substanz wegen des als gering anzunehmenden Concentrationsgrades zu vernachlässigen ist,  $MN$  Gramm, und ist  $s$  das spezifische Gewicht derselben, welches dem des Lösungsmittels sehr nahe kommt, so muss  $V = MN/s \text{ cm}^3$  sein. Mithin ist

$$P = \frac{nsRT}{MN}.$$

Giebt ferner  $H$  die Strecke  $fh$  in cm an, so ist  $P = Hs$ , und folglich

$$H = \frac{nRT}{MN}.$$

Soll aber der Apparat im Gleichgewicht sein, so ist der Dampfdruck  $p_1$  der Lösung im Punkte  $h$  gleich dem Dampfdruck  $p$  des Lösungsmittels vermindert um das Gewicht der Dampfsäule  $fh$  von  $1 \text{ cm}^2$  Querschnitt. Mithin ist, wenn  $d$  das Gewicht eines Cubikcentimeters Dampf bedeutet,  $p_1 = p - Hd$  oder  $p - p_1 = Hd$ . Es wiegen nun  $v \text{ cm}^3$  Dampf  $Mg$ , wenn  $v$  das Molekularvolumen des Lösungsmittels in Dampfform ist. Also wiegt  $1 \text{ cm}^3$  Dampf  $M/vg$ , oder, da die Gasgleichung  $pv = RT$  anwendbar ist, so ist

$$d = \frac{Mp}{RT}.$$

Setzt man schliesslich in die Gleichung  $p - p_1 = Hd$  die Werte für  $H$  und  $d$  ein, so ergibt sich

$$p - p_1 = \frac{nRT}{MN} \cdot \frac{Mp}{RT} = \frac{n}{N} p \text{ oder}$$

$$\frac{p - p_1}{p} = \frac{n}{N}.$$

experimentell zu lösen, indem er vor allem die Lösungen organischer Körper in organischen Lösungsmitteln untersuchte und die Resultate auf molekulare Mengen bezog.



Fig. 6.

Den Siedepunkt der Lösungen kann man mittels eines sehr einfachen Apparates ermitteln, der von BERTHELOT (*Praktische Anleitung zur Ausführung thermochemischer Messungen, Leipzig 1893, S. 62*) angegeben und in der Fig. 6, die einer besonderen Erläuterung nicht bedarf, dargestellt ist.

Indessen sind, da die Siedepunkt- sowie auch die Gefrierpunkt-methode eine weit genauere Bestimmung des Molekulargewichts der gelösten Substanzen gestatten als die Dampfdruckmethode, im Laufe der Zeit weit empfindlichere Apparate con-

struiert. Am meisten sind diejenigen von BECKMANN im Gebrauch (*Zeitschr. für physik. Chemie 4, S. 543 und 2, S. 639*). Um im Unterricht Siedepunktmessungen an wässrigen Lösungen auszuführen, bediene ich mich des Apparates Fig. 7, der mit einigen Abänderungen, die den Zweck haben, die Resultate in grösserer Entfernung erkennen zu lassen, dem BECKMANNschen nachgebildet ist. *B* bedeutet ein 1½ Liter grosses Glycerinbad, welches 30 cm oberhalb der Flamme des Brenners *F* auf den Ring *R*<sub>1</sub> eines Stativs gesetzt ist. *M* ist ein Mantel aus Pappe zum Schutz der Brennerflamme

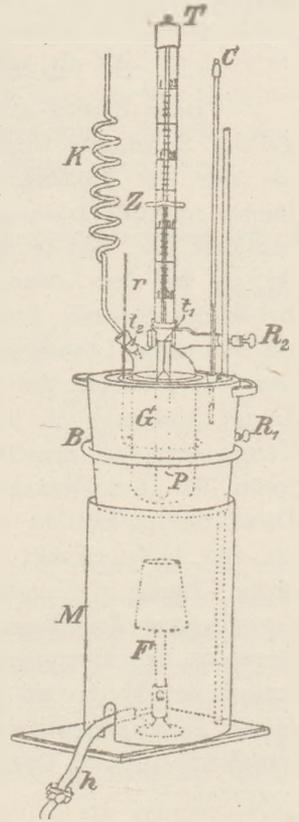


Fig. 7.

Dies ist aber die von RAOULT empirisch gefundene Gleichung unter der Voraussetzung, dass *n* gegen *N* sehr klein, die Lösung also sehr verdünnt ist.

Für endliche Concentrationen hat *H* einen bedeutend hohen Wert, und es darf daher, weil *d* nach *H* sich ändert, der Druck  $\pi$  der Dampfsäule von der Höhe *H* nicht ohne weiteres = *Hd* gesetzt werden. Vielmehr ist  $\partial \pi = d \cdot \partial H$ , oder da  $d = M\pi / RT$  ist, so ist

$$\frac{RT}{M} \cdot \frac{\partial \pi}{\pi} = \partial H.$$

Integriert man diese Gleichung von 0 bis *H*, so ist

$$H = \frac{RT}{M} \log. \text{nat.} \frac{\pi_0}{\pi_H},$$

und hierin ist  $\pi_0 = p$  und  $\pi_H = p_1$ . Aus dem osmotischen Druck hatte man aber

$$H = \frac{nRT}{MN}$$

gefunden. Folglich ist

$$\frac{RT}{M} \log. \text{nat.} \frac{p}{p_1} = \frac{nRT}{MN} \text{ oder}$$

$$\log. \text{nat.} \frac{p}{p_1} = \frac{n}{N}.$$

Nun aber ist

$$\log. \text{nat.} \frac{p}{p_1} = \log. \text{nat.} \left( 1 + \frac{p - p_1}{p_1} \right) = \frac{p - p_1}{p_1} - \frac{1}{2} \left( \frac{p - p_1}{p_1} \right)^2 + \dots = \frac{p - p_1}{p_1}.$$

Somit ergibt sich

$$\frac{p - p_1}{p_1} = \frac{n}{N}, \text{ oder}$$

$$\frac{p - p_1}{p} = \frac{n}{N + n}.$$

gegen Luftströmungen. In einem der Ringe des Bades *B* ist das Thermometer *C* befestigt, damit man die Temperatur des Glycerins, das mittels des Rührers *r* von Zeit zu Zeit in Bewegung zu versetzen ist, controlieren kann. Das Siedegefäß *G* von cylindrischer Form und einem Inhalt von 280 cm<sup>3</sup> ist mit dem 2,5 cm weiten Tubus *t*<sub>1</sub>, an welchem es mittels der Klemme *R*<sub>2</sub> festgehalten wird, und dem 1,5 cm weiten Tubus *t*<sub>2</sub> versehen. In *t*<sub>1</sub> ist das Thermometer *T*<sup>6)</sup> mittels eines Korkes befestigt. An diesem ist die Siedetemperatur, die sich durch den verschiebbaren Zeiger *Z* markieren lässt, abzulesen. Das mit Quecksilber gefüllte Gefäß *P* desselben ist 10 cm lang und hat einen Durchmesser von 1,8 cm. Die Skala umfasst nur drei ganze Grade, von 100° bis 103°. Auf jeden Grad kommen 7 cm Skalenlänge, so dass hundertstel Grade angezeigt werden. Im Tubus *t*<sub>2</sub> steckt der Kühler *K*. Er besteht aus 7 Windungen à 5 cm Durchmesser und ist oberhalb des unteren, schräg abgeschliffenen Endes mit einer Öffnung versehen, damit die Dämpfe in den Kühler gelangen können, ohne durch das abfließende condensierte Wasser gehindert zu werden.

Beim Gebrauch des Apparates sind folgende Massregeln innezuhalten. Die Glycerinmenge muss fast bis an die Ringe reichen, und im Siedegefäß muss die Lösung mit den Ringen in gleicher Höhe stehen. Das Thermometer *T* ist so tief einzusenken, dass das Niveau des Quecksilbergefäßes mit dem der siedenden Flüssigkeit zusammenfällt. Da nur concentrirtere Lösungen genügend hohe Siedepunktserhöhungen zeigen, die Flüssigkeit aber nach Hinzufügung grösserer Substanzmengen an Volumen erheblich zunimmt, so ist es besser, die zu prüfenden Lösungen fertig in den Apparat zu bringen, anstatt die zu lösende Substanz durch den Tubus *t*<sub>2</sub> einzuführen. Um eine möglichst gleichmässige Siedetemperatur zu erzielen, also das Stossen der Flüssigkeit, welches durch den Wechsel von Überhitzung und plötzlicher Dampfbildung zustande kommt, zu vermeiden, genügt es, kurz vor der Siedetemperatur durch *t*<sub>2</sub> in das Siedegefäß kleinere Stückchen Speckstein zu werfen. Auch ist, um einem Siedeverzug möglichst vorzubeugen, darauf zu achten, dass die Temperatur des Glycerins höchstens 2° höher liegt als der Siedepunkt der Lösung, der sich innerhalb enger Grenzen im voraus beurteilen lässt. Indem man die Flammenhöhe, die, wenn die Siedetemperatur nahezu erreicht ist, höchstens 3 bis 4 cm betragen darf, mittels des Quetschhahnes *h* reguliert und den Rührer *r* wiederholt auf und ab bewegt, lässt sich die Temperatur des Glycerinbades fast constant machen. Ehe man die Temperatur abliest, muss man, bis die grosse Quecksilbermenge des Thermometers gleichmässig erwärmt ist, die Flüssigkeit etwa 10 Minuten im Sieden erhalten und wegen der Trägheit des Quecksilberfadens wiederholt an das Thermometer klopfen. Da ferner der Siedepunkt nach dem jeweiligen Barometerstand wechselt und sich das Thermometer im Lauf der Zeit etwas ändert, so muss der Siedepunkt des Wassers stets besonders ermittelt werden.

Die mit wässrigen Lösungen von Rohrzucker erhaltenen Resultate ersehe man aus der Tabelle IV, in welcher *l* die auf 100 g Wasser kommende Zuckermenge, *b* den Barometerstand, *t*<sub>0</sub> den Siedepunkt des Wassers, *t* denjenigen der Lösung, *m* das Molekulargewicht des Rohrzuckers (342) und *S* die auf 100 g Lösungsmittel bezogene molekulare Siedepunktserhöhung angiebt.

<sup>6)</sup> Gekauft bei WARMBRUNN, QUILITZ & Co., Berlin, Rosenthalerstr. 20. Preis M. 18,—.

Tab. IV.

1	2	3	4	5	6	7	8
$l$	$b$ mm	$t_0$	$t$	$t - t_0$	$\frac{t - t_0}{l}$	$S = \frac{t - t_0}{l} \cdot m$	$m = S \frac{l}{t - t_0}$
34,2	746	99,85	100,35	0,50	0,01462	5,00	342,0
51,3	746	99,85	100,59	0,74	0,01442	4,93	341,7
68,4	755	99,90	100,95	1,05	0,01535	5,24	341,3
85,5	755	99,90	101,22	1,32	0,01544	5,28	342,0

Aus den Zahlen der Columne 6 folgt, dass für nicht zu concentrirte Lösungen die Siedepunktserhöhung für je 1% Rohrzucker constant ist, also der Siedepunkt proportional der Concentration steigt. Die Werte für  $S$  in der Columne 7 beweisen, dass der Siedepunkt äquimolekularer Lösungen um gleichviel erhöht ist. Hat man mit Hülfe einer Substanz, von welcher  $m$  bekannt ist, für ein bestimmtes Lösungsmittel die Constante  $S$  gefunden, so ergibt sich für eine andere, in demselben Lösungsmittel zu lösende Substanz das Molekulargewicht  $m$  nach der Gleichung  $l : m = t - t_0 : S$ . In der Columne 8 stehen die aus den betreffenden Zahlen für  $l$  und  $t - t_0$  berechneten Werte  $m$ , die sich einander sehr nähern und teilweise dem wahren Werte 342 gleich sind. Kommen nicht 100 g, sondern  $L$  g des Lösungsmittels in Anwendung, so ist

$$m = 100 S \cdot \frac{l}{L(t - t_0)}.$$

Es ist für Wasser, Alkohol, Äther, Essigsäure, Chloroform

$$t = 100 \quad 78,3 \quad 34,97 \quad 118,1 \quad 61,2^\circ$$

$$\text{und } S = 5,2 \quad 11,5 \quad 21,1 \quad 25,3 \quad 36,6^\circ.$$

Wegen der höheren  $S$ -Werte liessen sich zwar mit Lösungen in Alkohol oder Chloroform grössere Siedepunkts-Differenzen erzielen, aber man bedarf dann besonderer Demonstrationsthermometer, um in weiterer Entfernung den Quecksilberstand erkennbar zu machen. Jedoch haben die wässrigen Lösungen, namentlich die der Elektrolyte, ein besonderes Interesse (s. Abschnitt V), und die Versuche mit wässrigen Rohrzuckerlösungen lassen sich insofern noch weiter ausbeuten, als man durch Zusatz eines Cubikcentimeters verdünnter, mit Kaliumchlorid versetzter Salzsäure zur siedenden Lösung die Rohrzuckermolekeln nach der Gleichung  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2 C_6H_{12}O_6$  leicht invertieren, also die Anzahl der gelösten Molekeln in kaum einer Minute verdoppeln kann, was eine doppelt so hohe Siedepunktserhöhung zur Folge hat. Aus letzterer Erscheinung ist ferner zu ersehen, dass bei Molekulargewichtsbestimmungen nach der Siedepunktmethode nur solche Lösungsmittel anwendbar sind, die auf die gelöste Substanz chemisch nicht einwirken. Die Thatsache, dass die Werte von  $(t - t_0)/l$  für höhere Concentrationen zunehmen, wird später erklärt werden.

Weit weniger Umsicht als zu den Bestimmungen des Siedepunkts ist zu denen des Gefrierpunkts erforderlich. Schon vor mehreren Jahren hat CIAMICIAN (diese Ztschr. III, S. 39) ein Verfahren angegeben, die Gefrierpunktserniedrigung mittels eines Luftthermometers zu veranschaulichen. Da sich letzteres jedoch nicht leicht aichen lässt, habe ich mir ein Demonstrationsthermometer  $T$  (Fig. 8) <sup>7)</sup> anfertigen lassen, das auch zu vielen anderen Zwecken, wie zur Ermittlung der Lösungswärme von Salzen und der spezifischen Wärme von Metallen, geeignet

<sup>7)</sup> Angefertigt vom Glasbläser STUHL, Berlin N., Philippstr. 22. Preis M. 12,—.

ist. Das Gefäß desselben ist 14 cm lang und nur 1,5 cm weit. Es ist mit blau gefärbtem Amylalkohol gefüllt. Die Skala hat eine Länge von 60 cm. Sie umfasst 75°, 30° unter und 45° über Null. Die Graddifferenz beträgt also 8 mm, so dass zehntel Grade leicht abzulesen sind. Dieses Thermometer wird in das Gefriergefäß *R* gesetzt, ein Reagensglas von solcher Grösse, dass nach Einbringung der zu prüfenden Lösung das Niveau derselben dem des Thermometergefäßes gleich und vom Rand des Reagensglases 3 cm entfernt ist. Das Gefriergefäß *R* ist mittels einer Korkscheibe in der Öffnung der Flasche *F* befestigt. Letztere ist mit einer concen-trierten Chlorcalciumlösung gefüllt und in das 5 bis 6 Liter grosse Kältebad *K* eingesenkt. Will man mit dem beschriebenen Apparat, dessen Empfindlichkeit nur eine beschränkte sein kann, annähernd richtige Resultate erhalten, es namentlich vermeiden, dass zu tiefe Temperaturgrade als Gefrierpunkte beobachtet werden, so muss man den aus Nickeldraht gefertigten Rührer *r* während der Abkühlung der Lösung beständig bewegen, bis sich eben das Lösungsmittel in fester Gestalt ausscheidet. Auf keinen Fall darf die Kühlung zu rasch erfolgen, und es ist deshalb darauf zu achten, dass die Temperatur der Chlorcalcium-lauge höchstens 2 bis 3° tiefer liegt als der betreffende Gefrierpunkt. Dies lässt sich aber leicht bewerkstelligen, indem man im Kältebad *K* die gehörige Temperatur erzeugt, also je nachdem mit Eiswasser oder einer Kältemischung aus Eis und mehr oder weniger Kochsalz arbeitet.

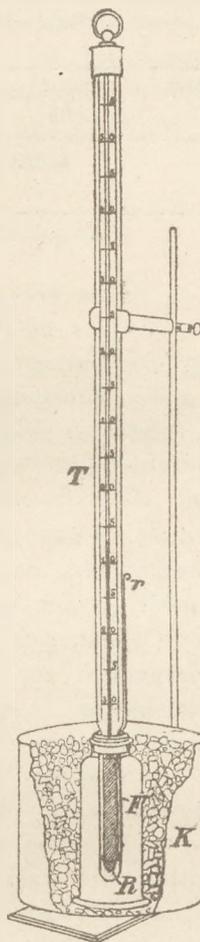


Fig. 8.

Die Ergebnisse einiger Versuche mit Lösungen in Wasser und in Benzol, dessen Gefrierpunkt 5,5° war, sind aus der Tabelle V zu ersehen. Darin bezeichnet *l* die auf 100 g Lösungsmittel kommende Menge der gelösten Substanz,  $\vartheta$  den Gefrierpunkt der Lösung,  $\vartheta_0$  den des Lösungsmittels, *G* die molekulare Gefrierpunktserniedrigung, *m* das berechnete und *m*<sub>0</sub> das sonst gebräuchliche Molekulargewicht der gelösten Verbindung. Die durch den Versuch gefundenen Gefrierpunkte sind abgesehen von den Mängeln der Methode auch deshalb wenig genau, weil zur Erlangung möglichst grosser Temperaturdifferenzen höhere Concentrationen erforderlich sind. Für wissenschaftliche Versuche dürfen letztere nicht über 0,1 g-Mol. auf 100 g Lösungsmittel hinausgehen.

Tab. V.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lösungs- mittel	Gelöste Substanz	<i>l</i>	$\vartheta$	$\vartheta_0 - \vartheta$	$\frac{\vartheta_0 - \vartheta}{l}$	$G = m \frac{\vartheta_0 - \vartheta}{l}$	<i>G</i> nach Raoult	$m = G \frac{l}{\vartheta_0 - \vartheta}$	<i>m</i> <sub>0</sub>
Wasser	Rohrzucker	34,2	-1,8	1,8	0,053	18,13		342,00	
	"	51,3	-2,8	2,8	0,054	18,45	18,5	341,60	342,0
	"	68,4	-3,8	3,8	0,055	18,81		342,00	
Benzol	Chloroform	11,9	+0,2	5,3	0,444	53,01		112,75	
	"	23,9	-4,5	10,0	0,419	50,01	51,1	119,50	119,5
	"	35,8	-8,5	14,0	0,391	46,72		128,00	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lösungs- mittel	Gelöste Substanz	$l$	$\vartheta$	$\vartheta_0 - \vartheta$	$\frac{\vartheta_0 - \vartheta}{l}$	$G = m \frac{\vartheta_0 - \vartheta}{l}$	$G$ nach Raoult	$m = G \frac{l}{\vartheta_0 - \vartheta}$	$m_0$
Benzol	Naphtalin	12,8	+0,5	5,0	0,391	50,05	50,0	128,00	128,0
"	"	25,6	-4,0	9,5	0,371	47,19		134,70	
"	Anilin	9,3	+0,8	4,7	0,505	46,96	46,3	99,35	93,0
"	"	13,6	-3,5	9,0	0,484	45,01		103,30	
"	Benzoessäure	6,1	+4,2	1,3	0,213	25,98	25,4	234,60	122,0

Man erkennt hieraus deutlich die Analogie zwischen den Erscheinungen des Siedens und Gefrierens der Lösungen. Der Gefrierpunkt sinkt proportional der Concentration (Columnne 6), und die Gefrierpunktserniedrigung ergibt, wenn 1 g-Mol. Substanz in der nämlichen Menge Lösungsmittel (100 g) gelöst wird, für Lösungen in Wasser den Durchschnittswert 18,5 und für solche in Benzol den Durchschnittswert 49 (Columnne 7 und 8). Dass die Gefrierpunktserniedrigung sich ebenfalls nur nach der Anzahl der in einer constanten Menge des Lösungsmittels vorhandenen Molekeln der Substanz richtet, wird auch dadurch noch veranschaulicht, dass man die 34,2procentige Rohrzuckerlösung nach der Inversion wieder in den Gefrierapparat bringt, wobei man  $\vartheta = -3,3$  erhält. Die Zahlen der Columnen 9 und 10 machen es begreiflich, welch' hohe Bedeutung die Gefrierpunkte zur Bestimmung der Molekulargewichte haben, die gemäss den Gleichungen  $l : m = \vartheta_0 - \vartheta : G$  oder  $l : m = (\vartheta_0 - \vartheta) 100 / L : G$ , wenn  $L$  die jeweilige Gewichtsmenge des Lösungsmittels bezeichnet, berechnet werden.

Was nun die Abweichungen der bei den Siedepunkts- und Gefrierpunktsbestimmungen ermittelten Zahlen von den theoretischen Werten betrifft, so sind sie nicht allein auf die Ungenauigkeit der Methode zurückzuführen. Auch die mittels der BECKMANN'SCHEN Apparate erhaltenen Zahlen stimmen bisweilen nicht mit der Theorie überein. Die Grössen  $(\vartheta_0 - \vartheta)/l$  der Benzollösungen nehmen mit der Concentration in der Regel ab. Man erklärt dies durch die wohl begründete Annahme, dass die Molekeln der Substanzen in Benzollösungen teilweise zu Doppelmolekeln vereinigt sind. Die Benzoessäure bildet in Benzol ausschliesslich Doppelmolekeln. Andererseits erweisen sich bei wässrigen Lösungen höherer Concentrationen sowohl die Siedepunkts- als auch die Gefrierpunktsänderungen grösser, als es der Theorie entspricht. In diesen Fällen müssen die Molekeln der Substanz auf die des Lösungsmittels eine Anziehung ausüben, welche das Verdampfen und Ausfrieren des letzteren erschweren.

#### IV. Zusammenfassung.

Die an die Versuche mit verdünnten Lösungen angeschlossenen Betrachtungen haben bisher zu vier ähnlich lautenden Gesetzen geführt, nämlich: Äquimolekulare Lösungen beliebiger Stoffe, die mit gleichen Gewichtsmengen desselben Lösungsmittels hergestellt sind, zeigen gleichen osmotischen Druck, gleiche relative Dampfdruckverminderung, gleiche Siedepunktserhöhung und gleiche Gefrierpunktserniedrigung, und die Versuchsdaten lassen auch die Umkehrung dieser Gesetze zu. Bei relativ gleicher, im Allgemeinen aber geringer Concentration müssen daher die Grössen  $P$ ,  $(p - p_1)/p$ ,

$t - t_0$  und  $\vartheta_0 - \vartheta$  einander proportional, und der Proportionalitätsfaktor darf nur vom Lösungsmittel abhängig sein. Auf theoretischem Wege hat VAN'T HOFF (Nernst, *Theoretische Chemie* 1893, S. 124 u. 126) die Beziehung des osmotischen Druckes zu den drei anderen Grössen ermittelt und folgende Gleichungen aufgestellt, in denen  $M$  das Molekulargewicht des Lösungsmittels,  $s$  das spezifische Gewicht desselben,  $T_0$  und  $T'_0$  seinen absoluten Siede- bzw. Gefrierpunkt,  $w$  und  $w'$  seine latente Verdampfungs- bzw. Schmelzwärme pro Gramm und  $K, K', K''$  die betreffenden, vom Lösungsmittel abhängigen Constanten bedeuten:

$$\text{I. } P = \frac{p - p_1}{p_1} \cdot \frac{819 s \cdot T}{M} = \frac{p - p_1}{p_1} T K \text{ Atm.}$$

$$\text{II. } P = (t - t_0) \cdot \frac{41,37 \cdot s \cdot w}{T_0} = (t - t_0) K' \text{ Atm.}$$

$$\text{III. } P = (\vartheta_0 - \vartheta) \cdot \frac{41,37 \cdot s \cdot w'}{T'_0} = (\vartheta_0 - \vartheta) K'' \text{ Atm.}$$

Es muss sich folglich die eine Grösse aus der anderen finden lassen. So möge nach den Gleichungen II und III der Wert für  $P$  aus einigen früher angegebenen Versuchsdaten berechnet werden. Die Resultate sind aus den beiden folgenden Tabellen VI und VII zu ersehen:

Tab. VI.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Lösungs- mittel	Gelöste Substanz	$l$	$V$	$t - t_0$	$s$	$w$	$T_0$	$K'$	$P = (t - t_0) K'$	$P = \frac{0,0819 T_0}{V}$
Wasser	Rohrzucker	51,3	0,6667	0,74	0,959	536,4	373,0	57	42,18	45,82

Tab. VII.

Lösungs- mittel	Gelöste Substanz	$l$	$V$	$\vartheta_0 - \vartheta$	$s$	$w'$	$T'_0$	$K''$	$P = (\vartheta_0 - \vartheta) K''$	$P = \frac{0,0819 T'_0}{V}$
Wasser	Rohrzucker	51,3	0,6667	2,8	0,9998	79,0	273,0	11,85	31,89	33,54
Benzol	Chloroform	11,9	1,1494	5,3	0,8700	29,5	278,5	3,76	19,93	19,84
"	"	23,9	0,5747	10,0	0,8700	29,1	278,5	3,76	37,61	39,68

In den Columnen 11 beider Tabellen ist  $P$  nach der Gleichung  $PV = 0,0819 T_0$  bzw.  $= 0,0819 T'_0$  Liter-Atm., in welcher  $V$  die Zahl der Liter angiebt, die 1 g-Mol. Substanz in Lösung enthalten würden, berechnet. In der That stimmt dieser Wert, wenn man erwägt, dass bei den Siedepunkts- und Gefrierpunktsbestimmungen verhältnismässig sehr concentrirte Lösungen verwendet wurden, mit dem in den Columnen 10 verzeichneten, nach den VAN'T HOFFSCHE Formeln ermittelten Wert sehr gut überein.

Es haben sich also aus den Bestimmungen des Siedepunkts und Gefrierpunkts, welche weit genauer ausgeführt werden können als die des osmotischen Druckes, solche Werte für  $P$  ergeben, welche der der Gasgleichung entsprechenden Gleichung  $PV = RT$  genügen, und somit wird durch die Siedepunkts- und Gefrierpunktsmethode die VAN'T HOFFSCHE Theorie wiederum bestätigt. Für die Richtigkeit derselben spricht aber ferner auch die Thatsache, dass aus den Siedepunkten und Gefrierpunkten der Lösungen dieselben Molekulargewichte der gelösten Substanzen gefunden werden, zu welchen die Dampfdichtebestimmungen führen.<sup>8)</sup>

<sup>8)</sup> Noch einen anderen recht überzeugenden Beweis für die Theorie der Lösungen hat VAN'T HOFF gegeben, indem er auf Grund der Gasgleichung durch eine rein thermodynamische Betrachtung für die molekulare Siedepunkterhöhung und Gefrierpunktserniedrigung Werte er-

Wenn aber eine Theorie von so verschiedenen Seiten her bestätigt worden ist wie die VAN'T HOFFSCHE, so kann ein Zweifel an der Wahrheit derselben nicht bestehen. Es darf daher der Satz: Die Substanzen üben in den Lösungen denselben Druck als osmotischen aus, den sie im gleichen Volumen bei der nämlichen Temperatur in Gasgestalt zeigen würden, als ein Naturgesetz gelten, und so die AVOGADROSCHER Regel auf die Substanzen im gelösten Zustand übertragen werden.

### V. Die wässrigen Lösungen der Elektrolyte.

Es ist bereits betont worden, dass die Untersuchungen, welche RAOULT zu den genannten, von VAN'T HOFF theoretisch begründeten Gesetzen führten, an Lösungen indifferenten organischer Verbindungen in Wasser oder organischen Lösungsmitteln angestellt wurden. Eine grosse Zahl von Substanzen in ihren wässrigen Lösungen, nämlich die Salze, Säuren und Basen, und zwar insbesondere solche anorganischer Natur, zeigt ein von jenen Gesetzen abweichendes Verhalten, welches der allgemeinen Anerkennung der VAN'T HOFFSCHEN Theorie anfangs Schwierigkeiten machte. Die Grössen  $P$ ,  $(p - p_1)/p$ ,  $t - t_0$  und  $\vartheta_0 - \vartheta$  erweisen sich nämlich sämtlich höher, als es der Theorie entspricht. Erstere beiden sind indessen nicht genau genug bestimmbar, um eine etwaige Gesetzmässigkeit ihrer Abweichungen erkennen zu lassen. Denn einerseits ist die Kupferferrocyanidmembran für jene Substanzen bei so hohen Drucken, wie sie sich ergaben, nicht mehr völlig semipermeabel, andererseits sind die Unterschiede der Dampfspannungen wässriger Lösungen zu gering. Wohl aber haben die Ermittlungen des Siedepunkts und Gefrierpunkts weitere Aufschlüsse gebracht. Zunächst mögen die Resultate einiger nach Abschnitt III ausgeführten Versuche in den Tabellen VIII und IX zusammengestellt werden, in denen dieselben Bezeichnungen beibehalten sind wie früher.

mittelte, die den empirischen gleichkommen. Man denke sich folgenden Kreisprozess. Eine Lösung von  $n$  g-Mol. Substanz in einer sehr grossen Anzahl  $N$ g-Mol. Lösungsmittel habe die Temperatur  $\vartheta_0^\circ$ . Sie werde auf  $\vartheta^\circ$  abgekühlt. Es möge ihr dann noch so viel Wärme entzogen werden, dass  $N/n$  g-Mol. Lösungsmittel, also diejenige Menge, auf welche in der ursprünglichen Lösung 1 g-Mol. Substanz kam, ausfrieren. Dadurch werden  $N/n \cdot M\omega$  g-cal. bei  $\vartheta^\circ$  frei, wenn  $\omega$  die latente Schmelzwärme bei  $\vartheta^\circ$  ist. Die gefrorene Menge des Lösungsmittels denke man sich ferner aus der Lösung abgeschieden. Sie möge nun auf  $\vartheta_0^\circ$  erwärmt werden und schmelzen. Da die latente Schmelzwärme  $\omega'$  bei  $\vartheta_0^\circ$  grösser ist als die bei der geringeren Temperatur  $\vartheta^\circ$ , so ist

$$\frac{N}{n} M\omega' > \frac{N}{n} M\omega.$$

Wenn schliesslich jene Menge des Lösungsmittels von der übrigen Lösung durch eine semipermeable Membran osmotisch aufgenommen wird, so ist das Anfangsstadium wieder erreicht. Dieser Kreisprozess ist auch in umgekehrter Richtung möglich. Denn man kann sich vorstellen, dass man bei  $\vartheta_0^\circ$  aus der Lösung vermöge eines Stempels  $N/n$  g-Mol. Lösungsmittel durch eine semipermeable Membran hindurchpresse, bei  $\vartheta_0^\circ$  gefrieren lasse, nebst der Lösung auf  $\vartheta^\circ$  abkühle und wieder in die Lösung bringe, in der es schmelze. Würde nun das Ganze auf  $\vartheta_0^\circ$  erwärmt, so wäre der Kreisprozess wiederum geschlossen.

Im ersten Fall sind  $N/n \cdot M\omega'$  g-cal. von  $\vartheta_0^\circ$  auf  $\vartheta^\circ$  reducirt, und es ist die Arbeit  $PV = 2 T_0'$  g-cal. gewonnen, wenn  $P$  der osmotische Druck der Lösung und  $V$  dasjenige Volumen des Lösungsmittels ist, welches ausfror und osmotisch wieder aufgenommen wurde. Im zweiten Fall wird die nämliche Arbeit aufgewendet, und  $N/n \cdot M\omega$  g-cal. werden von  $\vartheta^\circ$  auf  $\vartheta_0^\circ$  gehoben.

Fasst man weiter den ersten Fall ins Auge, so gilt die Gleichung:

$$2 T_0' : N/n \cdot M\omega' = \vartheta_0 - \vartheta : T_0',$$

Tab. VIII.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Substanz auf 100g Wasser	$l$	$t-t_0$	$\frac{t-t_0}{l}$	$m$	$S = m \frac{t-t_0}{l}$	$i = \frac{S}{5,2}$	$i'' = 1 + (z-1) \frac{\lambda}{\lambda_{\infty}}$	$\alpha = \frac{i-1}{z-1}$	$\alpha'' = \frac{\lambda}{\lambda_{\infty}}$
Natriumchlorid	5,85 8,80	0,94 1,40	0,160 0,159	58,5	9,36 9,30	1,80 1,78	1,82	0,80 0,78	0,82

Tab. IX.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Substanz auf 100g Wasser	$l$	$\vartheta_0 - \vartheta$	$\frac{\vartheta_0 - \vartheta}{l}$	$m$	$G = m \frac{\vartheta_0 - \vartheta}{l}$	$i' = \frac{G}{18,5}$	$i'' = 1 + (z-1) \frac{\lambda}{\lambda_{\infty}}$	$\alpha' = \frac{i'-1}{z-1}$	$\alpha'' = \frac{\lambda}{\lambda_{\infty}}$
Natriumchlorid	5,83 8,80	3,5 5,2	0,598 0,591	58,50	34,98 34,51	1,89 1,87	1,82	0,89 0,87	0,82
Kaliumchlorid	6,00 10,00	2,7 4,4	0,442 0,440	74,58	32,97 32,81	1,78 1,77	1,86	0,78 0,77	0,86
Calciumchlorid $CaCl_2 \cdot 6 aq.$	21,90	5,2	0,237	219,98	51,90	2,69	2,50	0,84	0,75

Wie man aus den Zahlen der Columnen 4 ersieht, nehmen wiederum die Werte  $t-t_0$  und  $\vartheta_0 - \vartheta$  für jede Substanz proportional der Concentration zu. Auch stimmen die molekularen Gefrierpunktserniedrigungen  $G$  (Columnne 6) für die Lösungen von Natrium- und Kaliumchlorid überein. Vergleicht man aber die Werte  $S$  und  $G$  mit denen der Tabellen IV und V, so sind sie sämtlich grösser als dort. Welches Multiplum sie von den Normalwerten 5,2 bzw. 18,5 sind, erfährt man, wenn man sie durch 5,2 bzw. 18,5 dividiert. Die so erhaltenen Zahlen (Columnne 7) hat VAN'T HOFF mit  $i$  bezeichnet. Es hat sich nun herausgestellt, dass die Werte  $i$  für jede einzelne Substanz bei wachsender Verdünnung zu-

denn nach dem zweiten Hauptsatz verhält sich, wenn eine Wärmemenge in einem unkehrbaren Kreisprozess Arbeit leistet, der in Arbeit verwandelbare Anteil dieser Wärme zur gesamten aufgenommenen Wärme wie das Temperaturgefälle zu der absoluten Temperatur, bei welcher das System die Wärme aufnahm. Aus jener Gleichung folgt

$$\vartheta_0 - \vartheta = \frac{2n T_0'^2}{MN\omega'}$$

Ist aber 1 g-Mol. Substanz in 100 g Lösungsmittel gelöst, so ist

$$\vartheta_0 - \vartheta = \frac{0,02 T_0'^2}{\omega'}$$

worin  $T_0'$  den absoluten Gefrierpunkt des Lösungsmittels und  $\omega'$  die latente Schmelzwärme für 1 g desselben bedeutet. Diese für  $\vartheta_0 - \vartheta$  gefundene Grösse ist nun identisch mit der empirisch gefundenen Grösse  $G$ . Setzt man z. B. für Wasser die Werte für  $T_0' = 273$  und  $\omega' = 79$  ein, so ist  $\vartheta_0 - \vartheta = 18,8$ , während die Versuche  $G = 18,5$  ergaben. Eine entsprechende Gleichung hat VAN'T HOFF für die auf 100 g Lösungsmittel bezogene molekulare Siedepunkterhöhung abgeleitet, nämlich

$$t-t_0 = \frac{0,02 T_0^2}{w}$$

worin  $T_0$  den absoluten Siedepunkt des Lösungsmittels und  $w$  die latente Verdampfungswärme ist. Auch diese Gleichung genügt den Ergebnissen der Versuche.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass man aus jenen beiden Gleichungen mit Hilfe der empirischen Werte  $G$  bzw.  $S$  die Grössen  $\omega'$  und  $w$  berechnen kann, und dass sich die so erhaltenen Werte denen der direkten Versuche als gleich erwiesen haben.

nehmen und schliesslich in die ganzen Zahlen 2, 3, 4 . . . übergehen, und dass sie ferner für Stoffe von ähnlicher Zusammensetzung gleich sind, nämlich für die Säuren  $\overset{H}{A}\overset{A}{A}$ , die Basen  $B\overset{O}{H}$  und die Salze  $\overset{A}{A}\overset{B}{B}$  die Zahl 2, für die Säuren  $\overset{H}{A}\overset{A}{A}$ , die Basen  $B\overset{O}{H}$ , und die Salze  $\overset{A}{A}\overset{B}{B}$  und  $\overset{A}{A}\overset{B}{B}$  die Zahl 3 ergeben, und zwar ist es hierbei gleichgültig, ob die  $i$ -Werte nach der Methode des osmotischen Druckes oder derjenigen des Dampfdruckes, Siedepunkts oder Gefrierpunkts ermittelt werden. Da die Grössen  $(p - p_1)/p$ ,  $t - t_0$  und  $\vartheta_0 - \vartheta$  den  $P$ -Werten proportional sind, so musste VAN'T HOFF die allgemeine Gleichung in der Form  $PV = iRT$  schreiben. Die Lösungen aller jener Substanzen verhalten sich demnach so, wie wenn eine grössere Anzahl von Molekeln vorhanden wäre, als der Concentration entsprechen würde.

Um diese Erscheinungen zu erklären, lag es hinsichtlich der Analogie der Lösungen und Gase nahe, eine Dissociation der Molekeln der gelösten Substanzen anzunehmen. Hatte man doch auch die Anomalien gewisser Gase, wie Stickstoffperoxyd und Phosphorpentachlorid, die gegen die AVOGADROSCHESCHE Regel einen zu hohen Druck zeigen, durch die Annahme einer Dissociation befriedigend erklärt. Indessen hätte man sich wohl schwerlich dazu entschlossen, diesen Ausweg für die Lösungen zu benutzen, wenn nicht die betreffenden Substanzen gleichzeitig Elektrolyte wären, und die Theorie der Elektrolyse nicht auch jene Forderung gestellt hätte. In der That treten die abnormen Siedepunkts- und Gefrierpunktserscheinungen nur auf, wenn die Lösungen den galvanischen Strom leiten. Die Lösungen von Natriumacetat in Äther und von Kaliumchlorid in Alkohol verhalten sich gerade so normal, wie die wässrigen Lösungen von Zucker oder Harnstoff, d. h. der Faktor  $i$  ist = 1. Sobald aber jene Salze in Wasser gelöst, also Stromleiter sind, nimmt der Faktor  $i$  bei gehörigen Verdünnungen den Wert 2 an.

ARRHENIUS gebührt das Verdienst, auf diesen Umstand zuerst, und zwar im Jahre 1887, hingewiesen zu haben (*Zeitschr. für physik. Chemie* 1887, S. 630), und seine Theorie der elektrolytischen Dissociation fand ihre hauptsächlichste Stütze dadurch, dass sich die aus der Leitfähigkeit abgeleiteten Werte von  $i$  den VAN'T HOFFSCHEN nahezu gleich zeigten. Die Zahl  $i$  giebt offenbar das Verhältnis der Anzahl der in der Lösung wirklich vorhandenen Molekeln zu derjenigen Zahl an, in welcher die Molekeln hätten vorhanden sein müssen, wenn keine Dissociation eingetreten wäre. Wenn nun  $n$  g-Mol. Substanz abgewogen und in Wasser gelöst werden, wenn ferner der Dissociationscoefficient  $\alpha$  den Bruchteil von  $n$  bezeichnet, der die Dissociation erfährt, und  $z$  die Zahl der Teilmolekeln bedeutet, in welche eine Molekel der Substanz zerfällt, so befinden sich in der Lösung  $n - n\alpha$  ganze Molekeln und  $zn\alpha$  Teilmolekeln. Mithin ist

$$i = \frac{n - n\alpha + zn\alpha}{n} = 1 + (z - 1)\alpha,$$

und da  $\alpha = \lambda/\lambda_\infty$  ist, wenn  $\lambda$  die molekulare Leitfähigkeit bei endlicher und  $\lambda_\infty$  die bei unendlicher Verdünnung darstellt, so folgt aus der Leitfähigkeit der Lösungen

$$i = 1 + (z - 1) \frac{\lambda}{\lambda_\infty}.$$

In den Columnen 8 der Tabellen VIII und IX sind diese  $i$ ' genannten Werte angeführt. Sie sind denen in den Columnen 7 nahezu gleich, und die Übereinstimmung wäre noch vollkommener, wenn  $S$  und  $G$  mit Hilfe verdünnterer

Lösungen festgestellt wären. Dasselbe gilt von den Werten für  $\alpha$ , wenn sie einerseits mit Hilfe der VAN'T HOFFSchen Faktoren  $i$  nach der Gleichung

$$\alpha = \frac{i-1}{z-1},$$

andererseits nach der Gleichung  $\alpha = \lambda/\lambda_{\infty}$  berechnet werden (s. Columnen 9 und 10). Was die sachliche Bedeutung der Grössen  $\alpha$  anbetrifft, so sei daran erinnert, dass der hundertfache Wert von  $\alpha$  die Anzahl der Molekeln der Substanz angiebt, die von je 100 Molekeln dissociiert sind. Die Zahl 0,89 für Natriumchlorid besagt also, dass in der betreffenden Lösung 89 % der Molekeln zerfallen sind. Die Teilmolekeln einer binären Substanz müssen nun unbedingt mit den Ionen identisch sein, und aus der Übereinstimmung der nach obigen beiden Methoden ermittelten  $i$ -Werte muss die Identität der Teilmolekeln und Ionen auch für sämtliche anderen elektrolytischen Substanzen gelten. Auch spricht hierfür die aus den Tabellen VIII und IX zu ersehende Erscheinung, dass der Dissociationsgrad mit der Concentration abnimmt, wie auch aus den Thatsachen der Leitfähigkeit gefolgert werden muss.

ARRHENIUS hat also das besondere, von dem VAN'T HOFFSchen Gesetz auf den ersten Blick abweichende Verhalten der wässrigen Lösungen der Elektrolyte im Sinne jenes Gesetzes selbst erklärt und auf diese Weise nicht allein die Gültigkeit der AVOGADROSchen Regel für elektrolytische Lösungen, sondern auch die Richtigkeit seiner Dissociationstheorie bewiesen.

## Das Ampèresche Gestell als Universalapparat.

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Die althergebrachte Form des Ampèreschen Gestells, bei welchem die beweglichen Stromleiter an Stahlspitzen in eisernen Quecksilbernäpfchen hängen, hat bekanntlich so viele Mängel, dass man, nach etlichen Versuchen den eigensinnigen Apparat in Thätigkeit zu setzen, auf seine Anwendung verzichtet und in anderen Instrumenten Ersatz sucht. Der MÜHLENBEINSche Apparat (d. Zeitschr. I 202) hat keine Launen und kann, wie ich früher (a. a. O. III 298) erwähnte, leicht aus einem RÜHMKORFFSchen Stromwender in wenigen Minuten kostenlos hergestellt werden, doch ist seine Anwendungsweise beschränkter, als die des AMPÈRESchen Gestells, insbesondere ist er nicht geeignet, die Richtkraft des Erdmagnetismus auf bewegliche, stromdurchflossene Leiter zur Anschauung zu bringen. Zwar sind in neuerer Zeit wesentliche Verbesserungen an dem AMPÈRESchen Gestell angebracht worden; so z. B. von WEINHOLD (*Vorschule zur Exper.-Phys.* S. 447), SALZMANN (d. Zeitschr. V 202), RAPS (daselbst VII 114), dessen Konstruktion jedoch für Schulzwecke zu compliziert sein dürfte, u. a.; doch habe ich keine Beschreibung eines Instrumentes dieser Art gefunden, wo die Konstruktion einfach und zugleich vielseitig verwendbar ist. Da nun das von mir eigenhändig mit sehr geringen Unkosten hergestellte AMPÈRESche Gestell durch seine vorzügliche Wirkung den Beifall meiner hiesigen Fachgenossen gefunden hat<sup>1)</sup> und in einfachster Weise zu einem brauchbaren Multiplikator gemacht werden kann, so glaube ich, dass die Beschreibung des Apparates manchem Fachkollegen nicht unwillkommen sein wird.

<sup>1)</sup> Demonstriert in der November-Sitzung der phys. Sektion des pädag. Museums der Militair-Lehranstalten zu St. Petersburg, 1891.

Ein Brett von 50 cm Länge und 20 cm Breite (A Fig. 1), das nach dem Abhobeln mehrfach mit siedendem Paraffin bestrichen und, noch warm, blank

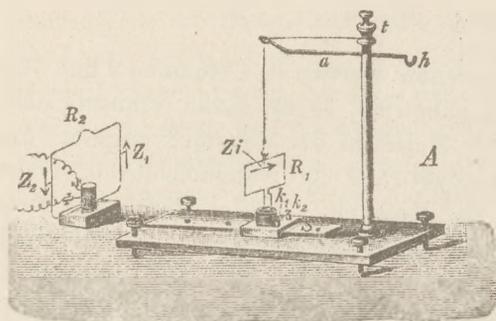


Fig. 1 A.

gerieben ist, trägt einen hölzernen Ständer (h) von 40 bis 50 cm Länge. Durch eine Öffnung, nahe am oberen Ende, ist ein Arm aus starkem Messingdraht (a) durchgeschoben, der sich mit starker Reibung drehen lässt. Das eine Ende ist zu einem Haken gebogen, an den beim Nichtgebrauch Utensilien, wie Drahtrahmen, das Solenoid u. s. w. angehängt werden können. An das andere Ende ist ein Neusilberdraht gelötet, der eine Öse (o)

bildet, die nach oben gebogen ist, also bei einer Drehung des Armes (a) um seine Axe eine kleine seitliche Verschiebung zulässt. Mitten auf dem Brett ist eine Holzschiene (s) befestigt, auf die kleine Holzschlitten geschoben werden können. Einer dieser Schlitten trägt den Quecksilberkontaktbecher (B Fig. 1) und kann durch eine Schraube festgestellt werden. Die Glasröhre, welche die innere Quecksilbersäule enthält, hat 12 mm im Lichten und ist am oberen Rande so stark verengt, dass der eintretende Draht (B Fig. 1) gerade bequem Spielraum hat, aber gezwungen ist in den mittleren Teil der Quecksilberkuppe einzutauchen. Ohne diese Vorsichtsmaassregel wird der Draht an den Rand der Röhre gepresst, wodurch die Reibung sehr vermehrt wird. In WEINHOLDS Apparat (s. o.) ist dieses berücksichtigt, in dem SALZMANN'Schen aber nicht, soweit man aus der Abbildung ersehen kann (a. a. O. S. 203, Fig. 2). Im Texte ist nur gesagt, dass die innere Höhlung einen Durchmesser von  $2\frac{1}{2}$  cm

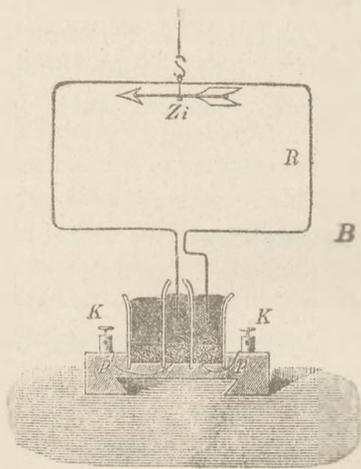


Fig. 1 B.

hat, was nach meinen Versuchen — ohne Verengerung des Röhrenrandes — nicht genügt.

Oben ist im Holzständer eine Schraube eingesetzt, auf welche eine Holzrolle (t) geschoben ist, die durch eine Schraubenmutter fixiert werden kann. In diese Trommel ist ein feines Loch gebohrt und dahinein das Wurzelende eines schlichten Frauenhaares<sup>2)</sup> gesteckt und durch ein Holzstiftchen befestigt. Darauf ist das Haar durch die Öse (o) geführt und mit einem Häkchen aus feinem Neusilberdraht versehen, worauf, durch Drehung der Rolle, das Haar aufgewickelt ist, bis der Haken die nötige Höhe hat. Da der Öse eine seitliche Verschiebung gegeben werden kann (s. o.) und der Kontaktbecher in der Längsrichtung des Brettes verschoben wird, so lässt sich immer erreichen, dass der gerade Draht des beweglichen Leiters (B Fig. 1) gerade über der Röhrenöffnung schwebt; dann senkt man ihn durch Drehung der Rolle soweit, bis beide Drahtenden eben eintauchen, worauf die Schraubenmutter angezogen wird.

<sup>2)</sup> Haar ist leichter zu beschaffen und zu behandeln als Coconfäden, dabei stärker und genügt für vorstehenden Zweck vollkommen.

## 1. Das Ampèresche Gestell.

Wie Fig. 1 A zeigt, ist der feste Leiter  $R_1$  durch einen kurzen Holzstab geführt, der auf seinem Schlitten drehbar befestigt ist, so dass jede der mit einem Stromrichtungs-Zeiger ( $Z_1, Z_2$ ) versehenen vertikalen Seiten des Drahtrahmens dem beweglichen Leiter ( $R_2$ ) zugekehrt werden kann. Dieser ist ebenfalls mit einem drehbaren Pfeil versehen, um die Stromrichtung zu markieren. Natürlich kann der feste Leiter ( $R_2$ ) soweit herangeschoben werden, dass die Mittelpunkte beider Drahtrahmen zusammenfallen, indem der Draht ( $R_2$ ) oben und unten ausgebogen ist. Da der feste Leiter auch von der anderen Seite herangebracht werden kann, so ist ein Stromwender nicht erforderlich, was — insbesondere bei den ersten Demonstrationen — von Vorteil ist, da die Aufmerksamkeit der Schüler nicht unnütz abgelenkt wird. Aus diesem Grunde wende ich gerne (bei Schülern) möglichst wenig verschiedenartige Apparate an und suche lieber ein schon bekanntes Instrument durch Beseitigung gerade unnötiger, und Einstellung erforderlicher Teile dem vorliegenden Zwecke anzupassen, denn die Erfahrung zeigte mir, dass die Aufmerksamkeit der Zuhörer dann mehr auf die neu hinzugekommenen, also wichtigen Teile des Apparates concentrirt wird. (Aus diesem Grunde verwende ich auch nicht den MÜHLENBEINSCHEN Apparat als besonderes Gestell, sondern setze ihn, wie oben erwähnt, ad hoc zusammen, obgleich er im Kabinett vorhanden ist).

Die Empfindlichkeit des beschriebenen AMPÈRESCHEN Gestells genügt, um bei zwei BUNSENSCHEN Chromsäure-Elementen die Richtkraft des Erdmagnetismus auf einen Drahtrahmen (von einer einzigen Windung) zu zeigen; beim Solenoid ist die Wirkung natürlich noch stärker. Hierbei muss ich aber bemerken, dass sich Rahmen und Solenoid aus Aluminiumdraht bei mir schlechter bewährt haben, als solche aus hartem Kupferdraht. Aluminium giebt, auch frisch abgerieben, mit Quecksilber einen schlechten Contact und lässt sich so schwer löten; dass die käuflichen Apparate meist mit vernieteten Kupfer- oder Platin-Enden versehen sind. Die Nietstelle giebt aber keinen Contact auf die Dauer. In neuerer Zeit werden von einigen Mechanikern (s. w. u.) bewegliche Stromleiter aus Aluminium mit eingeschraubten Silberspitzen geliefert, welche sich gut bewähren sollen.

## 2. Das Gestell als Multiplikator und als Tangens-Busssole.

Der Contactbecher wird durch ein einfaches Glasröhrchen ersetzt, in welches der dünne, steife Neusilberdraht eintaucht, an welchem der kurze Magnet (B Fig. 2) befestigt ist, hierdurch wird das lästige Pendeln der Nadel beseitigt. Oberhalb des Magnets ist um den Neusilberdraht ein Aluminiumdraht ( $d$ ) mit den Enden geschlungen, nachdem sein mittlerer Teil zu einer horizontalen Locke von 3 bis 4 Windungen gewickelt worden. Durch diese wird ein Strohhalm gesteckt, der am dünnen Ende mit einem Papierzeiger versehen und am kürzeren Ende durch einen aufgeschobenen Kork ins Gleichgewicht gebracht ist. (Besser, aber kostspieliger und nicht überall zu beschaffen, ist ein dünnwandiges Aluminiumrohr von 2 bis 3 mm Dicke.) Da dieser Zeiger um den Neusilberdraht gedreht werden kann, lässt sich der etwa 25 cm lange Zeiger immer so stellen, dass er über der Teilung ( $S$  bei A Fig. 2) spielt, die auf einem gekrümmten Zinklech, das aussen mit Papier beklebt worden, aufgetragen ist und den Zuschauern zu-

gekehrt wird. Der kurze Ständer, welcher die Skala<sup>3)</sup> trägt, kann auf einen Schlitten gesetzt oder auf einem besonderen Brettchen befestigt und seitwärts aufgestellt werden. Der Schlitten mit dem Drahtrahmen wird von der anderen Seite herangeschoben und der Multiplikator ist fertig! Bequem ist es, wenn man mehrere Schlitten mit verschiedenen Drahtrahmen (1, 5, 25 Windungen) vorrätig hat, um die Wirkung der vermehrten Windungszahl demonstrieren zu können. Bei der (in A Fig. 2) angegebenen Form des Magnets kann

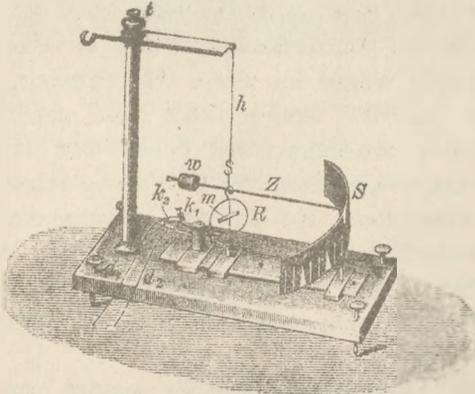


Fig. 2 A.

dieser sehr kurz genommen werden, z. B. 3 cm von einer Biegung zur andern, sodass ein Drahtrahmen von 20 cm Durchmesser die Wirkungsweise der Tangens-Busssole zu demonstrieren gestattet. Gute

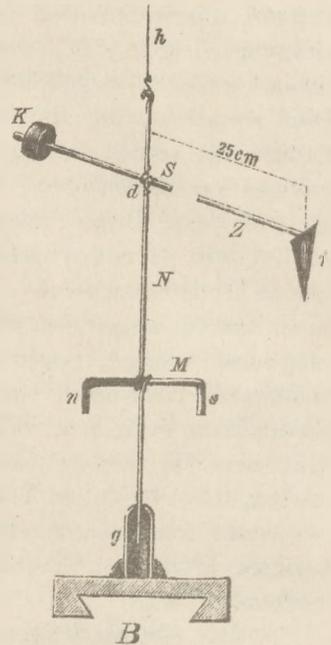


Fig. 2 B.

Magnete für diesen Zweck erhielt ich aus stärksten Klaviersaiten, die kalt gebogen werden können und nach dem Härten sich stark magnetisieren lassen. (Auch dünne zerbrochene Tangenten-Speichen von Fahrrädern sind sehr brauchbar.)

Rückt man den 20 cm-Ring so weit ab, dass sein Abstand von der Drehungsaxe der Magnetnadel 5 cm (d. h.  $\frac{1}{4}$  des Ringdurchmessers) beträgt, so hat man ein sehr brauchbares Modell einer Tangenten-Busssole nach HELMHOLTZ-GAUGAIN, und kann direkt eine Tangenten-Skala auf dem Schirm anbringen und zur Messung der Stromstärke verwenden.

### 3. Das Gestell als empfindliches Galvanometer mit astatischer Nadel und Kupfer-Dämpfung.

Als astatische Nadel (B Fig. 3) benutze ich eine vereinfachte HEMPEL'sche (d. Zeitschr. 1 165). Anstatt die Magnete zu verlöten, wie HEMPEL empfiehlt, feile ich, nach dem Biegen, an 3 Stellen der inneren Seite eine feine Rinne ein und mache die später zusammenstossenden Seiten eben. Der Neusilberdraht ist, soweit er zwischen die Magnetstäbchen zu stehen kommt, flach gehämmert und glatt gefeilt und mit den magnetischen Stäbchen mittelst feinen Kupferdrahtes zusammengeschnürt (der in die ausgefeilten Rinnen zu liegen kommt). Die untere Verlängerung des Neusilberdrahtes taucht auch hier in ein Glasröhrchen mit verengerter Öffnung, um seitliche Schwankungen zu verhindern. — Nachdem die Stellung der astatischen Nadel über dem Röhrchen bei angelegtem Strohhalm-Zeiger (A Fig. 3)

<sup>3)</sup> Als Skala kann hier einfach eine Centimeterteilung auf Papier dienen, wo die Teilpunkte 0, 3, 9 u. s. w. mit roten, die übrigen mit schwarzen Dreiecken markiert sind. Noch zweckmässiger ist natürlich eine Aichungsskala, wenigstens für das Modell der Tangenten-Busssole.

reguliert worden, schiebt man die Schlitten mit den beiden Doppelrahmen<sup>4)</sup> heran, die mit je 50 Windungen Kupferdraht von 1 mm Stärke versehen sind (also 200 in Ganzen). Da bei der Anwendung der astatischen Nadel der Strom in den beiden oberen Rahmen in umgekehrtem Sinne kreisen muss, wie in den unteren, so ist zur leichteren Orientierung bei jeder Drahtrolle dasjenige Ende, durch welches der Strom eintreten soll, rot bewickelt. Mit Hilfe einiger kleiner vernickelter Pressklemmen lassen sich die Drähte, an welche passend geformte vernickelte Blechstreifen gelötet sind, bequem unter einander oder mit den beiden Doppel-

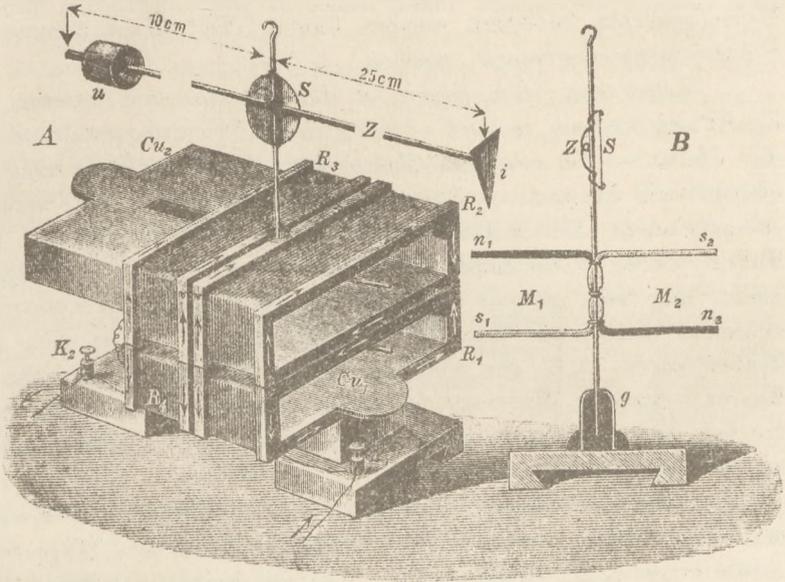


Fig. 3 A.

Fig. 3 B.

pressklemmen der Schlitten verbinden. (In Fig. 3, A sind  $k_1$  und  $k_2$  leider als gewöhnliche Schraubeklemmen gezeichnet). Um den Rollenwiderstand einigermaßen dem der Stromquelle anzupassen, kann man die 4 Rollen verschieden schalten. Es sei der Widerstand jeder einzelnen Rolle =  $w$ , so ergibt sich: I. Alle vier Rollen hintereinander geschaltet (Widerstand =  $4w$ ); II. Das obere Rollenpaar dem unteren parallel (Widerstand =  $2w/2 = w$ ); III. Alle vier Rollen parallel (Widerstand =  $w/4$ ). Letztere Schaltungsweise ist bei einem Thermo-Element oder einer Induktionsrolle von kleinem Widerstande besonders wirksam.

In die obere und die untere Höhlung der Rahmen wird je eine Hülse aus ca. 4 mm dickem Kupferblech ( $Cu_1, Cu_2$  Fig. 3) geschoben, welche mit Schlitzfen versehen und deren Länge gleich der doppelten Breite der Einzelrahmen ist. Noch wirksamer sind — nach einem Versuch des Präzisionsmechanikers G. LORENZ (O. HAASE) in Chemnitz — Rahmen, welche aus dickem elektrolytischen Kupfer ausgefräst, mit Ebonit-Seitenwänden versehen und direkt bewickelt sind. Die hierdurch erzielte Kupferdämpfung ist genügend stark, um die Nadel fast ohne Schwingungen zum Einstellen zu bringen. Da beide Hälften der astatischen Nadel vom Strome ganz umkreist werden, so ist die Empfindlichkeit dieses Gal-

<sup>4)</sup> Die Rahmen lassen sich in folgender Weise leicht herstellen: Ein glattes Holzbrett mit abgerundeten Längskanten ( $20 \times 8 \times 1,5$  cm) wird zuerst mit einer Lage dünnen Stanniols belegt und dann ein 16–17 cm breiter Streifen von dünnem, festem Karton herumgewickelt (3–4 Lagen) und festgeleimt (das Stanniol verhindert das Haften am Brett). Nach dem Trocknen schiebt man die aus festem Holz mit der Laubsäge ausgesägten Seitenbretter auf, leimt sie an der richtigen Stelle fest und schneidet den Karton an der äusseren Fläche der Seitenbretchen glatt ab. Das Aufwickeln des umspannenen Drahtes geschieht am besten, wenn der Rahmen auf das Brett geschoben ist. An die Seitenbretchen der unteren Rahmen wird in der Mitte ein rechtwinklig gebogenes Stück Messingblech festgeschraubt, welches nachher an das Klötzchen des Schlittens mit Holzschrauben befestigt wird.

vanometers verhältnismässig sehr gross und genügt zum Nachweis thermo-elektrischer Ströme oder der magnet-elektrischen Induktion nach SZYMAŃSKI (d. Zeitschr. VII. 10). Die Empfindlichkeit kann noch gesteigert werden, wenn man statt des Zeigers einen leichten Spiegel (S Fig. 3) anbringt. Einen solchen liefert ein versilbertes Deckgläschen für mikroskopische Präparate, das mit weichem Wachs an dem Neusilberdraht befestigt werden kann. (Für diese feineren Versuche muss ein Schutzkasten angewandt werden.)

Lässt man den Strom in den oberen und unteren Rollen in gleicher Richtung kreisen, so darf — bei gleicher Windungszahl und gleichem Widerstande der Rollen — die astatische Nadel keinen Ausschlag zeigen. Schaltet man die oberen und die unteren Rollenpaare parallel (s. o. II.), so lässt sich leicht durch entsprechende Einschaltung eines feinen Neusilberdrahtes (zwischen den beiden Rollen, deren Widerstand kleiner ist) der Ausschlag = 0 erzielen. Nun kann man leicht eine sehr genaue und bequeme Widerstandsmessung in der Weise vornehmen, dass man den zu bestimmenden Draht in den Stromkreis des einen Rollenpaares, z. B. des oberen, einschaltet und in den Stromkreis der anderen Rollen bekannte Widerstände zufügt, bis die Nadel wieder auf Null steht. Da hierbei derselbe Strom gleichzeitig durch beide Leiterzweige fliesst, so ist kein constantes Element erforderlich.

Oft ist die geringe Richtkraft der astatischen Nadel unbequem. Dann kann man eine Nadel mit zwei gleichgerichtet parallelen Magnetnadeln anwenden und erhält einen recht empfindlichen Multiplikator mit Kupferdämpfung. (Natürlich muss die Stromrichtung hierbei in allen 4 Rollen die gleiche sein.)

Ist auch das beschriebene „Universalgestell“ recht primitiv, so genügt es doch für den Schulgebrauch vollständig und kann bei einiger Sorgfalt vom Lehrer selbst mit geringen Unkosten hergestellt werden.

Die Mechaniker G. LORENZ und MAX KOHL in Chemnitz, FERDINAND ERNECKE in Berlin und O. RICHTER in St. Petersburg liefern das Universalgestell vollständig in eleganter Ausstattung (mit 1 Schutzkasten und 1 Aufbewahrungskasten) für Mark 135,—, und zwar a) das Gestell allein Mark 25,—; b) Teile zum Ampèreschen Gestell Mark 30,—; c) Teile zum Modell eines Multiplikators und einer Tangensbussole Mark 32,—; d) Teile zum empfindlichen Galvanometer Mark 36,—. (Die Extra-Doppelnadel wird mit Mark 8,— berechnet.)

---

## Hermann von Helmholtz.

### Ein Gedenkwort.

Am 8. September 1894 ist HERMANN VON HELMHOLTZ gestorben, nachdem er eben sein vierundsiebzigstes Lebensjahr angetreten hatte. Der äussere Gang seines Lebens ist den Lesern dieser Zeitschrift nicht fremd, ebenso wenig die fast unübersehbare Menge hervorragender Leistungen, die ihm die Unsterblichkeit sichern. Auch ziemt es uns nicht, eine Würdigung dessen zu wagen, was seine Lebensarbeit für die Wissenschaft und deren weitere Entwicklung bedeutet. Wir empfinden es gleichwohl als eine Pflicht, des grossen Todten an dieser Stelle zu gedenken, indem wir den Versuch machen, uns die Eigenart seines Schaffens und seiner Persönlichkeit zu verdeutlichen.

Wiederholt hat sich HELMHOLTZ über Aufgabe und Ziel der Naturforschung ausgesprochen. Schon in dem Aufsatz über die Erhaltung der Kraft vom Jahre 1847 heisst es, die Wissenschaft, deren Zweck es sei, die Natur zu begreifen, müsse von der Vor-

aussetzung ihrer Begreiflichkeit ausgehen. „Begrreifen aber heisst Begriffe bilden.“ „Der allgemeine Begriff, unter dem sich eine Reihe von gleichartig ablaufenden Naturvorgängen zusammenfassen lässt, ist das Gesetz der Erscheinungen.“ Seinem eigenen Geständnis nach war bei HELMHOLTZ der Trieb, die Wirklichkeit durch den Begriff zu beherrschen, in leidenschaftlicher Stärke entwickelt. Die Intensität dieses Triebes war Schuld, dass er keine Ruhe bei scheinbaren Auflösungen eines Problems fand, so lange er darin noch dunkle Punkte fühlte. Dieser Trieb entspricht dem, was sonst wohl als Causalitätstrieb bezeichnet worden ist. Aber es ist bedeutsam für den strengen Wirklichkeitscharakter seines Denkens, dass HELMHOLTZ den Begriff der Ursache in dem gewöhnlichen Sinne des Worts immer mehr aus seinem Gedankenkreise zurückdrängte. Er traf darin mit seinem grossen Forschungsgenossen GUSTAV KIRCHHOFF zusammen, der in der Grundlegung seiner Mechanik den herkömmlichen Begriff der Naturerklärung völlig durch den der Beschreibung ersetzte. Nicht mehr um die Entdeckung des ursächlichen Zusammenhangs der Erscheinungen handelte es sich für HELMHOLTZ, sondern um das Gesetz, nach dem sich der Wandel der Energieformen in fast unübersehbarer Mannigfaltigkeit vollzieht. Er selber hat stets neidlos anerkannt, dass ROBERT MAYER dieses Gesetz vor ihm aufgestellt hat. In dem Streben aber, dies Gesetz in seiner allumfassenden Geltung immer vollkommener zu verstehen, drang er, den kühnsten Eroberern der Geschichte vergleichbar, von Problem zu Problem, und von Lösung zu Lösung, bis in entlegene Höhen des Forschens, wohin ihm nur wenige congeniale Geister noch zu folgen vermochten.

Das Zaubermittel, durch das allein die scharfe und genaue Fassung eines Naturgesetzes möglich ist, die mathematische Analysis, verstand HELMHOLTZ mit einer Kunst zu handhaben, die um so bewundernswerter ist, als er zumeist abseits von den Methoden, die die Mathematik bereits erschlossen, sich als Autodidakt seine eigenen Wege bahnte. Dadurch vermochte er dem Gesetz der Kräfteerhaltung eine so klare und bestimmte Form zu geben, dass es als Grundlage für alle weitere physikalische Forschung dienen konnte. Und wohin sich späterhin sein nie rastender Erkenntnistrieb wandte, zu den Problemen der Nervenphysiologie, der Optik, Akustik und Elektrizitätslehre, zu den chemischen Erscheinungen wie zu den Vorgängen im Luftmeer, überallhin brachte er mit der Kraft seines mathematisch strengen Denkens Licht und Ordnung. Dabei gelang ihm, nach seinem eigenen Zeugnis, die Lösung der schwierigsten Probleme „fast immer nur durch allmählich wachsende Generalisationen von günstigen Beispielen“. Hierin ist das Geheimnis der Helmholtzischen Forschungsmethode enthalten. Ja es möchte fast scheinen, als ob für die rein analytische Forschungsmethode in seinen Leistungen einstweilen ein Höhepunkt erreicht wäre, wenn man sieht, dass gleichzeitig die hervorragendsten Forscher der neueren Zeit, MAXWELL, LORD KELVIN, HEINRICH HERTZ statt dessen die Einführung hypothetischer, der Erfahrung unzugänglicher Analogieen vorziehen. HELMHOLTZ hat in seinem Nachruf auf HERTZ diese neuere Forschungsart gekennzeichnet, und ohne sie abzulehnen, doch seinerseits erklärt, bei der allgemeinsten Darstellung der Thatsachen und ihrer Gesetze, wie sie seiner bisherigen Forschung entsprach, stehen bleiben zu wollen.

Die Erfahrungsthatfachen begrifflich zu bewältigen hatte HELMHOLTZ sich zur Aufgabe gemacht. Eine Seite des gesamten geistigen Bereichs wird hierdurch umfasst. Aber doch nur eine. Ihr steht eine andere gegenüber, die auf dem Vermögen beruht, sich der Thatsachen des äusseren wie des inneren Lebens intuitiv zu bemächtigen. Jenes ist die wissenschaftliche, dieses die künstlerische Hemisphäre des geistigen Lebens der Menschheit. HELMHOLTZ war auch in dieser anderen Hemisphäre kein Fremdling. Ja man darf sagen, er war seiner Anlage nach eine künstlerische Natur. Er weiss dem Maler die verborgenen Motive seines Schaffens, dem Musiker die Grundlagen des ästhetischen Wohlgefallens zu deuten; er wird den nur vom dichterischen Standpunkt aus ganz zu würdigenden naturwissenschaftlichen Arbeiten GOETHES gerecht und erkennt in den tiefstinnigsten Äusserungen Goethischer Poesie die Symbole seiner eigenen Naturauffassung; seine Vorträge und Reden tragen in ihrer vollendeten Form und krystallinen

Durchsichtigkeit des Stils den Stempel künstlerischen Geistes. Aber mehr als das: „Etwas vom Schauen des Dichters muss auch der Forscher in sich tragen“ — so hat HELMHOLTZ selbst bei der Jubelfeier der Heidelberger Universität sich geäußert. Die schöpferische Tätigkeit des wissenschaftlichen Geistes wurzelt in derselben Sphäre des Unbewussten, wie die künstlerische. Die Werke des Genius, welcher Art er auch sei, entspringen aus einem Gefühl von den Dingen und ihren Zusammenhängen, das auch da sicher leitet, wo der begreifende Verstand noch nicht eindringen kann. HELMHOLTZ erzählt von sich, er habe eine Art mechanischer Anschauung in sich entwickelt, er habe gleichsam gefühlt, wie sich die Drucke und Züge in einer mechanischen Vorrichtung verteilen. Aus einem ähnlichen Gefühl allgemeinerer Art erklärt sich auch seine erstaunliche Fähigkeit, stets Probleme auszuwählen, die wenigstens bis zu einem gewissen Grade der Lösung zugänglich waren. Auch die glückliche Wahl der Aufgaben ist eine Gabe des Genius. Man hat HELMHOLTZ, um ihn zu ehren, in eine Reihe mit grossen Männern der Vergangenheit gestellt, die sich durch die Breite des Wissens auszeichneten. Zutreffender vielleicht wäre er neben dem Manne zu nennen, der wie kein anderer die wissenschaftliche und die künstlerische Seite der menschlichen Natur in seinem Schaffen vereinigte: neben LIONARDO DA VINCI. HELMHOLTZ ist die Verkörperung des naturwissenschaftlichen Zeitalters, und zugleich eine der seltenen Verwirklichungen des Ideals harmonischer und dabei schöpferischer menschlicher Geistesbildung. —

Was HELMHOLTZ für den Physikunterricht an unseren Schulen bedeutet, das zeigt schon ein Blick in unsere Lehrbücher, die in allen Abschnitten die Wirkung seines Schaffens erkennen lassen. Die oberste Stelle nimmt, um nur dies eine zu erwähnen, das Energieprinzip ein. Man ist soweit gegangen zu fordern, dass alle physikalischen Erscheinungen nicht bloß unter dem Gesichtspunkte dieses Prinzips zu betrachten, sondern aus ihm zu deducieren seien. Aber dies würde dem Geiste HELMHOLTZENS durchaus widersprechen, der „durch allmählich wachsende Generalisationen“ zu der Lösung der schwersten Probleme hinaufstieg. Es muss an dieser Stelle auch seiner Teilnahme an der denkwürdigen Berliner Schulconferenz von 1891 gedacht werden (vgl. diese Zeitschr. IV 261). In Übereinstimmung mit seinen damaligen Ausführungen machte HELMHOLTZ später bei festlichem Anlass die Bemerkung: „Ich habe nie eine Untersuchung für fertig gehalten, ehe sie vollständig und ohne logische Lücken schriftlich formuliert vor mir lag.“ Auch dieses Bedürfnis, die Ergebnisse seines Denkens in eine für andere völlig verständliche Form der Mitteilung zu bringen, deutet auf das künstlerische Element in seiner Natur hin. Wir erkennen in diesem Bedürfnis das Grundmotiv seiner bedeutsamen Rede auf der Schulconferenz, die in der Forderung vermehrter Übungen in der schriftlichen Behandlung wissenschaftlicher Gegenstände gipfelte. Dass in dem universalen Bereich des Helmholtzischen Geistes auch der physikalische Unterricht seinen bescheidenen Platz erhalten hat, darf uns mit Stolz und Freude erfüllen. Dieser Unterricht wird seine Aufgabe, an dem Ideal harmonischer Menschenbildung mitzuarbeiten, in immer vollere Maasse erfüllen, je mehr der Helmholtzische Geist in ihm zur Anerkennung und zur Wirkung gelangt.

P.

## Über singende und empfindliche Flammen.

Von

Professor Friedrich Brandstätter in Pilsen.

An singenden Flammen kann man zuweilen höchst merkwürdige Formen wahrnehmen, welche durch schnelle Rotation der Flammenteilchen um die Flammenachse entstanden zu sein scheinen.

Die singende Gasflamme wird in folgender Weise hervorgebracht. An einem Stative wird ein 120 cm langes und  $3\frac{1}{2}$  cm weites Glasrohr in lotrechter Lage befestigt. In dieses Glasrohr wird ein mit Gas- und Luftregulierungshahn versehener Gasbrenner, dessen Brennröhr mit einer 26 cm langen und 9 bis 10 mm weiten Glasröhre versehen

ist, derart eingeschoben, dass die an der eben erwähnten Glasröhre angezündete, bis auf etwa 1 cm Länge reducierte Gasflamme sich 20 cm über der unteren Mündung des weiten Glasrohres und zwar genau in der Mitte desselben befindet. Sobald nun die Flamme durch weiteres Aufdrehen des Hahnes langsam vergrößert wird, beginnt sie anfangs leise, später stärker zu tönen. Sie nimmt dabei in dem Maasse, als sie grösser wird, die Formen an, welche in Figur 1 bis 4 dargestellt sind. Auf einem bläulichen Postamente *a* erhebt sich ein langgezogener, ebenfalls bläulicher Kegel *b*, der, je länger er mit dem Aufdrehen des Gashahnes wird, desto mehr quergestelltte linsenförmige Wülste *c* von mehr rotvioletter Farbe zeigt. Der Ton der Flamme wird dabei immer höher. Das ganze Rotationsgebilde ist von einem sehr lichtschwachen Saume *d* umhüllt, der dem Schleier an der Kerzenflamme entspricht.

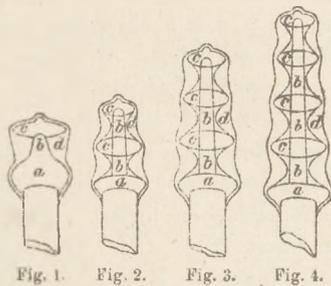


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Noch zierlicher und merkwürdiger wird die tönende Flamme, wenn man auf den Brenner statt der 10 mm weiten Glasröhre eine solche von nur 6 mm innerem Durchmesser aufgesetzt hat. Die Flamme nimmt auch hier anfänglich die Form der Figur 1 an, entwickelt sich jedoch allmählich zu einem überaus merkwürdigen Gebilde, das in Figur 5 dargestellt ist. Auf dem nicht leuchtenden, bläulichen, seitlich eingeschnürten, über den Rand der Glasröhre übergreifenden Postamente *a* erhebt sich ein leuchtender Stiel *b*, der eine leuchtende Glocke *c* trägt, die um den Stiel in sehr rascher Rotation begriffen zu sein scheint. Das ganze Gebilde ist auch hier von einem lichtschwachen Saume *d* umgeben. Wird die Flamme etwas grösser gemacht, so spitzt sich (Fig. 6) die Glocke zu, später scheinen zwei über einander gestülpte Glocken um den Stiel zu rotieren, was Figur 7 andeutet, und endlich nimmt das Gebilde die in Figur 8 dargestellte Form an.

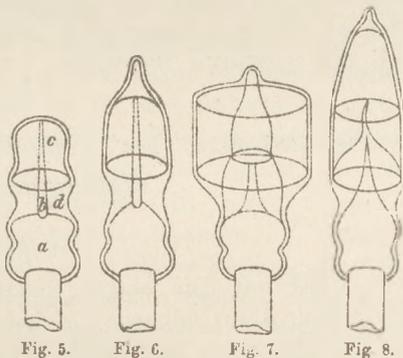


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

Eine zwar nicht tönende, dafür aber höchst empfindliche, weil frei in der Luft schwebende Flamme hat der Verfasser in folgender Weise hervorgebracht. Um seinen Schülern das Prinzip der Erzeugung des sogenannten Luftgases, d. h. eines mit Kohlenwasserstoffdämpfen gesättigten Luftstromes, der für Leuchtgasflammen Verwendung finden kann, vorzuführen,

wurde ein U-förmig gebogenes, etwas weiteres Glasrohr (Chlorcalcium-Rohr), *a* in Figur 9, mit Baumwolle gefüllt und diese mit einem Gemisch von gleichen Teilen Äther und Benzol (Carburierungsflüssigkeit) getränkt. Der eine Stopfen *b* ist mit einem kurzen, geraden Glasrohr versehen, an dessen oberer, etwas ver-



Fig. 9.

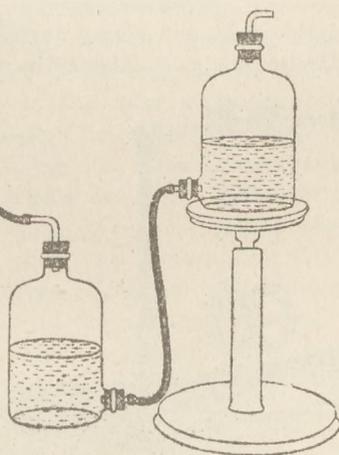


Fig. 10.

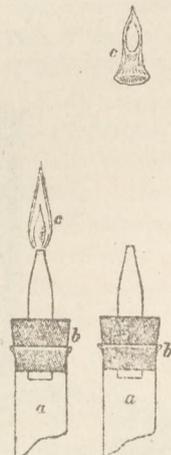


Fig. 11. Fig. 12.

jüngster Mündung mittels Kautschuckschlauches ein Schmetterlingsbrenneransatz aus Speckstein befestigt wird. Der zweite Stopfen trägt ein Hahnrohr *c*, das mit einem Luftzuführenden Apparate

Fig. 10 (Aspirator, Blasebalg, Wasserstrahlgebläse u. dgl.) verbunden wird. Lässt man nun bei entsprechend geöffnetem Hahn einen Luftstrom die Baumwolle in *a* passieren, so sättigt er sich mit den Dämpfen der Carburierungsflüssigkeit und kann ohne jede Gefahr am Ende von *b* entzündet werden, wobei er eine schöne Leuchtgasflamme von bedeutender Helligkeit liefert. Wird der Schmetterlingsansatzbrenner entfernt, so erhält man bei nur wenig geöffnetem Hahne ein kleines, leuchtendes Spitzflämmchen (*c* in Fig. 11). Dieses wird nun bei sehr langsamem und vorsichtigem Öffnen des Hahnes immer grösser und wenig leuchtender, bis es sich endlich von der Mündung des Röhrchens abhebt, in die Höhe steigt und in einer Entfernung von 5 bis 10 cm — oft noch höher — frei in der Luft schweben bleibt, wobei der Flammenmantel die Gestalt einer zugespitzten Glocke annimmt (Fig. 12). Diese Flamme erweist sich nun als höchst empfindlich. Nur bei vollständigster Ruhe im Saale schwebt sie regungslos über der Röhrenmündung. Schon beim Sprechen, selbst gedämpftem, zuckt sie bei jeder Silbe zusammen und dies um so stärker, je nachdrücklicher der betreffende Silbenvocal betont wird. Die leiseste Berührung des Tisches, auf dem der Apparat steht, bewirkt eine heftig zuckende Bewegung, und jede Lufterschütterung, möge sie selbst im Nebenzimmer etwa durch einen Pfiff, Peitschenknall oder durch Singen hervorgebracht sein, wird durch diese schwebende Flamme sehr scharf angezeigt. Etwas stärkere Erschütterungen bringen sie selbstverständlich zum sofortigen Erlöschen.

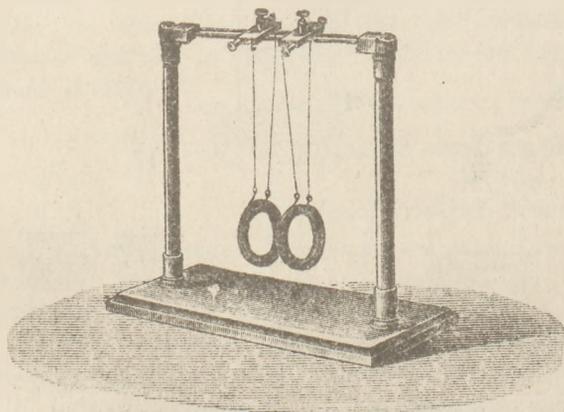
### Schulapparat zur Demonstration einiger elektrodynamischer und elektromagnetischer Erscheinungen.

Von

Prof. Guido Ritter v. Alth in Wien.

Der mit dem obigen Namen bezeichnete Apparat ist eine Art Universalapparat, indem man damit folgende Erscheinungen zeigen kann: Die Anziehung gleichgerichteter und die Abstossung entgegengesetzt gerichteter paralleler Ströme, die Anziehung oder Abstossung eines Stromsolenoides durch einen Magneten, die Volta- und Magnetoinduktion, die Bildung von Kraftlinien um einen Stromleiter. Ausserdem kann der Apparat noch als Kupfervoltmeter, Flüssigkeitsreostat oder galvanoplastischer Apparat benutzt werden oder auch als bequemes Gestell für Glühversuche, Geisslersche Röhren etc. dienen. Die Anschaffungskosten sind infolge der einfachen Konstruktion gering. Dieser Umstand sowie die vielseitige Verwendbarkeit dürften den Apparat auch für minder gut dotierte Anstalten empfehlenswert erscheinen lassen.

Der Apparat besteht aus einem ungefähr 25 cm langen und 14 cm breiten Fussbrett, an dessen Breitseiten zwei Glassäulen von etwa 25 cm Höhe befestigt sind. (Die Dimensionen sind für die Versuche selbst nicht von Belang). Die Säulen tragen Ebonitköpfe, in welchen zwei dünne Metallstangen horizontal und parallel nebeneinander in einem Abstände von beiläufig 2 cm befestigt sind, so dass sie eine Brücke zwischen den beiden Glassäulen bilden. Die Metallstangen dienen zwei Schiebern aus Ebonit zur Führung. Diese sind beiderseits mit Metallbelegungen versehen, an welchen je eine Klemmschraube und ein Metallhäkchen angebracht sind. Ausserdem ist auf die Mitte jedes Schiebers eine



Klemmschraube mit doppelter Bohrung aufgesetzt. Zu dem Apparate gehören ferner zwei

flach gewickelte Drahtspiralen aus dünnem, umsponnenen Kupferdraht von 0,5 mm Dicke, deren freie Drahtenden in kleine Ringe auslaufen, so dass sie leicht in die Metallhäkchen eingehängt werden können.

Hängt man nun die Drahtspiralen so ein, dass sie der Quere nach parallel und knapp nebeneinander hängen, so kann man den Apparat wie den von BUFF angegebenen (*Müller-Pouillet's Physik, III, Fig. 706*) benutzen; jedoch reicht hier der Strom eines Bunsen-Elementes vollkommen aus, um die Anziehung gleichgerichteter oder die Abstossung entgegengesetzt gerichteter paralleler Ströme in weithin sichtbarer Weise zu zeigen. (Bei der Abstossung bringt man die Spiralen bis zur Berührung, bei der Anziehung entfernt man sie auf 1–3 cm). Die BUFF'schen Apparate erfordern sonst gewöhnlich stärkere Stromquellen und sind in Anbetracht ihrer ganz einseitigen Verwendbarkeit unverhältnissmässig teuer. — Ersetzt man eine der Spiralen durch eine aus dickere Draht verfertigte, so kann man selbstverständlich auch leicht die Erscheinungen der Voltainduktion mit dem Apparate demonstrieren. — Um die elektromagnetischen Versuche zu machen, hängt man eine Spirale aus und hängt die andere in beide Schieber so ein, dass sie in die durch die Glassäulen gegebene Ebene fällt. Man kann dann bequem einen Magneten bis zur Indifferenzzone in die Öffnung der Spirale einschieben und so die Magnetoinduktionsströme an einem Galvanometer nachweisen. Schickt man ferner durch die Spirale in dieser Stellung den Strom des Bunsenelementes hindurch und nähert nun der Spirale einen Magnetpol, so ist eine lebhaftere Anziehung oder Abstossung je nach Beschaffenheit des Poles oder der Richtung des Stromes zu beobachten. Hält man den Pol senkrecht gegen die Öffnung der Spirale, so schiebt sich dieselbe bei entsprechender Stromrichtung im Momente des Stromschlusses mit Vehemenz über den Pol. (Ich erinnere dabei an das häufiger demonstrierte Gegenstück des Hineinziehens eines Magneten in eine Stromspule). — In dieser Stellung der Spirale lassen sich auch sehr deutlich und blos unter Zuhilfenahme des Stromes eines Bunsen-Elementes die Kraftlinien um einen Stromleiter zeigen. Man schneidet zu dem Zwecke zwei rechteckige Stücke aus glattem Carton an den Längsseiten so ein, dass die Spirale, wenn man die Ausschnitte zusammenlegt, gerade noch durch dieselben hindurchgeht und somit ringsum von Carton umschlossen ist; die Cartonblätter unterstützt man durch entsprechende Unterlagen oder befestigt sie in einem Rahmen. Infolge der vervielfachten Stromwirkung bilden sich die Kraftlinien beim Aufstreuen feiner Eisenfeilspäne recht deutlich aus. — Benützt man ferner eine der Spiralen in der ursprünglich erwähnten Querstellung, so lässt sich auch zeigen, dass sie sich beim Stromdurchgange wie eine magnetische Doppelfläche verhält, also bei Annäherung eines Magnetpoles auf der einen Seite angezogen, auf der anderen Seite aber abgestossen wird. Endlich lässt sich der Apparat nach Entfernung beider Spiralen leicht zu einem Kupfervoltmeter, Flüssigkeitsrheostaten oder galvanoplastischen Apparat umgestalten, indem man die oben erwähnten mittleren Klemmen zum Einhängen der Elektroden benützt und die Wanne zwischen die Glassäulen stellt. Von Vorteil ist dabei die leichte Verschiebbarkeit der Elektroden mit Hilfe der Schieber. Um die Distanz derselben bestimmen zu können, ist an einer der Führungsstangen eine Centimetertheilung eingeritzt. Dieser Umstand ist auch von Vorteil bei Glühversuchen. Bei diesen spannt man den Draht in die oberen Öffnungen der mittleren Klemmschrauben ein und schaltet die Stromzuführungsdrähte in die unteren Öffnungen derselben ein. Um Geissler'sche Röhren einzuhängen, kann man die Metallhäkchen verwenden; die daneben befindlichen Klemmen dienen dann für die Stromzuleitung.

Dass man das Gestell auch noch zu anderen Zwecken z. B. zum Einhängen elektrischer Pendel, zum Befestigen von Glühlampen u. s. f. ausnützen kann, ist nun leicht ersichtlich. Es muss nur noch bemerkt werden, dass es sich nicht empfiehlt, zu starke Ströme durch die Spiralen hindurchzuschicken, da dieselben sonst zu warm werden und sich leicht deformieren.

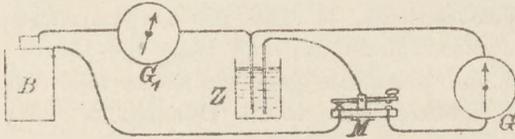
Den ersten dieser Apparate haben mir in vollkommen entsprechender Weise die Mechaniker BAUMANN und SCHMAUSS (J. Eiss' Nachfolger) in Wien (VI. Stumporgasse 10) für den Preis von 13 fl geliefert.

### Kleine Mitteilungen.

#### Die Anwendung des Morsetasters zu Versuchen über die galvanische Polarisation.<sup>1)</sup>

Von Friedrich C. G. Müller in Brandenburg a. H.

Bereits Ostern 1887 habe ich in meiner Abhandlung zum Programm des v. Saldernschen Realgymnasiums zu Brandenburg die Verwendung des Morsetasters bei Versuchen über Secundärströme empfohlen. Da jene ebenso einfache wie zweckdienliche Versuchsanordnung offenbar nicht überall bekannt geworden, möchte ich an dieser Stelle nochmals darauf hinweisen. In der beistehenden Figur bedeutet *B* den primären Stromerzeuger, *Z* die Zersetzungszelle, *M* den Morsetaster, *G* das den Polarisationsstrom anzeigende Galvanometer. Zu den Hauptversuchen dient als Zelle ein möglichst grossplattiges Knallgasvoltmeter. Hinterher können Zellen mit anderen Elektroden,

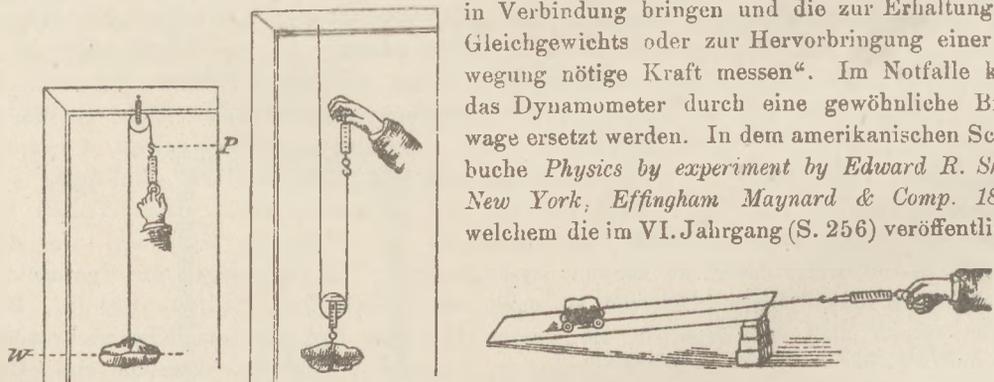


namentlich mit Bleiplatten in verdünnter Schwefelsäure verwandt werden. Wie man sieht, wird bei Rubestellung des Schlüssels die Zelle vom Batteriestrom durchflossen, beim Niederdrücken aber unter Ausschaltung des Stroms mit dem Galvanometer verbunden. Wenn man schnell mit dem Schlüssel klopft, giebt der Secundärstrom dauernde Ausschläge. Der Erfolg bleibt auch bei einem Daniell als Primärelement nicht aus, obwohl Wasserzersetzung an Platinplatten nicht sichtbar wird. Dabei ist es lehrreich, auch in den Primärstromkreis ein Galvanometer *G*<sub>1</sub> zu schalten. Dasselbe wird bei einem Daniell in der Rubestellung des Schlüssels keinen Strom anzeigen, wohl aber bei schnellem Klopfen. Die Galvanometer brauchen nur wenige Windungen zu haben und können leicht improvisiert werden.

#### Die Briefwage als Dynamometer.

Von Dr. J. Kraus in Wien.

Im 5. Hefte des VII. Jahrgangs S. 234 macht Herr Prof. Hans Hartl (Reichenberg) die Bemerkung: „man könne einfache oder zusammengesetzte Maschinen mit dem Dynamometer in Verbindung bringen und die zur Erhaltung des Gleichgewichts oder zur Hervorbringung einer Bewegung nötige Kraft messen“. Im Notfalle kann das Dynamometer durch eine gewöhnliche Briefwage ersetzt werden. In dem amerikanischen Schulbuche *Physics by experiment by Edward R. Shaw, New York, Effingham Maynard & Comp. 1892*, welchem die im VI. Jahrgang (S. 256) veröffentlichte



kleine Mitteilung über das Telephon entnommen war, findet sich diese Verwendung der gewöhnlichen Federwage zur Ableitung aller Gesetze an einfachen Maschinen. Die beigegebenen Zeichnungen erläutern die Art und Weise der Anwendung besser, als dies Worte zu thun vermögen.

<sup>1)</sup> Eine ähnliche Anordnung ist auch von L. Lechner in dieser Zeitschrift I 212 (Juni 1888) angegeben worden. D. Red.

## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Neue Isolatoren.** 1) Der Nichtleiter von ELIHU THOMSON besteht aus dünnen Papierblättern, welche mit einer Mischung von Kaolin und Natriumsilicat durchdrängt, aufeinander gepresst und getrocknet worden sind. Er ist biegsam, zähe und ersetzt mit Vorteil den Glimmer. (*La Lum. El. LI 232, 1894.*)

2) In der Sitzung der Société Française de Physique legte am 19. Januar 1894 Herr HURMUZESCU eine Anzahl von Apparaten für elektrostatische Versuche vor, bei welchen ein ebenfalls neuer Nichtleiter, Dielektrin, verwendet worden war. Dieser Stoff ist eine Mischung aus Paraffin und Schwefel, welche härter und weniger schmelzbar als Paraffin und weniger zerbrechlich und hygroskopisch als Schwefel ist und besser isoliert als beide. Auf der Drehbank und mit der Feile lässt sich das Dielektrin leicht bearbeiten. Herr Hurmuzescu hat es unter anderem zur Herstellung eines Elektrophors (Fig. 1) und eines Elektroskops (Fig. 2) benutzt.

Der aus Dielektrin hergestellte Kuchen *K* des Elektrophors liegt in einem Metallcylinder *M* von 20 cm Durchmesser und 2,5 cm Höhe und ragt 0,5 cm aus dem Cylinder

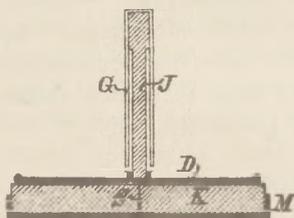


Fig. 1.

hervor. Der Deckel *D*, welcher aus Aluminium angefertigt ist, wird mittels einer Metallspitze *S* geladen, welche in der Mitte des Cylinderbodens angelötet ist. Der Griff des Deckels besteht aus einem Dielektrinkern *J*, der von einem Glasmantel *G* umgeben ist, welcher dem Kern nur am oberen Ende fest anliegt, sonst aber 2 mm von ihm absteht. Dieser Elektrophor, welcher die Ladung lange Zeit hält,

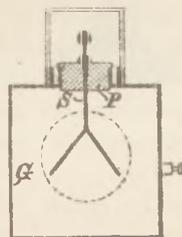
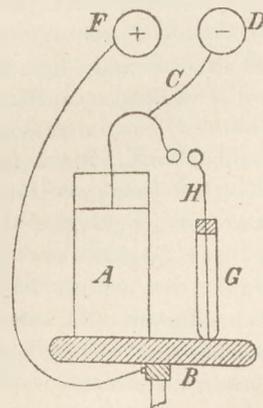


Fig. 2.

arbeitet selbst bei feuchtem Wetter gut. Berührt man den Kuchen mit einem Katzenfell oder einem wollenen Tuche, so erhält man bereits Funken von mehr als 2 cm Länge.

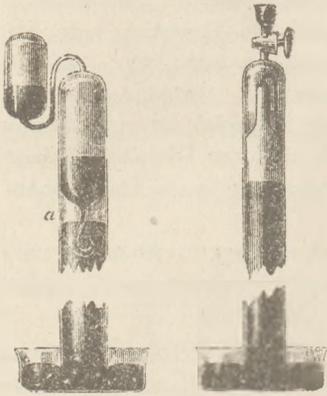
Das Elektroskop besteht aus einem prismatischen Metallgehäuse *G* und einem Pfropfen *P* aus Dielektrin, durch welchen das Stäbchen *S* mit den Goldblättchen hindurchgeht. Um den Ausschlag der Blättchen beobachten zu können, sind zwei gegenüberliegende Wände des Gehäuses mit runden Öffnungen versehen, in die rote Scheiben eingesetzt werden, wenn man die Blättchen projiziert. (*La Lum. El. LI 285, 1894.*) H.-M.

**Elektrische Durchbohrung des Glases.** Ein völlig sicheres Verfahren, den sonst nicht immer gelingenden Versuch auszuführen, soll nach M. MERLIN (*Journal de Physique 1894, X, No. 105*) das folgende sein: Eine mittelgrosse Leydenerflasche *A*, etwa 30 cm hoch und 9 cm weit, steht auf einer isolierten Platte *B*; die innere Belegung der Flasche ist durch einen gewöhnlichen Kupferdraht *C* mit dem negativen Pol (*D*) einer Influenzmaschine verbunden, die isolierte Platte in gleicher Weise mit dem positiven Pol *F*. Dann nimmt man, als Objekt für die Durchbohrung, ein Probiervlas *G*, das unten eine möglichst gleichmässige Rundung besitzt — um jede Spur von Feuchtigkeit zu entfernen, ist dasselbe vorher mit einigen Cubikcentimeter Petroleum ausgekocht worden — und führt einen Metallstab *H* ein, der unten mit einer Spitze oben mit einer Kugel endigt. Gehalten wird der Stab durch einen paraffinierten Kork; eine Berührung seiner unteren Spitze mit dem Boden des Glases braucht nicht stattzufinden. Das Probiervlas stellt man mittels eines gewöhnlichen Halters von Holz, der die Mitte desselben umfasst, so auf, dass es sich vertical in 3 bis 4 cm Entfernung von der Flasche befindet, während die Kugeln nur etwa 1 cm von einander entfernt sind. Charakteristisch ist, dass das Probiervlas die doppelte Rolle des Isolators für den Metall-



stab und des Materials für die Durchbrechung des Funkens spielt. Nach einigen Umdrehungen der Scheibe geht der Funke einerseits zwischen den beiden Kugeln über, andererseits zwischen der Spitze des Stabes und der isolierten Platte mitten durch das Glas, welches auf diese Weise durchbohrt wird. Es ist auf eine möglichst gute Isolierung aller hierfür in Frage kommenden Teile zu halten. (.)

**Neue Formen von Quecksilberbarometern.** Zur Vermeidung der bekannten Schwierigkeiten ein vollkommen luftfreies Barometer herzustellen bringt G. GUGLIELMO ähnlich wie B. Kolbe und E. Schulze (d. Zeitschr. VI 31 u. 159) in geeigneter Entfernung vom oberen Ende der Barometer- röhre einen durchbohrten Glashahn an. (*Atti d. R. Acc. d. Lincei. Rendct. 1890. II. Sem. 125.*) Diese Einrichtung des Barometers führt gelegentlich zu Unzuträglichkeiten, da der das Vacuum abschliessende Hahn eingefettet werden muss. Man kann diese vermeiden, indem man den Glashahn durch geeignete mit Quecksilber gefüllte Capillaren ersetzt. Guglielmo (*Atti de R. Acc. d. Lincei. Rendct. 1893. I. Sem. S. 474.*) hat zwei derartige Vorrichtungen vorgeschlagen, welche durch die nebenstehenden Zeichnungen erläutert werden. Er hat ferner seine Barometer noch dadurch verbessert, dass er an geeigneter Stelle im Rohre die Buntensche Einrichtung anbrachte, um die beim Neigen etwa mitgerissene und beim Aufrichten wieder freigegebene Luft abzufangen. (*Zeitschr. f. Instrumentenkunde XIV 139 u. 140, 1894.*)



### 3. Geschichte.

**Die Theorie der Akustik im griechischen Altertum.** Von Dr. ERNST GRAF. Programm des Kgl. Friedrichs-Gymnasiums zu Gumbinnen, Ostern 1894 (Pr. No. 4). Das wesentlichste Problem, das die Sinnesempfindungen darbieten, ist in der Thatsache gegeben, dass den quantitativen Verschiedenheiten in dem Erregungsvorgang qualitative Differenzen in der Empfindung entsprechen. Den hierin liegenden Gegensatz von objektiv und subjektiv hat schon Demokrit erkannt, aber selbst Aristoteles ist noch nicht imstande gewesen, die Wesensverschiedenheit beider Seiten des Empfindungsvorganges anzuerkennen, vielmehr bemühte man sich vergeblich um eine Erklärung dafür, wie die äussere Erregung sich in die innere umsetze. In der Theorie der Akustik knüpften sich diese Bemühungen vornehmlich an die Frage nach dem Unterschiede der hohen und tiefen Töne (bei den Alten als „scharfe“ und „schwere“ Töne bezeichnet). Der Verfasser will auf Grund eingehender Quellenstudien nachweisen, dass diese in psychologischer Hinsicht verfehlten Bemühungen doch auf physikalischem Gebiet nicht ganz erfolglos waren. Nach der herrschenden Auffassung hat bereits Pythagoras das Gesetz der Abhängigkeit der Tonhöhe von der Saitenlänge erkannt, dagegen ist die Einsicht in den Zusammenhang von Tonhöhe und Schwingungszahl auf Galilei zurückzuführen. Der Verfasser zeigt nun, dass schon ein jüngerer Schüler des Pythagoras, Lasos von Hermione, eine Ahnung von diesem Zusammenhange gehabt haben muss, da er zur Erklärung der Consonanz die „Schnelligkeit und Langsamkeit“ der Schallbewegung auf Zahlenverhältnisse zurückführt (nach dem Bericht des Adrast bei Theo von Smyrna, ed. Hiller p. 59). Hierbei ist der Ausdruck „Schnelligkeit und Langsamkeit“ auf Höhe und Tiefe des Tones zu deuten, da die Alten den höheren Tönen eine grössere Fortpflanzungsgeschwindigkeit als den tieferen zuschrieben. Auch der Mathematiker Euclid erklärt in seiner Sectio canonicis, dass die dichter aufeinander folgende Stösse höhere Töne hervorbringen, weiter von einander getrennte dagegen tiefere. Einen Schritt weiter geht Nicomachus von Gerasa, ein Pythagoreer des zweiten nachchristlichen Jahrhunderts, von dem Boëthius (*de musica I c. 31*) berichtet, dass Consonanz nach seiner Meinung dann entstände, „si percussiones gravium sonorum

commensurabiles sunt percussionibus acutorum sonorum,“ d. h. wenn die Stösse (Schwingungen?) der hohen und tiefen Töne in rationalem Zahlenverhältnis zu einander stehen. Die wichtigste Stelle endlich findet sich bei Theon (*a. a. O. S. 50*), wo gesagt wird: „Die Schnelligkeit der Bewegungen findet entweder in rationalen Verhältnissen statt oder nicht; im letzteren Falle entstehen zwar Klänge, aber nicht eigentlich musikalische Töne, die mit den anderen zusammen in eine Tonreihe einzuordnen sind und eine Melodie mit ihnen bilden können; wenn aber die Bewegungen sich wie  $a : na$  oder wie  $n : n + 1$  verhalten oder endlich überhaupt im Verhältnis zweier rationaler Zahlen zu einander stehen, so ergeben sich wirklich melodiebildende Töne“. Die angegebenen beiden Zahlenverhältnisse spielen schon bei den älteren Pythagoreern eine grosse Rolle, und zwar sind sie bei diesen auf die Saitenlängen bezogen, während sie bei Theon auf die Schnelligkeit der Stösse (die Schwingungszahl) bezogen werden. Hieraus folgt nach dem Verfasser der Abhandlung „mit mathematischer Gewissheit, dass bereits dem ausgehenden griechischen Altertum die Thatsache bekannt war, dass die Schwingungszahlen in umgekehrtem Verhältnis zur Länge der Saiten stehen“. Galilei hätte hiernach also etwas entdeckt, was schon die Alten wussten.

Wir möchten der Folgerung des Verfassers nicht so unbedingt beistimmen. Bei der formalen Art, wie die Alten Analogieen zu verwenden pflegten, ist es zum psychologischen Verständnis der bei Theon auftretenden Auffassung völlig hinreichend sich zu denken, dass man das bei den Saiten erkannte Prinzip der rationalen Verhältnisse unvermittelt auf die Betrachtung der Stösse übertragen hat, ohne den logischen Übergang, den der Verfasser postuliert, bewusst auszuführen. Ja hätte man den Übergang bewusst vollzogen, so würde man wohl auch das merkwürdige Gesetz über den Zusammenhang zwischen Saitenlänge und Schwingungszahl der Erwähnung wert gefunden haben. Und selbst bestenfalls, wenn der Verfasser Recht hätte, würde es sich um eine blosser Vermutung handeln, die ohne experimentelle Stütze sich in nichts von zahlreichen anderen lediglich erdachten Erklärungen unterscheidet. Wir können daher wohl eine Ahnung des Gesetzes zugeben, müssen aber das Bekanntsein der Thatsache nach dem hier vorgelegten Material in Abrede stellen. —

Der Verfasser giebt im weiteren noch einen Überblick über die Entwicklung der Anschauungen der Alten auf akustischem Gebiet. Er weist auf den eigentümlichen Umstand hin, dass die Terz zu den Dissonanzen gerechnet wurde und folgert daraus, dass die Griechen die Terz mit anderem Ohr gehört haben müssen als wir. Er zeigt die Schwierigkeiten, die aus dem Gegensatz von pythagoreischer und aristoxenischer Anschauung und aus der damit zusammenhängenden Vermischung geometrischer und arithmetischer Verhältnisse für die antike Akustik entstanden. Die physikalische und musikalische Seite des Gegenstandes haben im Altertum keinen befriedigenden Ausgleich gefunden. Doch rückte die aristotelische Philosophie wieder das subjektive Element der Empfindungen in den Vordergrund der Untersuchung. Aristoteles trennte richtig die Bewegung des Tonerzeugers und den Ton selbst, aber er gelangte nicht zu der Erkenntnis, dass der letztere lediglich subjektiver Natur sei; deshalb liess er bereits bei der Tonerzeugung zweierlei vor sich gehen, die schwingende Bewegung und die Entstehung des Tones selbst. Es mussten daher bei der Fortpflanzung des Schalles sowohl die Bewegung als auch der Ton von dem tönenden Körper aus zum Ohr gelangen — diese Consequenz ist von dem Commentator Simplicius gezogen worden. Eine Erklärung aber, wie Luftbewegung und Ton zusammenhängen, vermochte man nicht zu geben. Es war eine alte Streitfrage, ob überhaupt der Schall körperlich sei oder nicht. Den Epikuräern erschienen die Töne wie durch die Luft schwebende Gegenstände ( $\epsilon\lambda\delta\omega\lambda\alpha$ ) von bestimmter Gestalt, die Bewegung selbst wurde als ein Ausfliessen bezeichnet. Bei Aristoteles ist es eine objektive Schallenergie, die sich durch die Luft hindurch fortpflanzt, von ihr aber im Wesen verschieden ist. Auch bei Plutarch drängt der Schall sich zwischen den Luftatomen hindurch, die nicht als Bedingung, sondern eher als Hindernis der Schallbewegung

erscheinen. Näher an die heutige Erkenntnis kommen die Stoiker (*Plac. IV 19, 5; Senec. rat. quaest. II 6*); nach ihnen gerät die Luft in eine Wellenbewegung, vergleichbar der Bewegung des Wassers, wenn ein Stein hineingeworfen wird, nur dass die letztere in Kreisen, die Schallbewegung dagegen in Kugeln, d. h. nach drei Dimensionen, vor sich geht. Der Schall selbst ist mit dieser Bewegung nicht identisch, sondern wird durch sie nur dem Ohre vermittelt; er wird von Seneca einmal als *intentio aëris*, ein ander mal als *ictus aër* bezeichnet. Dieser Auffassung, die der heutigen am nächsten kommt, ist der Verfasser vielleicht nicht hinreichend gerecht geworden.

Ein anderes Problem, das die Alten aufwarfen, ohne es lösen zu können, knüpft sich an die Frage: Wie ist es möglich, dass zwei verschiedene Töne zusammen an das Ohr gelangen und, wenn es consonante Töne sind, auch als etwas Zusammengehöriges empfunden werden können? Aristoteles fordert, dass eine Mischung entstehen müsse, ein einheitliches Ganze, in dem die beiden consonierenden Töne aufgehen. Die weitere Untersuchung bei Theophrast und Aelian verläuft in allgemeinen Vergleichen ohne sachliche Bedeutung. —

Die ganze Entwicklung der Akustik im Altertum lässt sich kurz wie folgt zusammenfassen: Die Pythagoreer glaubten mit ihrer Entdeckung der einfachen Zahlenverhältnisse auf dem direkten Wege zu metaphysischer Erkenntnis zu sein. Aristoteles zerstörte diesen Glauben und wies jenen Entdeckungen ihren richtigen Platz als blossen Bereicherungen physikalischen Wissens an. Für letzteres aber war das Interesse noch zu wenig entwickelt; Aristoteles rückte vielmehr das psychologische Interesse in den Vordergrund. Von Aristoteles sind Stoiker und Epikuräer beeinflusst, sie kümmern sich nicht mehr um die pythagoreischen Aufstellungen, während die Pythagoreer ihren Weg weitergehen, ohne das Suchen der Peripatetiker nach dem Wesen der Töne zu beachten. So ist man auf getrennten Wegen marschiert, und als die Erkenntnis dämmerte, dass beide Teile sich die Hand reichen müssten, da fielen die Versuche, die beiderseitigen Lehren in eins zu verarbeiten, so plump aus, dass damit nichts gefördert wurde. Erst die Neuzeit hat die physikalische mit der psychologischen Forschung richtig zu verknüpfen gewusst. P.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Die wissenschaftliche Bedeutung der Hypothese.** Von Dr. PAUL BIEDERMANN. Progr.-Abh. der Annenschule zu Dresden, 1894. 40 S. Der Verfasser beabsichtigt die Theorie der Erkenntnis zu fördern durch den Nachweis, dass die Bedeutung der Hypothese für die wissenschaftliche Forschung weit grösser ist, als gemeinlich angenommen wird. Aber er liefert zugleich schätzenswertes Material für den Unterricht auf der Oberstufe, sofern dieser sich nicht auf die Mitteilung des Wissens beschränkt, sondern auch die Einsicht in den Ursprung dieses Wissens zu vermitteln sucht. Wir können aus dem reichen Inhalt der Abhandlung nur einiges wenige hervorheben. Unter Hypothesen versteht der Verfasser solche Voraussetzungen, die um der Thatsachen willen gemacht werden, sich aber selbst der thatsächlichen Nachweisung entziehen (z. B. die Weltbildungshypothese von Kant-Laplace). Hypothesen sind notwendig, um einen widerspruchlosen Zusammenhang unserer Erfahrung herzustellen; daher hat die Wissenschaft niemals die Hypothese entbehren können, aber eine längere geschichtliche Entwicklung ist nötig gewesen, bevor man ihr wahres Wesen erkannt und den richtigen Gebrauch von ihr gemacht hat. Dem Altertum hat die Erkenntnis gefehlt, dass die Hypothese nur auf der Grundlage eines genügend umfangreichen Erfahrungscomplexes und in steter Anlehnung an die Erfahrung ihren Zweck erfüllen kann. Dagegen ist die Erneuerung der Wissenschaften gerade dadurch bedingt und gefördert worden, dass man der Hypothese den ihr zukommenden Platz angewiesen und in umfänglicher Weise von ihr den richtigen Gebrauch gemacht hat. Bacons Methodenlehre hatte für die Hypothese gar keinen Platz und blieb daher unfruchtbar, die kühnen und uncontrollierten Hypothesen von Descartes sind von der strengeren Forschung zurückgewiesen worden, dagegen haben Kopernikus und Galilei gerade

dadurch die grosse Epoche der Naturwissenschaft heraufgeführt, dass sie die Hypothese auf Grundlage der Erfahrung als einen rechtmässigen Bestandteil der Wissenschaft eingesetzt haben. Sowohl der Hauptsatz des Kopernikus wie das Beharrungsgesetz Galileis sind Hypothesen in dem hier gemeinten Sinn. Weitere Beispiele aus der neuesten Zeit, die der Verfasser behandelt, sind: die Kohlenstoffnatur des Diamanten und die Erklärung der Änderungen der Polhöhe durch Schwankungen der Erdaxe. (Im ersteren Fall ist jedoch der strenge Beweis nicht erst durch A. Krauses Versuch der Bindung des bei der Verbrennung entstandenen Gases an Natron, wie der Verfasser meint, erbracht.)

Mit der Hypothese nahe verwandt ist die Vermutung, die durchweg sich auf eine nachweisbare Thatsache bezieht, während die Hypothese im eigentlichen Sinne eine Voraussetzung bedeutet, die sich der thatsächlichen Nachweisung entzieht. Die kopernikanische Annahme war eine Hypothese, so lange man nicht wusste, ob ein Nachweis, wie er später durch Foucaults Pendelversuch geliefert worden ist, überhaupt möglich sei. Die Idee des Kolumbus könnte als eine Vermutung gelten, weil er auf seiner Fahrt wirklich Land fand, aber dass die Idee den Zeitgenossen als unausführbar erschien, drückt ihr vielmehr den Charakter einer Hypothese auf. Leverriers Erklärung der Uranusstörungen würde eine Hypothese geblieben sein, wenn die Entdeckung des Neptun nicht sofort gelungen wäre. Diese Beispiele zeigen, dass die beiden Begriffe Vermutung und Hypothese ineinander übergreifen; für das werdende Wissen spielen sie eine ganz gleiche Rolle, indem sie, die bisherigen Grenzen des Wissens überschreitend, auf neues Wissen ausgehen; beide bestehen in einer Anticipation, und man kann behaupten, dass niemals neues Wissen gewonnen wird, ohne dass es zuvor vermutet und hypothetisch angenommen war. Wenn Newton den berühmten Ausspruch that „hypotheses non fingo“, so hatte er vage Hypothesen wie die des Cartesianismus im Auge. [Der Verfasser will den Nachdruck auf „non fingo“ legen, dies widerspricht aber dem Zusammenhang der Stelle.] Dagegen war Newtons Annahme einer Abnahme der Anziehungskraft mit dem Quadrat der Entfernung selbst zuerst eine blosser Vermutung. Ampère sagt von diesem Gesetz, dass niemals die Analyse es hätte entdecken können, sondern dass es auf dem Wege der Hypothese gefunden worden ist. Auch Liebig führte für ein spezielles Gebiet den Nachweis, dass der Entdeckung der Thatsachen stets die Idee der Thatsachen vorherging (*Reden und Abhandlungen*, S. 318); er erklärte im Hinblick auf Bacons Methodenlehre. Ein Experiment, dem nicht eine Theorie d. h. eine Idee vorhergeht, verhält sich zur Naturforschung, wie das Rasseln einer Kinderklapper zur Musik.

Dass auch in der Mathematik die Vermutung eine wichtige Rolle bei der Entdeckung neuer Wahrheiten gespielt hat und noch spielt, dafür sind jedem Fachmann die Beispiele zur Hand. Ja selbst im gewöhnlichen Leben „vollziehen sich die Geistesoperationen nicht nach den Regeln der Logik, sondern die Vorstellung von einer Wahrheit, die Ansicht von einem Vorgang oder der Ursache einer Erscheinung geht in der Regel der Beweisführung voraus“ (Liebig). Der Verfasser giebt hier zutreffende Ausführungen über die Thätigkeit des Staatsmannes, des Strategen, des Arztes, des Juristen, des Kaufmanns. Es ist endlich bemerkenswert, dass der menschliche Geist zur Bildung der wahrscheinlichen unter den vielen möglichen Hypothesen selbst wieder gewisse hypothetische Prinzipien benutzt, so namentlich die Idee der Einfachheit der Natur, von der sowohl Galilei als Newton sich haben leiten lassen. Laplace sieht den Vorzug des Beharrungsgesetzes darin, dass es das natürlichste und einfachste sei, das man ausdenken könne; Fresnel erkennt den Vorzug seiner optischen Hypothese vor allem in ihrer Einfachheit, er sagt, die Natur scheine sich vorgesetzt zu haben, viel mit wenigem zu erreichen; dies Prinzip werde durch den Fortschritt der Naturwissenschaften fortwährend von neuem bestätigt. Aber allerdings handelt es sich auch hier nicht um ein Axiom, sondern um ein hypothetisches Prinzip.

P.

Über den physikalischen Unterricht am Ober-Gymnasium. Von GUIDO RITTER v. ALTH. Jahresbericht des Communal-Ober-Gymnasiums XIX. Bezirk Wien, 1894. Der Verfasser  
U. VIII.

setzt seine im vorhergehenden Jahr veröffentlichten Erörterungen fort und kommt zunächst nochmals auf die Hydrostatik zurück. Er stimmt dem in dieser Zeitschrift VI 273 vorge schlagenen Lehrgang in allen Stücken bei, findet ihn, durch einige theoretische Erklärungen erweitert, auch für die Oberklassen brauchbar und begründet dies mit dem induktiven Charakter des Lehrganges. Um so mehr überrascht es, dass er in der Wärmelehre die mechanische Wärmetheorie zu Grunde legen und jede dahin gehörige Erscheinung mit Hilfe der dabei auftretenden Energieumwandlungen erklären will. Er schliesst sich hierin den Forderungen an, die Duda im Programm des Gymnasiums zu Brieg 1887 (vg. d. Zeitschr. I 177) aufgestellt hat, wo namentlich betont wird, dass es nur auf dem Wege der modernen Wärmetheorie möglich sei, eine klare und exakte Darstellung des Begriffes Wärmemenge zu liefern, und wo deshalb schon von dem ersten Vortrag der Wärmelehre eine Darlegung der heutigen Wärmetheorie verlangt wird. Der Verfasser hält es im Zusammenhange hiermit, entgegen den österreichischen Lehrplänen, für dringend geboten, dass die Wärmelehre als solche in vollständig geschlossener Weise behandelt wird und nicht etwa durch die Aëromechanik in zwei getrennte Abschnitte zerfällt. Wir können hier nur von neuem gegen die deduktive Behandlung eines Hauptgebietes der Experimentalforschung Einspruch erheben; auch dass nach Behandlung des Thermometers und des Ausdehnungscoefficienten der Torricellische Versuch eingeschoben werden soll, erscheint uns nicht so bedenklich wie dem Verfasser, ebensowenig ist es unnatürlich, an die Aëromechanik das Luftthermometer anzuschliessen, denn es kommt bei der Anordnung der Versuche viel mehr auf den logischen und psychologischen, als auf den systematischen Gesichtspunkt an.

In der Aëromechanik widerspricht der Verfasser mit Recht der Strichung des Aneroidbarometers und will auch Heber-, Druck und Saugpumpe im Lehrgang der Oberstufe erhalten sehen. Dem hydraulischen Druck und Stoss spricht er wegen der Beziehung zum elektrischen Strom eine gewisse Berücksichtigung zu; die Wasserpumpe soll ebenfalls nicht übergangen werden. — Für den Magnetismus zieht der Verfasser die Einschaltung in den Galvanismus statt der früher üblichen Sonderbehandlung vor. In der Elektrizitätslehre schliesst er sich der namentlich in dieser Zeitschrift vertretenen Einführung des Potentials rückhaltslos an und verlangt, dass dieser Begriff wirklich zur Grundlage der Behandlung der Reibungselektrizität gemacht wird. Er pflichtet auch dem besonders von Krumme, Schülke und Szymański geäusserten Verlangen nach Einführung der Kraftlinien bei und empfiehlt eine Darstellung des elektrischen Feldes nach dem Beispiele von Jamieson-Kollert (d. Zeitschr. V 322). — Für die Akustik weist er namentlich auf die mangelhafte Darstellung der Wellenlehre in manchen Lehrbüchern hin. — Für die Optik wünscht er einerseits eine regere Verbindung mit der Astronomie, durch Einfügung astronomischer Betrachtungen in den Lehrgang der Optik, andererseits gewisse Kürzungen besonders die Berechnungen beim Mikroskop und beim Fernrohr betreffend. — Zur Lehrmittelfrage schliesslich erklärt er, dass die Vorschläge von Noack (d. Zeitschr. VI 217) sich auch den österreichischen Verhältnissen ausgezeichnet anpassen und empfiehlt auch für die dortigen Anstalten eine Neuordnung an Stelle des jetzigen zwanzig Jahre alten Normalverzeichnisses. P.

**Der Unterricht in Mechanik auf geschichtlicher Grundlage.** Von KARL ALBRICH JUN. Progr.-Abh. des evangel. Gymnasiums und Realschule zu Hermannstadt, 1894. In der Abhandlung wird ausgeführt, dass nur bei einem Unterrichtsgang, der dieselben Prinzipien befolgt wie die Entwicklung der Wissenschaft, von einer verständnisvollen Auffassung seitens der Schüler die Rede sein kann. Dabei ist der Anschluss an den historischen Weg der natürlichste, wir müssen den Schülern die Fragen vorlegen, um die die Förderer der Wissenschaft sich bemüht haben. „Wie aber könnten wir die Frage besser formulieren, als jene Zeit es that, welche sich mit ihrer Lösung beschäftigte.“ Nur so verschaffen wir ihnen auch „Teilnahme an der hohen Freude, welche das Bewusstsein einer hervorragenden Leistung gewährt“. Gegenüber dem Einwand, dass der geschichtliche Gang für den Unterricht zu weitläufig sein würde, hebt der Verfasser mit Recht hervor,

dass Entwicklungsreihen, die von früheren Geschlechtern in mühsamer Arbeit durchlaufen wurden, heut fast spielend durchgemacht werden können. Er giebt dann eine Zusammenstellung dessen, was aus der Geschichte der Mechanik für den Unterricht am wichtigsten erscheint, und teilt vorwiegend Auszüge aus Galileis Discorsi, aus Huygens, Newton und Robert Mayer mit. Er erwähnt in diesem Zusammenhange auch die Entdeckung des Beharrungsgesetzes und nimmt für Galilei auf Grund einer Stelle der Discorsi die Erkenntnis des Gesetzes in vollständigerem Umfange in Anspruch, als Wohlwill und nach ihm Strauss festgestellt haben.

Der Verfasser knüpft hieran eine Darlegung des Ganges, den er bei der Behandlung der Mechanik befolgt. Wir heben daraus hervor, dass der Weg bei der gleichförmigen wie bei der beschleunigten Bewegung und beim senkrechten Wurf nach Galileis Vorgang graphisch dargestellt wird. Die Bewegung eines fallenden Körpers wird nicht nur auf der schiefen Ebene sondern auch bei völlig freiem Fall von verschiedenen Stockwerken eines Kirchturms beobachtet (Fallräume von 5 bis 21 m). Zur Entwicklung der Fallgesetze wird der Gedankengang Galileis benutzt, dabei auch an die abweichenden Lehren des Aristoteles erinnert und deren Widerlegung angedeutet, ohne sie indessen geringschätzend zu behandeln. [Wir halten den letzteren Gesichtspunkt für sehr wichtig, da auch auf diesem Gebiete die Schüler zu vorurteilsfreier Würdigung der Vergangenheit erzogen werden sollen.] Von der Wurfbewegung wird zur Bewegung der Erde und zur Formel für die Centrifugalbeschleunigung übergegangen, zugleich damit ein historischer Einwand gegen die Erdumdrehung rechnungsmässig widerlegt. Daran schliesst sich Newtons Berechnung für die Fallstrecke des Mondes gegen die Erde und die Formulierung des Attraktionsgesetzes; ferner die Bewegungen der Fallbeschleunigung der Erde gegen die Sonne und der Masse der Erde im Vergleich zur Sonne, sowie ähnliche Rechnungen für Jupiter und Saturn, endlich die Keplerschen Gesetze. Andererseits wird anschliessend an den freien Fall die Beziehung von Arbeit und lebendiger Kraft entwickelt, die Konstanz der Energie im Anschlusse an Robert Mayer dargelegt, und die Erscheinungen des unelastischen wie des elastischen Stosses unter diesem Gesichtspunkt behandelt. Biographische Daten über die grossen Forscher, an die der Unterricht anknüpft, werden an passender Stelle eingeflochten.

Bemühungen wie die vorliegenden sind durchaus in dem Geiste, den unsere Zeitschrift von Anfang an vertreten hat. Auch bei diesem Anlass sei an E. Machs „Mechanik in ihrer Entwicklung historisch kritisch dargestellt“ erinnert, der eine Fülle weiterer historischer Anregungen entnommen werden kann.

P.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Die Befestigung von Quarzfäden.** In dem *Phil. Mag.* (5) XXXVII 463, 1894 giebt C. V. Boys für die Befestigung der Quarzfäden, welche er zuerst 1887 hergestellt hat (vgl. diese Zeitschr. I 129) folgende einfache Vorschriften, die sich besonders bei seinem ungewöhnlich feinen Apparat zur Bestimmung der Newtonschen Gravitationskonstante durchaus bewährt haben: 1) Wähle einen Faden von dem richtigen Durchmesser, welcher die gewünschte Torsion liefert. Da die Torsionskonstante der vierten Potenz des Durchmessers proportional ist, so ist eine grosse Genauigkeit der Messung erforderlich. Schneide ein Stück ab, welches die gewünschte Länge um 2 bis 3 cm übertrifft. 2) Befestige an den äussersten Enden des Fadens mit geschmolzenem Schellack kleine Gewichte aus Gold oder Platin, welche so schwer sind, dass sie die Oberflächen von Flüssigkeiten zu durchbrechen vermögen. 3) Lege den Faden so über einen festen, runden und wagrechten Holzstab von ungefähr 1 cm Durchmesser, dass die kleinen Gewichte neben einander hängen, und hebe von unten her ein kleines Glas mit starker Salpetersäure so weit in die Höhe, dass der Faden hinreichend weit über die schliessliche Befestigungsstelle hinaus angefeuchtet und gereinigt wird. Das Gefäss muss so weit sein, dass störende Capil-

laritätserscheinungen nicht eintreten können. Das Gefäß muss sowohl auf- wie abwärts über die Stelle, wo die Gewichte durch die Oberfläche hindurchgehen, rasch, geradezu mit einem Rucke, bewegt werden, damit Störungen durch die Capillarität vermieden werden. 4) Nach einer Minute oder zwei Minuten verfähre ebenso mit einem Gefäß destillierten Wassers, tauche aber den Faden ein klein wenig tiefer ein. 5) Ist die Säure vollständig abgewaschen, so tauche die Fadenenden auf dieselbe Weise in eine Seignettesalz-Versilberungslösung (Kohlrausch, *Prakt. Physik* 115). 6) Wasche wie unter 4 angegeben. 7) Fülle ein Glas mit einer Kupferlösung, wie sie bei elektrolytischen Strommessungen gebraucht wird, die nicht gesättigt und ein wenig sauer ist. Tauche das äusserste Ende von dem positiven Drahte eines Elementes in die Flüssigkeit. Mit dem reinen, glatten, negativen Drahte nimm eines der herabhängenden Fadenenden auf, bringe es, nachdem der Contact ausserhalb des Glases dadurch hergestellt ist, dass der obere Teil des Silberüberzugs auf den Draht ruht, in die Lösung hinein und tauche es, während der Faden in sanfter Bewegung auf dem Drahte gleitet, bald mehr bald weniger tief in die Flüssigkeit ein. In wenigen Sekunden wird das kleine Gewicht und der eingetauchte Teil des Silberüberzugs deutlich rot sein. Verfähre mit dem anderen Fadenende ebenso. 8) Gib dem Faden die gewünschte Länge, rechne aber an jedem Ende 5 mm für die Verbindung hinzu. Mache aus Kupferfolie 3 bis 4 cm und 3 bis 4 mm breite, spitz zulaufende Streifen. Verzinne das zugespitzte Ende mit einer winzigen Menge Lot und befeuchte es mit Zinkchloridlösung. Lege auf die befeuchtete Stelle sorgfältig in die richtige Lage das verkupferte Ende des Fadens. Erhitze das Kupfer rasch bis zum Schmelzpunkte durch eine kleine Flamme, welche unter eine Stelle gebracht wird, die ungefähr 1 cm von dem dünnsten Ende entfernt ist. Nachdem so die Verbindung zwischen Faden und Kupferstreifen hergestellt ist, schneide von dem letzteren die gewünschte Länge ab, halte aber dabei mit einer Zange das Streifen selbst und nicht den fortzuschneidenden Teil fest. 9) Wasche, um das Zinkchlorid zu entfernen, wie unter 4 mit kochendem Wasser. Der Faden ist jetzt zwar befestigt, aber wegen des überschüssigen Silbers und Kupfers ist die Befestigungsstelle nicht genau bestimmt. 10) Tauche jedes Streifen bis zur Spitze in Bienenwachs unter Beachtung der unter 3 angegebenen Vorsichtsmassregeln. 11) Tauche die Fadenenden bis zu den oberen Rändern des Kupfers und Silbers in starke Salpetersäure. 12) Wasche mit kochendem Wasser die Säure und das Bienenwachs ab. 13) Soll der Faden Elektrizität leiten, z. B. die Nadel eines Quadrantenelektrometers leitend mit einer Batterie verbinden, so muss er in einer langen Röhre versilbert und dann abgewaschen werden.

Die so behandelten Fäden werden mit den kleinen Kupferblechstreifen, die 5 mm lang, 1 mm breit und zugespitzt sind, mittels Schellack-Firniss oder besser noch geschmolzenem Schellack an dem Torsionsknopf, der Aufhängung u. s. w. befestigt. Man kann den Streifen auch eine T-Form geben, um sie ohne Kitt in Streifen von V-Form einzuhängen. Dies bietet den Vorteil, dass man Aufhängungen und Fäden bequem auswechseln kann.

Für das Arbeiten mit den feinen schwer sichtbaren Fäden empfiehlt Boys als Hintergrund die Dunkelheit einer kaum herausgezogenen Schublade eines Tisches, der vor einem hellen Fenster steht, und für gewisse Verrichtungen einen auf dem Tische liegenden Spiegel. Die darauf ruhenden Fäden werden stark glänzend und sichtbar, vorausgesetzt, dass das Auge so gestellt wird, dass das vom Spiegel zurückgeworfene Himmelslicht es nicht trifft. Man kann auch die Fäden, ohne ihre Torsion zu beeinflussen, sehr leicht sichtbar machen, indem man sie mit brennendem Magnesium beraucht. H.-M.

### Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Die Lehre von der Elektrizität.** Von Gustav Wiedemann. 2. umgearbeitete und vermehrte Auflage. Zweiter Band. Mit 163 Holzschnitten und 1 Tafel. Braunschweig, Vieweg und Sohn, 1894. 1126 S. M. 28,—, geb. M. 30,—.

Wie der erste Band (vgl. d. Zeitschr. VII 39) ist auch dieser zweite sehr erheblich vermehrt; denn er enthält als Hauptstück die Elektrochemie, die durch die Forschungen der jüngsten Zeit den Charakter und Umfang einer eigenen Wissenschaftsdisciplin angenommen hat. In sechs Kapiteln werden auf fast 700 Seiten behandelt: die Elektrolyse, ihr Einfluss auf Leitungswiderstand und elektromotorische Kraft, die Veränderungen der E. M. K. der Metalle durch die umgebende Flüssigkeit, die Theorie der Elektrolyse, die Theorie der Elektrizitätserzeugung beim Contact heterogener Körper, die Arbeitsleistungen und Wärmewirkungen bei elektrolytischen Processen. Die Litteratur ist bis zur Mitte des Jahres 1893 berücksichtigt. Ausserdem enthält der Band den Schluss der Elektrizitätserregung durch Nichtleiter, sowie die Beziehungen zwischen Elektrizität und Wärme. Das ganze Werk wird fünf Bände umfassen. P.

**Physikalisch-chemische Tabellen.** Unter Mitwirkung von C. Barus, Blaschke, E. Heilborn, H. Kayser, E. Less, L. Löwenherz, M. Marckwald, G. Neumayer, E. Rimbach, K. Scheel, O. Schönrock, F. Schütt, H. Traube, W. Traube, B. Weinstein herausgegeben von H. Landolt und R. Börnstein. Zweite stark vermehrte Auflage. Berlin, Julius Springer, 1894. XI und 563 S., geb. M. 24,—.

Das Werk hat sich in den 10 Jahren seit dem Erscheinen der 1. Auflage als ein Grundwerk für Laboratorien, Werkstätten und Bibliotheken erwiesen. Auch für Schulen wird ein so zuverlässiges Nachschlagebuch über die verschiedensten physikalischen und chemischen Constanten von Nutzen sein. Die angegebenen Zahlen sind sorgfältig mit den Originalabhandlungen verglichen und mit Quellenangabe versehen. Die neue Auflage ist erheblich erweitert, sie bringt an neuem Material Tabellen über: Reduktion des Barometerstandes auf Normalschwere; Capillarität; Siede-, Erstarrungspunkte und Dichte condensierter Gase; Dichtemaximum von Wasser und Salzlösungen; beobachtete Gasdichten; Reduktion der Siedepunkte auf Normaldruck; Siedetemperatur von Salzlösungen; Compressibilität und Elasticität; Verbrennungswärmen; Dielektricitätsconstanten; vertikale Verteilung der Lufttemperatur; elektrische Maasseinheiten; mechanisches Wärmeäquivalent u. a. m. Ausgedehnte Litteraturnachweise sind einzelnen Tabellen beigelegt. P.

**Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften.** Leipzig, W. Engelmann, 1894. No. 45. Elektrochemische Untersuchungen von Humphrey Davy, herausgegeben von W. Ostwald. Mit 1 Tafel. 92 S. M. 1,20. — No. 52. Abhandlung über die Kräfte der Elektrizität bei der Muskelbewegung von Aloisius Galvani, herausgegeben von A. J. von Öttingen. Mit 21 Figuren, 76 S. M. 1,40. — No. 53. Die Intensität der erdmagnetischen Kraft auf absolutes Maass zurückgeführt von C. Fr. Gauss, herausgegeben von E. Dorn. 62 S. M. 1,—.

No. 45 enthält zwei Abhandlungen „Über die chemischen Wirkungen der Elektrizität“ (1806) und „Über einige neue Erscheinungen chemischer Veränderungen, welche durch die Elektrizität bewirkt werden“ (1807). Die erste ist von historischer Bedeutung durch die Aufklärungen über die Elektrolyse des Wassers, die zweite durch die Entdeckung der Alkalimetalle. — No. 52 bringt die berühmte Abhandlung von 1791, mit der unsere Kenntnisse vom Galvanismus anheben; die Legende von den zu Bouillon bestimmten Froschchenkeln, die auch Poggendorff noch nach-erzählt, wird vom Herausgeber mit zureichenden Gründen zurückgewiesen. — No. 53 ist sowohl wegen der darin enthaltenen Grundlegung des absoluten Masssystems als wegen der benutzten Beobachtungsmethoden von besonderer Wichtigkeit. P.

**Die optische Indicatrix.** Eine geometrische Darstellung der Lichtbewegung in Krystallen. Von L. Fletcher, Custos der Mineralien-Abteilung des britischen Museums. Übersetzt von H. Ambronn und W. König. Leipzig, J. A. Barth (Arthur Meiner), 1893. IX u. 69 S. M. 4,—.

Das sehr beachtungswerte Büchlein entwickelt die Gesetze der Krystalloptik durch eine geistreiche Anwendung klarer und einfacher geometrischer Betrachtungen auf die Erscheinungen der Doppelbrechung. Alle Eigenschaften von Strahlen, die durch einen einachsigen Krystall hindurchgehen, können mittels einer „Indicatrix“, eines Rotationsellipsoids, geometrisch dargestellt werden. Um die Eigenschaften der Strahlen, welche durch Krystalle geringerer Symmetrie hindurchgehen, geometrisch behandeln zu können, führt Fletcher als Indicatrix ein Ellipsoid mit drei ungleichen Achsen ein, ein Verfahren, durch welches vermutlich auch Fresnel zuerst seine

Wellenfläche gefunden hat. Die Behandlung von Fletcher ist unabhängig von den verschiedenen Lichttheorien. Die recht geschickte deutsche Übersetzung giebt nur die wesentlichen Teile, das zweite und vierte Capitel des Originals wieder und ist besonders Anfängern als Vorbereitung für das Studium des trefflichen Werkes von Liebisch über physikalische Krystallographie zu empfehlen.

Hahn-Machenheimer.

**Fragments of Science.** By John Tyndall. Ausgewählt und für den Schulgebrauch erklärt von Dr. W. Elsässer und Dr. P. Mann. Schulbibliothek französischer und englischer Prosaschriften, herausgegeben von L. Bahlsen und J. Hengesbach, Abteilung II, 1 Bändchen. Berlin, Hermann Heyfelder, 1894. 131 S. Gebd. M. 1,20.

Das Bändchen verdankt seine Entstehung dem aner kennenswerten Bestreben, auch naturwissenschaftliche Schriften in den Bereich der fremdsprachlichen Lektüre zu ziehen. Die Schriften John Tyndalls eignen sich hierfür besonders durch die Vereinigung wissenschaftlicher Strenge und klarer Darstellungsweise. Aus der grösseren gleichnamigen Sammlung von Aufsätzen des Verfassers haben die Herausgeber sechs ausgewählt und auszugsweise für deutsche Schulen bearbeitet. Es sind dies die folgenden: On the forces of nature, On dust and disease, Voyage to Algeria, Life and Letters of Faraday, Scientific use of imagination, Death by lightning. Nicht alles scheint uns für jugendliche Leser hinreichend interessant: hervorzuheben wäre die Pasteursche Untersuchung über die Seidenraupenkrankheit, die Untersuchungen Tyndalls über die Farbe des Meerwassers und die Färbung des Himmels, endlich der letzte kurze Artikel über Blitzschlag. Die im Anhang dargebotenen erklärenden Anmerkungen sind sachkundig zusammengestellt, doch ist die Zersetzung der Kohlensäure in den Pflanzenzellen wohl nicht unter die decomposition of vapours by light in dem von Tyndall gemeinten Sinne zu rechnen.

P.

**Naturwissenschaftliche Abhandlungen** (Traité d'Atmosphérologie) der Revue des deux mondes im Auszuge entnommen und für den Schulgebrauch erklärt von Dr. W. Kasten. Schulbibliothek französischer und englischer Prosaschriften, herausgegeben von L. Bahlsen und J. Hengesbach, Abteilung I, 4. Bändchen. Berlin, Hermann Heyfelder, 1894. 88 S. M. 1,—.

Die in dem Bändchen enthaltenen drei Abhandlungen sind der Revue des deux mondes von 1883 (bezw. von 1885) entnommen, sie rühren von Henry de Varigny, J. Jamin und J. Fleury, Antoine de Saporta her und behandeln „Luft und Leben“, „Luftballons und Luftschiffahrt“, die „Nordlichter“. Der Inhalt ist dem Standpunkte einer Oberklasse durchaus angemessen, die Darstellung ist fesselnd und anregend, die Wahl der Abhandlungen daher in jeder Beziehung glücklich. Weniger lässt sich dies von den Anmerkungen des Herausgebers behaupten, die auch dem Nichtphilologen vielfach Bedenken erregen werden. Wir begnügen uns mit dem Hinweis auf einige sachliche Ungenauigkeiten. *Nos tissus* (S. 10) sind die Gewebe unseres Körpers (nicht unserer Haut); *il le dédouble en acide carbonique et en alcool* (S. 13), er zerlegt ihn in Kohlensäure und Alkohol (nicht: er verteilt ihn auf); *la question est du ressort de la mécanique* (S. 39), die Frage gehört dem Gebiet der Mechanik an (nicht: es handelt sich um die bewegende Kraft des Getriebes!); *cette portion du gaz que la dilatation chasse du ballon* (S. 42), der Teil des Gases, den die Ausdehnung aus dem Ballon verdrängt (nicht: den die Ausdehnung des Ballons verdrängt!). Die Angabe des Originaltextes, dass Wasserstoff  $5\frac{1}{2}$  mal weniger schwer sei als Luft (S. 30), hätte eine richtig stellende Anmerkung verdient.

P.

**Grundzüge der mathematischen Chemie.** Energetik der chemischen Erscheinungen von Dr. Georg Helm, Professor an der technischen Hochschule zu Dresden. Mit 17 Figuren. Leipzig, Wilh. Engelmann, 1894. 138 S. M. 3,—.

Bei der täglich wachsenden Bedeutung der Thermodynamik für die theoretische Chemie ist es mit grosser Freude zu begrüssen, dass der durch seine energetischen Untersuchungen rühmlich bekannte Mathematiker die Mühe nicht gescheut hat, dem Chemiker die wichtigsten Folgerungen der beiden thermodynamischen Hauptsätze in klarer, leicht verständlicher Form darzulegen. Die in Anwendung gebrachten mathematischen Hilfsmittel sind die denkbar einfachsten, und der Verfasser hat durch geschickt gewählte Beispiele nicht nur die abstrakten Deduktionen dem Verständnis näher gebracht, sondern zugleich auch in glücklicher Weise das Rechnen mit den thermodynamischen Constanten erläutert. Es ist dringend zu wünschen, dass das Buch möglichst zahlreiche Leser findet, denn es ist im hohen Grade geeignet, in dem beklagenswerten Zustand vollkommener Indifferenz weiter chemischer Kreise für die thermodynamischen Untersuchungen Wandel zu schaffen.

Referent möchte einen Wunsch für die hoffentlich sehr bald nötige zweite Auflage nicht verschweigen. Er hält es für praktischer, bei den Rechnungen von allem Anfang an mit

molekularen, d. h. chemisch vergleichbaren Mengen zu operieren. Die Rechnungen gewinnen dadurch an Übersichtlichkeit, ganz abgesehen davon, dass durch diese Vereinfachung der nötige Raum gewonnen werden würde, um ohne Vergrößerung des Umfangs des Werkes die wichtigsten Untersuchungen von Roozeboom bei der Erläuterung der Gibbs'schen Phasenregel etwas ausführlicher zu besprechen.

Hans Jahn.

**Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie.** Dargestellt von W. Ostwald. Leipzig, Engelmann, 1894. 187 S. M. 4,—.

Das Buch giebt eine einfache, klare Darstellung derjenigen Gebiete der theoretischen Chemie, die für die analytische Chemie von Wichtigkeit sind. Es bespricht vor allem an der Hand der Dissociationstheorie und der Vorstellungen vom Verlauf der chemischen Reaktionen eingehend die bei analytischen Fällungen auftretenden Verhältnisse. Diese wissenschaftliche Beleuchtung wird für den Analytiker nicht nur sehr interessant sein, sondern sie wird ihn auch lehren, in schwierigen, von der Regel abweichenden Fällen den richtigen Weg zur Erzielung eines guten Resultates selbst zu finden. Auch für den Unterricht kann das Buch von Nutzen sein; denn die hier behandelten wichtigen Teile der theoretischen Chemie sind von allen am einfachsten zu erklären und durch Experimente zu stützen.

Rr.

**Die Lagerung der Atome im Raume.** J. H. van't Hoff. Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1894. XII u. 147 S. M. 4,—.

Die Hypothese van't Hoff's, dass die vier Valenzen des Kohlenstoffatoms im Raume nach den Ecken eines Tetraeders gerichtet seien, in dessen Schwerpunkt sich das Kohlenstoffatom selbst befindet, hat in den beiden letzten Jahrzehnten die Entwicklung der Chemie so bedeutend beeinflusst, dass sie auch im chemischen Unterricht, wenn sich derselbe auf die organische Chemie erstreckt, Erwähnung verdient. Die vorliegende neue deutsche Bearbeitung seines älteren Werkes „La chimie dans l'espace“ ist wegen der Klarheit und Schärfe der Ausführungen besonders geeignet, einen Begriff von dieser Hypothese und ihrer Fruchtbarkeit zu geben und bietet auch durch die Ausführlichkeit des Literaturnachweises die erwünschte Gelegenheit zu eingehenderem Studium.

Rr.

**Repetitorium der Chemie.** Von Carl Arnold. 5. Aufl. Hamburg und Leipzig, Leopold Voss, 1893. X u. 609 S. M. 6,—.

Wesentliche Veränderungen gegenüber der 4. Auflage (d. Zeitschr. V 267) sind nicht vorgenommen worden. Die chemischen Verbindungen, welche in die neue deutsche Pharmakopoe aufgenommen wurden, sind besonders bezeichnet, und ein Anhang bringt die Beschlüsse der Genfer internationalen Konferenz zur Reform der Nomenklatur organischer Verbindungen, die inzwischen auch in den Berichten d. chem. G. veröffentlicht worden sind. Neu sind auch die tabellarischen Übersichten über die wichtigsten Gruppen der aromatischen Verbindungen (Kohlenwasserstoffe, Phenole, Säuren), welche der allgemeinen Charakteristik der betreffenden Verbindungen vorangestellt sind und dem Gedächtnis wertvolle Stützpunkte gewähren. — (Inzwischen ist auch die 6. Aufl. 1894, 613 S. erschienen. D. Red.)

Böttger.

**Katechismus der Chemie.** Dr. H. Hirzel. 7. Auflage. Leipzig, J. J. Weber, 1894. 407 S. M. 4,—.

Obgleich bereits in der 7. Auflage erschienen, ist das Buch doch in der Form sowohl, wie im Inhalt noch vielfach verbesserungsbedürftig. Stilproben können hier aus Mangel an Raum nicht gegeben werden. Ob im folgenden Satz nur ein Druckfehler vorliegt, ist zweifelhaft: 1000 g Wasser von 4° geben 1 l und wiegen 1 kg! Inhaltlich ist der anorganische Teil im allgemeinen brauchbar und unterscheidet sich wenig von den sonst gangbaren Lehrbüchern. Zur organischen dagegen ist u. a. zu bemerken, dass man weder die Milchsäure und Salicylsäure zu den zweibasischen Säuren rechnen, noch die Sorbinose als Typus der Aldehydzucker aufstellen kann, da sie ein Ketonzucker ist. In diesem Teile muss auch die Auswahl des Stoffes als unzweckmässig bezeichnet werden; während dem wichtigen Anilin und Methylamin nur wenige Zeilen gewidmet werden, wird die noch wenig bekannte Terpen- und Camphorgruppe auf mehreren Seiten behandelt.

Rr.

**Leitfaden für den Unterricht im chemischen Laboratorium.** Von F. Dannemann. Hannover, Hahnsche Buchhandlung, 1893. 55 S. Geb. M. 1,40.

Der vorliegende kleine Leitfaden weicht in mancher Beziehung von Werkchen ähnlicher Art ab. Einmal wird bei den als Paradigmen gewählten Stoffen nicht das Verhalten allen Fällungsmitteln gegenüber durch Versuche dargelegt, sondern es werden nur die Hauptreaktionen

hervorgehoben; sodann bilden schon frühzeitig leichte Trennungen, wie Zinn und Blei, Kochsalz und Kalkspat u. a. Gegenstand des Experiments, so dass nach verhältnismässig kurzer Zeit die Analyse einfacher Salzgemische eintreten kann, wobei der Verf., um den Gang zu vereinfachen, manche Metalle, wie Cadmium und Chrom, auffallender Weise aber auch die Ammoniumsals aus der Betrachtung ausschliesst. Dann wird zur Herstellung einfacher anorganischer Präparate, wie Eisenvitriol, Quecksilberoxyd, Chlorcalcium u. a. übergegangen. Sicherlich ist die Herstellung von Präparaten für die Schule eine ebenso fruchtbare Beschäftigung als die Analyse, besonders wenn behufs bester Ausnutzung der Zeit die eine Thätigkeit neben der andern herläuft; indess ist nicht zu verkennen, dass in Schullaboratorien die Darstellung der Präparate wegen der meist eine Woche auseinander liegenden Unterrichtsstunden auf mancherlei Schwierigkeiten stösst. Die Auswahl der darzustellenden Verbindungen kann insofern eine glückliche genannt werden, als zur Darstellung derselben (einen Fall ausgenommen) grössere Apparate, namentlich Gasentwicklungsapparate nicht erforderlich sind. Ein vierter Abschnitt enthält ein Beispiel aus der Maassanalyse, nämlich die Bestimmung von Eisen und erörtert das Verhalten einiger organischer Substanzen. Sehr dankenswert ist der Anhang, welcher analytische Tafeln zur Bestimmung der wichtigsten Mineralien nach Art der v. Kobellschen Tafeln bringt.

Böttger.

**Die Elemente der Chemie und Mineralogie.** Leitfaden für den chemisch-mineralogischen Kursus des Gymnasiums. Methodisch bearbeitet von Prof. Dr. H. Bork. Dritte Auflage. Paderborn 1894. 111 S.

In der vorliegenden Gestalt sind die früheren „Elemente der Chemie“ dadurch erweitert dass denselben ein „Mineralogischer Teil“ vorausgeschickt ist. Der letztere beschränkt sich im wesentlichen darauf, dass 8 Mineralien — Steinsalz, Flussspat, Fahlerz, Schwefelkies, Quarz, Kalkspat, Schwefel, Gips — vorwiegend nach ihren krystallographischen Eigenschaften gesondert behandelt werden. Die Reihenfolge der Mineralien erklärt sich daraus, dass „dieselben lediglich vom krystallographischen Gesichtspunkt aus ausgewählt worden“ sind. Eine Anpassung an die neueren Lehrpläne vermag Ref. in diesem sondernden Verfahren nicht zu erblicken, denn das Charakteristische derselben besteht in der Forderung, dass das, was von der Mineralogie zu übermitteln ist, gerade in Verknüpfung mit den chemischen Lehren geboten werden soll. Die vorliegenden „Elemente“ würden daher eine zweckentsprechendere Gestalt gewonnen haben, wenn der Verfasser den mineralogischen Teil dem übrigen wirklich eingegliedert und überdies anstelle des Krystallographischen mehr das eigentlich Mineralogische, das die Schüler in weit höherem Masse interessiert, berücksichtigt hätte; die Vorzüge des chemischen Lehrganges brauchen darum nicht verloren zu gehen.

O. Ohmann.

**Die Nahrungsmittel-Gesetzgebung im Deutschen Reiche.** Von Dr. Arthur Würzburg. Leipzig, J. A. Barth, 1894. 372 S. M. 6,—.

In einer für den Rechtslaien verständlichen Weise behandelt das vorliegende Buch die Gesetze, die sich auf die Beschaffenheit und die Behandlung der Nahrungsmittel beziehen. *Rr.*

**Handbuch der Organisch-Technischen Chemie.** Von Dr. Samuel P. Sadtler in Philadelphia. Deutsche Bearbeitung von Dr. Julius Ephraim. Leipzig, Barth, 1894. 1. Abteilung. 404 S. M. 8,—.

An dem Buche ist besonders hervorzuheben die gute Anordnung des Stoffes; von jeder Industrie werden gesondert besprochen: 1. Die Rohmaterialien; 2. Prozesse der Verarbeitung; 3. Produkte; 4. Analytische Untersuchungsmethoden; 5. Bibliographie und Statistik. Dadurch wird das Werk sehr übersichtlich und kann als Handbuch vortreffliche Dienste leisten. *Rr.*

**Kurzes Lehrbuch der Nahrungsmittel-Chemie.** Von Dr. H. Röttger. Leipzig, J. A. Barth. 467 S. M. 7,—.

Das Buch ist für den Studierenden und für den Praktiker recht brauchbar; es enthält neben den einfach und klar geschriebenen Grundzügen der Ernährungslehre knapp gefasste, aber ziemlich eingehende Besprechungen der einzelnen Nahrungsmittel, ihrer Verfälschungen und ihrer Untersuchung. Durch ausgiebigen Litteraturnachweis ist auch ein tieferes Eingehen auf die einzelnen Stoffe ermöglicht.

*Rr.*

**Algebraische Aufgaben** von Dr. Theodor Walter. I. Band: Bewegungsaufgaben. II. Band: Quadratische Bewegungsaufgaben; Bewegungsaufgaben mit mehreren Unbekannten; Kreisbewegung; Specificsches Gewicht; Ausfluss; Arbeit. Stuttgart, Berlin, Leipzig, 1889, 1891. I. Bd. VIII u. 292 S. II. Bd. VIII u. 278 S.

Der Verfasser will aus dem Unterricht alles Entbehrliche ausscheiden, das dauernd Wissenswerte herausheben und methodisch soweit klären, dass es mit dem denkbar geringsten

Zeitaufwand auch von mittleren Köpfen gründlich erlernt werden kann. Die Methode des Verfassers tritt namentlich im ersten Bande hervor. Die Bewegungsaufgaben werden in 18 Gruppen anschaulich erklärt, auf 3 bis 6 Arten (einmal sogar auf 16 Arten) ausgerechnet und die Ergebnisse in Tabellen zusammengestellt.

Die Einkleidung der Aufgaben — statt der altherwürdigen Postkutschen ist meist der Eisenbahnfahrplan benutzt —, die Vollständigkeit der Behandlung, die Empfehlung der vierstelligen Logarithmen oder des abgekürzten Rechnens verdient volle Anerkennung. Nicht das Gleiche gilt von der Bildung der 18 Gruppen; dieselbe entbehrt eines inneren Einteilungsgrundes, und specielle Fälle oder Umkehrungen sind nicht als solche gekennzeichnet. Weil ausserdem die Gruppen selbst nirgends übersichtlich zusammengestellt sind, so ist es nicht leicht zu entscheiden, welcher Gruppe eine vorgelegte Aufgabe angehört. Interessant wäre eine Angabe, wie weit die rechnerisch gefundenen Lösungen der Eisenbahnaufgaben mit der Wirklichkeit übereinstimmen; in dem Kursbuch von 1894 haben sich die Verhältnisse gegen 1887 wesentlich geändert, in einem Falle z. B. I S. 212 stimmte zwar die Abfahrts- und Ankunftszeit überein, die Lösung jedoch gar nicht, weil ein  $3\frac{1}{2}$ stündiger Aufenthalt nicht in Rechnung gezogen war. Trotz der modernen Einkleidung sind die Bedingungen in vielen Aufgaben ebenso künstlich gewählt wie in älteren Sammlungen, und bei der Kreisbewegung dienen zur Einübung von Uhraufgaben 11 Beispiele, hingegen ist die Bewegung von Sonne und Mond nur einmal, die der Planeten garnicht behandelt; es könnte also noch eine weit grössere Annäherung an die Wirklichkeit erzielt werden.

A. Schülke, Osterode Ostpr.

### Programm-Abhandlungen.

**Gilberts Physiologia nova de magnete** (Schluss). Von Leopold Schnaase. Königl. Friedrichs-Gymnasium zu Pr. Stargard. Ostern 1894. Pr. No. 40. 12 S.

Dem im Jahre 1892 veröffentlichten ersten Teil lässt der Verfasser nunmehr den Schluss folgen. Nach Beendigung seines Auszuges aus dem Werk (das inzwischen auch in einem Facsimiledruck von Mayer und Müller in Berlin neu herausgegeben ist) geht er noch mit einigen Ausführungen auf die Bedeutung der Leistungen Gilberts ein und hebt als sein grösstes Verdienst die Entdeckung des Erdmagnetismus hervor. „Hat Kopernikus die Erde ihrer Herrscherwürde im Weltall entkleidet, so hat Gilbert ihr dafür eine neue Kraft gegeben, deren Vorhandensein in ihr man bisher kaum einmal vermutet hatte“. Bemerkenswert ist u. a., dass Gilbert nach seinen Beobachtungen an einer magnetischen Eisenkugel die Zunahme der Inklination vom Äquator nach den Polen hin vorhergesagt hat, was erst im Jahre 1608 durch Hudson bestätigt wurde. Auf dem Gebiete des Magnetismus war durch Gilberts Forschungen auf zwei Jahrhunderte hinaus der Höhepunkt erreicht; und auch auf dem Gebiet der Elektrizität, das er erschlossen hatte, beginnt erst mit den Arbeiten Guericques ein weiterer Fortschritt. Man darf daher mit Recht sagen, dass die *Physiologia nova* ihrem Verfasser für allezeit eine hervorragende Stellung in der Geschichte der Physik sichert.

P.

**Das Proömium der Pneumatik des Heron von Alexandria** in lateinischer Übersetzung. Aus einer Münchener und zwei Mailänder Handschriften herausgegeben von Dr. W. Schmidt. Herzogl. Realgymnasium zu Braunschweig, 1894. Pr. No. 692. 38 S.

Heron's Pneumatik ist eine der merkwürdigsten physikalischen Schriften des Altertums, sowohl wegen der darin beschriebenen hydromechanischen und aëromechanischen Apparate als wegen der Einleitung, die eine an den Physiker Strato und an Philo von Byzanz anknüpfende Darstellung der Theorie vom Vacuum enthält. Das Werk ist sehr häufig handschriftlich ins Lateinische übertragen worden, doch ist nur eine Übersetzung im Druck erschienen, nämlich im Jahre 1575 die des Federico Commandini, die befruchtend auf die Anfänge der neueren Physik im Zeitalter Galileis gewirkt hat. Auch aus letzterem Grunde ist das Werk heut noch von besonderem Interesse. Der Verfasser giebt neben dem lateinischen Text eine eingehende Kritik der von ihm benutzten drei Handschriften unter Berücksichtigung der Pariser und der übrigen griechischen Handschriften des Werkes (der griechische Text ist nebst den wichtigsten Varianten bereits von H. Diels in den Sitz. Ber. d. Berl. Akad. 1893 veröffentlicht). In der Einleitung bietet er auch einen kurzen deutschen Auszug aus dem genannten Teil des Werkes, der namentlich bemerkenswert ist wegen des Gewichtes, das auf das Experiment gelegt wird. Es heisst da unter anderem: „Diejenigen, welche ein Vacuum gänzlich in Abrede stellen, wissen nur theoretische Gründe vorzubringen, durch Experimente aber werden sie überführt, wenn z. B. durch eine vollständige Verdichtung jedes Vacuum verschwindet“. Es folgen dann bekannte Versuche über Verdichtung und Verdünnung der Luft.

Brieflicher Mitteilung zufolge beabsichtigt der Verfasser eine völlige Neubearbeitung des griechischen Textes; er hat bereits eine grössere Anzahl von Handschriften in Italien untersucht, dabei auch in Venedig eine Handschrift gefunden, die noch vor die Renaissance, mutmasslich ins 13. Jahrhundert zurückgeht. Die Fertigstellung der Ausgabe wird noch mehrere Jahre in Anspruch nehmen; es sollen ihr auch die handschriftlichen Figuren beigegeben werden. P.

**Ergebnisse zehnjähriger meteorologischer Beobachtungen.** Von Richard Gent. Städt. Gymnasium Liegnitz, Ostern 1894. 28 S. und eine Tafel.

Der Verfasser hat sich um seine Vaterstadt sehr verdient gemacht, indem er dort im Herbst 1883 mit Hilfe des Kgl. meteorolog. Instituts zu Berlin eine meteorologische Station gründete. In der vorliegenden Abhandlung veröffentlicht er die Ergebnisse seiner Beobachtungen vom 1. December 1883 bis 30. November 1893. In der Einleitung giebt er einen kurzen Rückblick auf frühere Beobachtungen und eine knappe Darstellung der Entstehung, Einrichtung und örtlichen Lage der meteorologischen Station zu Liegnitz. Die Beobachtungsergebnisse sind ausführlich erörtert und in 13 Tabellen niedergelegt. Auf der beigegebenen Tafel wird der mittlere Gang der Temperatur im Laufe des Jahres graphisch dargestellt unter Zugrundelegung 1) der Liegnitzer Pentadenmittel vom December 1883 bis November 1893 und 2) der Breslauer normalen mittleren Temperatur der einzelnen Tage des Jahres innerhalb der 100 Jahre von 1791—1890.

Hahn-Machenheimer.

**Die Anfänge der heutigen Chemie.** Von Morgenroth. Real-Gymnasium zu Quakenbrück. Ostern 1894. Pr. No. 339. 17 S.

Nachdem Verfasser vor der so häufigen Verwechslung von Theorien mit Axiomen gewarnt und diesbezüglich auf die Wichtigkeit des Studiums der Geschichte der exakten Wissenschaften hingedeutet hat, wendet sich derselbe dem Nachweis zu, dass, so hoch man auch die Verdienste Lavoisiers schätzen mag, demselben doch nicht der Ruhm zugesprochen werden darf, die neuere Chemie geschaffen zu haben, vielmehr sei er nur der Reformator, welcher eine bereits begonnene wissenschaftliche Bewegung in die rechte Bahn geleitet und ihr zur allgemeinen Anerkennung verholfen habe. Vor allem sei die richtige Ansicht vom Verbrennungsvorgang schon im 17. Jahrhundert mehrfach ausgesprochen und experimentell begründet worden, allerdings ohne der herrschenden phlogistischen Lehre gegenüber durchdringen zu können. Es gab nämlich, wie durch eine grössere Zahl von Stellen bewiesen wird, schon mehr als hundert Jahre vor Lavoisier verschiedene Schriftsteller, welche wenigstens bei gewissen Oxydationen eine Gewichtszunahme erkannt hatten und daher insbesondere für die Verkalkung der Metalle eine Aufnahme von Stoff, nicht eine Abgabe behaupteten. Als den bedeutendsten unter diesen vorgeschrittenen Geistern bezeichnet der Verfasser den Engländer Mayow, dessen Untersuchungen und Theorien eingehender vorgetragen werden. Dieser Forscher habe die noch jetzt geltenden Ansichten über den Verbrennungsprocess so überzeugend begründet und so klar ausgesprochen, dass in dieser Hinsicht „die Priorität unmöglich Lavoisier zugestanden werden kann“.

Was die übrigen für die neuere Chemie charakteristischen Punkte betrifft — das Studium der gasförmigen Körper, die Anwendung der quantitativen Untersuchungsmethode, sowie die Entwicklung vollkommenerer Ansichten über die Natur der Elemente und der Verbindungen — so weist der Verfasser gleichfalls nach, dass die Anfänge des Richtigen sich bis weit zurück in das Zeitalter der phlogistischen Lehre verfolgen lassen. Von Interesse ist ferner der Schluss der Abhandlung, in welchem gezeigt wird, dass die seit einigen Jahrzehnten besonders in Frankreich geübte Überschätzung Lavoisiers und die damit verbundene Ungerechtigkeit gegen die Leistungen seiner Vorläufer von den zeitgenössischen Forschern keineswegs geteilt wurde, und dass kein Geringerer als Berthollet (in seiner berühmten *Statique chimique* 1803) bei aller Anerkennung der Verdienste seines grossen Landsmannes neben diesem auch Black, Priestley, Cavendish, Bergmann und Scheele unter den Schöpfern des neuen und für die Chemie so „glücklichen Zeitabschnittes“ aufführt.

J. Schiff.

## Versammlungen und Vereine.

### 66. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Wien, 24.—30. September 1894.

In der Sektion für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (Sektion 40) sprach Prof. Dr. A. Höfler, Wien am 24. September „über einige nähere und fernere Ziele für die Weiterbildung des physikalischen Unterrichtes an Mittelschulen.“ Den Wortlaut des Vortrages s. in diesem Heft S. 123 ff.

Am 25. September hielt Direktor Dr. A. Pick, Pohlitz, einen Vortrag „über den Unterricht in der astronomischen Geographie.“ Derselbe bezeichnete die astronomische Geographie als Erfahrungswissenschaft und forderte deshalb für sie auf jeder Stufe des Unterrichts eigene Beobachtung der einschlägigen Thatsachen durch den Lernenden als Grundlage und äusserst langsames Vorschreiten behufs selbständiger Verarbeitung der Erfahrungen. Veranschaulichungsmittel sind auf der ersten Stufe möglichst wenige und einfache zu empfehlen, ein Gnomon, ein Himmelsglobus mit nur wenigen (den mit freiem Auge sichtbaren) Sternbildern, ein einfacher Winkelmesser und ein Theodolith einfacher Konstruktion; in grösseren Städten ebenfalls ein Ekliptikapparat. Auf der oberen Stufe, für den Übergang vom Ptolemaeischen zum Kopernikanischen System, muss eine innere, nicht eine äusserliche Anschauung angestrebt werden; im Übrigen befindet sich hier der Unterricht schon jetzt in richtigeren Bahnen. Dem Zwecke der Mittelschulen entsprechend muss sich der Unterricht an diesen Anstalten auf der ersten Stufe jedenfalls auf die Kenntnis der wichtigsten Sternbilder, der scheinbaren Bewegung der Himmelskugel samt den hierher gehörigen geometrischen Anschauungen, der scheinbaren Bewegung des Mondes und seiner Lichtgestalten, der scheinbaren Bewegung der Sonne, all' das vom Schulorte aus betrachtet, erstrecken, er muss dann diese Erscheinungen in Bezug auf andere Horizonte umfassen und daraus zu dem für die Geographie wichtigen Schluss auf die Kugelgestalt der Erde kommen; auf der oberen Stufe hat er dann die Kopernikanischen Vorstellungen zu pflegen, sie auf die Planeten auszudehnen und mit der Mechanik des Himmels zu schliessen. Dem Studium der astronomischen Geographie sollte gerade gegenwärtig alle Sorgfalt zugewendet werden, da dieser Gegenstand durchaus ideale Ziele verfolgt und ein bedächtiges langsames Vorschreiten fordere und dadurch einerseits der stark materiellen Richtung, andererseits der überall sich breit machenden nervösen Hast unserer Zeit wirksam entgegen zu arbeiten geeignet ist.

Darauf folgte Direktor H. Januschke-Teschen, welcher „über Raumenergie und ihre Bedeutung für den physikalischen Unterricht“ sprach. Die neuesten Anschauungen über die physikalischen und chemischen Vorgänge fordern die Annahme eines Mittels, das den Raum erfüllt, und das der Träger jener Energieformen ist, welche nicht als Massenenergie aufgefasst werden können. In einem Gravitationsfelde, in einem elektrischen, einem magnetischen Kraftfelde, in einem intermolekularen und intramolekularen Kraftfelde fordert eine Verschiebung, sei es einer Masse, sei es einer Ätherpartie Arbeit gegen die Feldkräfte, und eine Verschiebung liefert Arbeit der Feldkräfte. Wir schreiben deshalb dem Felde selbst Arbeitsfähigkeit oder Energie zu. Diese Energie meinte der Vortragende unter Raumenergie (wir würden lieber sagen Feldenergie, da sie nicht dem Raume, sondern der Verteilung wirksamer Agentien im Raume zuzuschreiben ist). In einem historischen Überblick zeigte er, wie die naturwissenschaftlichen Anschauungen durch die fernwirkenden Kräfte hindurch zu diesem umfassenderen Begriffe gekommen sind und hob die Bedeutung desselben in der modernen Wissenschaft und Technik hervor. Aus dieser leitete er die Notwendigkeit der Einführung des Begriffs der Raumenergie im Unterrichte an der Mittelschule ab und wies darauf hin, dass das Bedürfnis nach solcher Einführung schon ein sehr allgemeines sei, indem überall in Lehrbüchern und in der Unterrichtspraxis u. a. der Potentialbegriff nicht mehr übergangen werde. An einer Reihe besonderer Fälle zeigte der Vortragende sodann, wie aus dem Energiebegriffe, dem Satz von der Äquivalenz aufgewandeter Arbeit und gewonnener lebendiger Kraft und dem Satze von der Erhaltung der Energie eine Menge von physikalischen Wahrheiten deduktiv (rechnungsmässig) gewonnen werden kann. Er berechnete u. a. den Druck, welchen eine über einen Cylindermantel und über eine Kugelschale gleichmässig verteilte Masse bei gleichförmiger Rotation um die Cylinderaxe nach aussen ausübt; es ergibt sich ein dem Boyleschen Gesetze analoger Ausdruck. Dann leitete er die Gesetze der Oberflächenspannung einer Flüssigkeit und die Zustandsgleichung für homogene Körper zum Teil elementar ab; ebenso den mathematischen Ausdruck für die Ladungsenergie eines kugelförmigen Leiters. Aus der Analogie zwischen den Ausdrücken für den Energieinhalt einer cohärenten Flüssigkeit und der Ladungsenergie eines Leiters schliesst Redner auf die Beziehung zwischen Cohäsions- und Dielektricitätsconstanten, erwähnt der Beziehung zwischen letzterer und dem Brechungsexponenten und leitet endlich noch auf Grund der Annahme der Identität eines elektrischen Stromes mit einem Strom elektrisierter Massenteilchen aus dem Ausdruck für die Arbeit bei der Ablenkung eines bewegten elektrisierten Kügelchens aus seiner Richtung das Biot-Savartsche Gesetz ab.

Prof. Dr. K. Haas-Wien hielt einen Vortrag „über das historische Moment im  
23\*

Physikunterrichte“. Wir geben nachfolgend einen Auszug aus dem Vortrage, zum teil mit des Redners eigenen Worten. Er begann mit dem Hinweis, ein wie grosses Interesse der Kampf, den grosse Geister mit tausendjährigen Irrtümern und Vorurteilen geführt haben, bei den Schülern erwecke, wie das Vorbild geistiger Grösse, selbstloser Hingebung und unermüdlicher Ausdauer anspornend auf die Jugend wirken müsse, und wie an der Hand der Geschichte das Vorurteil widerlegt werde, als ob das Genie seine grossen Entdeckungen spielend mache. Dann wandte er sich zur Besprechung der Faktoren, durch welche das historische Element beim Physikunterricht gefördert und unterstützt werde. Nach Charakterisierung der dem Lehrer zu Gebote stehenden Hilfsmittel (Werke von Fischer, Whewell, Heller, Rosenberger, Gerland, Mach, Dühring, Ostwalds Klassiker, Programm von Daurer) und dem Wunsche, dass an den Universitäten ständige Vorlesungen über Geschichte der Physik gehalten werden möchten, ging er auf den Unterricht des näheren ein:

„Über die blosse Nennung der Namen der Erfinder und Entdecker hinaus drängen einzelne Kapitel zu einer historischen Behandlung, so die Lehre von der gleichförmig beschleunigten, respective verzögerten Bewegung im Anschluss an die Untersuchungen Galileis, die Lehre von der Centralbewegung, die vom ptolemäischen Weltsysteme zu Keplers Gesetzen und zu Newtons Gravitationstheorie führt; der Streit zwischen der Emissions- und Undulationstheorie. Bei einzelnen Erfindungen (Thermometer, Dampfmaschine, Telegraph etc.) wird man wohl in gedrängter Kürze die wichtigsten Phasen ihrer Entwicklung besprechen. Beim Telegraphieren wird man wohl auch — zumal am Gymnasium — einige Worte über die Feuer- und Flaggentelegraphie der Griechen und über die akustische Telegraphie der alten Gallier einflechten dürfen. Auch halte ich das Vorführen von Abbildungen der Original-Apparate, wie solche in Machs historisch-kritischer Darstellung der Entwicklung der Mechanik, bei Gerland und sonst geboten werden, für sehr instruktiv, namentlich, wenn solche Abbildungen entsprechend vergrössert und der Betrachtung der Schüler durch längere Zeit im Lehrzimmer zugänglich gemacht werden.

„Ein weiteres Hilfsmittel sind chronologische Tabellen über die Entwicklungsstufen einzelner Erfindungen und einzelner Gebiete der Physik, die im Lehrzimmer angebracht werden. Auch Stellen aus griechischen und römischen Autoren, die sich auf die physikalischen Kenntnisse der Alten beziehen, lasse ich zur geeigneten Zeit unter Glas und Rahmen im Lehrzimmer anbringen, so die schöne Stelle über magnetische Induktion in Platons Jon, die Erzählung von der Auffindung des Archimedisches Gesetzes bei Vitruv, die Stelle von der Entdeckung des Grabes des Archimedes in Ciceros Quaestiones Tusculanae, die Verse des Provençalen Guiot, in denen er die schwimmende Magnetsadel besingt u. s. w.

Eine wirksame Stütze des Gedächtnisses und zugleich eine Zierde des Lehrzimmers sind gelungene Bildnisse der hervorragendsten Physiker. In Wien haben die Firmen Lenoir und Forster und Alois Pichlers Witwe und Sohn Sammlungen von Bildnissen bedeutender Physiker herausgegeben (letztere zu sehr billigen Preisen). In Leipzig erschien bei der Firma Johann Ambrosius Barth eine Sammlung vorzüglich ausgeführter Portraits (Helmholtz, Hertz, Kirchhoff, Ohm, Wiedemann) zu verhältnismässig billigem Preise (1,50 Mk.). Dasselbst hat auch die Firma Otto August Schütz das Sammeln und den Verkauf von Portraits berühmter Naturforscher und Ärzte zu ihrer Spezialität gemacht. In London hat die Firma Macmillan & Co. eine Sammlung von künstlerisch ausgeführten Stahlstichen bedeutender Naturforscher unter dem Titel: „Scientific Worthies“ veröffentlicht. Eine Sammlung von Diapositiven dieser Art für das Skioptikon wird zur Zeit von den Herren A. Höfler und E. Maiss in Wien vorbereitet.

„Als ein Anregungsmittel für den biographischen Teil des Physikunterrichtes pflege ich im Physiksaale Gedenktafeln anzubringen, die unter dem jeweiligen Datum die Geburts- und Sterbetage berühmter Physiker mit Notizen aus ihrem Leben mit Angabe ihrer wichtigsten Entdeckungen enthalten. Bei fremdländischen Physikern wird auch die Aussprache ihres Namens angegeben. Auch das Datum bedeutender Erfindungen, z. B. der Auffindung der Kepler'schen Gesetze, der Entdeckung des Sauerstoffes, der ersten Beobachtung der Protuberanzen etc., wird in diesen Tafeln erwähnt.“ —

„Eine Berücksichtigung des historischen Elementes kann bei der Wiederholung einzelner Partien des Lehrstoffes (namentlich für die Maturitätsprüfung) in der Weise erzielt werden, dass man entweder den einzelnen Abschnitten eine kurze historische Übersicht vorangehen lässt oder an eine bedeutende Persönlichkeit, z. B. Galilei, Bunsen, eine Reihe von Fragen anschliesst, die sich auf ihre Entdeckungen beziehen.

„Kurze Übersichten über die Entwicklung einzelner Gebiete der Physik in Form

historischer Rückblicke hat Direktor Dr. Anton Kauer in seinen trefflichen Lehrbüchern gegeben: Eine kurze, zusammenhängende und übersichtliche Darstellung der Entwicklungsperioden zu geben, welche die Wissenschaft bis zu ihrer gegenwärtigen Gestaltung durchlaufen hat unter Angabe der Untersuchungsgebiete, sowie der bei der Untersuchung angewandten Methoden, wie dies Dr. Christian Krenzlin in einem ausgezeichneten Programm-Aufsatz (vgl. d. Zeitschr. V 156) vorschlägt, dem ich manche wertvolle Anregung verdanke, das halte ich bei der knapp bemessenen Zeit nicht für ausführbar.

„Eine Gelegenheit zum Einflechten von historischem Material bieten auch die physikalischen Aufgaben, welche auf historische Daten zurückgehen (z. B. die Bestimmung der Gold- und Silbermenge in der Krone des Hiero; die Berechnung der Höhe der Kuppel des Domes zu Pisa durch Galilei; die Versuche Coulombs zur Ermittlung des Verhältnisses der Wirkungen eines Stabpoles in verschiedenen Entfernungen). Solche Aufgaben werden immer die Schüler auf das lebhafteste anregen.

Ausserhalb der Lehrstunde kann das Interesse der Schüler für das historische Element durch passende Lektüre gefördert werden, wenn die Schülerbibliothek mit den einschlägigen Büchern versehen ist. Hier wären zu nennen: Gerlands Geschichte der Physik; Netoliczka & Wachlowski Bilder aus der Geschichte der Physik; Reuleaux Geschichte der Dampfmaschine; Franklins Selbstbiographie; Hoffmann, Biographie Guericques; Emsmann, die Märtyrer der Wissenschaft; Arago's James Watt und seine Eloges académiques (einige derselben sind mit Vorrede und Commentar in der Weidmannschen Ausgabe französischer Klassiker erschienen), Oliver Lodge, Pioneers of Science. (London. Macmillan & Co.).

Zum Schlusse deutete der Vortragende noch die Vorteile an, die sich aus dem Zusammenwirken der verschiedenen Unterrichtsdisciplinen für die Vertiefung des historischen Verständnisses ergeben; er berührt namentlich die Beziehungen der Physik zur Mathematik und zur Kulturgeschichte und zeigte an Beispielen (Ilias XVII, Lucrez), dass ab und zu selbst ein griechischer oder lateinischer Classiker in dieser Richtung förderlich sein könne.

Am Mittwoch, den 26. September hielt Prof. Lanner-Olmütz einen Vortrag „über die principielle Gleichstellung der naturwissenschaftlichen Disciplinen mit jenen der altklassischen Philologie und über die Notwendigkeit eines methodischen Abschlusses der ersteren durch Einführung der Geologie als Unterrichtsgegenstandes an unseren Gymnasien,“ dessen erster allgemeiner Teil auch die Physiker interessierte, insofern derselbe eine, allerdings etwas drastische, aber viel Richtiges enthaltende Parallele zwischen der Bedeutung der naturwissenschaftlichen Disciplinen und jenen der altklassischen Unterrichtsgegenstände inbezug auf den praktischen Wert und auf die humane und formale Bildung darbot. Der Vortrag führte neben zwei auf die Naturgeschichte bezüglichen zu folgender These, die allgemeine Annahme fand: „Behufs Weiterausbildung der Lehrer der naturwissenschaftlichen Disciplinen sind Reisestipendien, wie deren die Lehrer der altklassischen Philologie teilhaftig sind, zu creiren.“

In der Sitzung am Freitag, den 27. September nachmittags sprach Prof. Dr. E. Maiss-Wien „über physikalische Aufgaben und deren Verwertung im Unterrichte.“ Er wies darauf hin, dass nicht überall, wo Aufgaben auf dem Platze sind, von denselben hinreichend Gebrauch gemacht werde und empfahl behufs Anknüpfung des Unterrichtes der oberen an den der unteren Stufe geeignete Aufgaben. Ebenso seien Aufgaben behufs Classification der Schülerleistungen ausgiebig zu verwenden. Betreffs der Aufgabenstellung wünscht der Vortragende stets möglichst concrete Fassung und einfache, nicht mit den Abkürzungen des Fachmannes und den terminis technicis durchsetzte Sprache. Benennungen und Schlussrechnungen sollen überall im Lehr-, wie im Übungsbuch und natürlich auch im Unterrichte in Schluss- und Zwischenresultaten ausdrücklich verwendet werden. Zeit für die Lösung von Aufgaben wird nicht dem experimentellen Unterrichte genommen, sondern der Recapitulation allgemeiner Ableitungen, die auf ein Minimum zu reducieren sind; die Zeit der Prüfungen wird herangezogen, die freie Zeit der Schüler in den Respirien, während des Ganges zu und von der Schule, ein Teil der grossen Ferien des vorletzten Schuljahres. Indem die Erfahrung ausgenützt wird, dass die Schüler concreten Beispielen volles Interesse entgegenbringen, kann ohne Mehrbelastung der Schüler und ohne grösseren Zeitaufwand als bisher der Kultus der Aufgaben gepflegt werden. Schliesslich warnt aber Redner vor einem Zuviel, vor einem Ausarten des Unterrichtes in ein Zerbröckeln des Lehrstoffs in lose Einzelheiten. — Der Vortrag ist ausführlich erschienen in der Zeitschrift für das Realschulwesen von Dr. J. Kolbe, Wien, Jahrg. 1895.

E. Maiss, Wien.

**Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.**

*Sitzung am 16. April 1894.* Herr G. Krech führt einen Apparat zur Demonstration der Zerlegung paralleler Kräfte vor. — Herr R. Heyne legt einen Metallgasschlauch und ein Telephonkabel vor und erläutert deren Herstellung und Verwendung. — Herr M. Koppe spricht über die Beobachtung von Sternen am Tage und berichtet dann über seine Versuche, die Geschwindigkeit des Schalles mittels zweier Metronome zu bestimmen.

*Sitzung am 30. April 1894.* Herr G. Arendt legt einige stereometrische Modelle vor. — Derselbe führt einige hydrostatische Versuche aus und zeigt einige merkwürdige physikalische Apparate. — Derselbe legt eine österreichische Nickelmünze vor, welche zwei magnetische Pole besitzt. — Herr H. Hahn demonstriert den Wurfapparat von Hartl (vgl. d. Zeitschr. VII 246).

*Sitzung am 21. Mai 1894.* Herr G. Krech gedenkt des schweren Verlustes, welchen der Verein durch den Tod seines Ehrenmitgliedes August Kundt erlitten hat und weist auf die grossen Verdienste hin, welche sich der Verstorbene um den Verein und die Berliner Ferienkurse erworben hat. — Herr Schiemenz beschreibt das von Herrn Looser construierte Thermoskop und führt die wichtigsten Versuche aus, welche man damit anstellen kann (vgl. das Programm der Realschule zu Essen von Ostern 1894). In der sich anschliessenden Besprechung wird auf die älteren Thermo-Indicatoren von Szymański, Holtz und Karsten (vgl. d. Zeitschr. III 66 u. 141) hingewiesen.

*Sitzung am 4. Juni 1894.* Herr R. Heyne legt einen durch seine vorzügliche Beschaffenheit merkwürdigen Drehspan des Kruppschen Riesengeschützes vor, welches in Chicago ausgestellt war. — Herr P. Kindel hält einen Vortrag über die Brechung der Lichtstrahlen in Kugelflächen. Er leitet eine projektivische Beziehung für die Lagen der Lichtquelle und des Bildes ab und bestimmt für mehrfache Brechungen geometrisch die Haupt-, Knoten- und Brennpunkte.

*Sitzung am 25. Juni 1894.* Herr B. Schwalbe hält einen Vortrag über Versuche mit comprimierten Gasen (Kohlensäure und Sauerstoff) im Schulunterricht. — Derselbe berichtet über die Versammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften zu Wiesbaden.

*Sitzung am 20. August 1894.* Herr B. Schwalbe setzt seinen Vortrag über Versuche mit comprimierten Gasen im Schulunterricht fort.

*Sitzung am 3. September 1894.* Herr K. Geissler hält einen Vortrag über die Behandlung der Lehre von den Schwingungen im Schulunterricht mit Hilfe von ganz einfachen Apparaten.

*Sitzung am 12. September 1894.* Herr P. Szymański beschreibt das von ihm nach dem Vorbild des Apparates von du Bois und Rubens construierte astatische Spiegelgalvanometer und weist in einer Reihe von Versuchen dessen Verwendbarkeit im physikalischen Schulunterricht nach. Der Vortrag wird in dieser Zeitschrift als Fortsetzung der bereits (VII 10) erschienenen Arbeit über Magnet-Induktion veröffentlicht werden. — Derselbe demonstriert nach der Holtzschen Methode (vgl. d. Zeitschr. VII 116) die Partialentladungen, wobei er jedoch die Funken-scheibe mittels eines Siemensschen Elektromotors in Umdrehungen versetzt. — Derselbe stellt mittels des Ewingschen Apparates Magnetisierungskurven objektiv dar. — Herr P. Spies legt Mondphotographien von Prinz in Brüssel vor.

*Sitzung am 22. Oktober 1894.* Herr K. Geissler führt ein abgeändertes Lippisches Universalkaleidophon vor, welches Schwebungen anzeigt. — Derselbe hält einen Vortrag über die experimentelle Behandlung der Trägheitsmomente im Schulunterricht.

**Correspondenz.**

Zu der Frage „Atwoods Fallmaschine oder Galileis Fallrinne“ schreibt uns Herr Prof. Dr. W. Ptscheidl in Wien:

Die Art, mit welcher Herr Höfler in seinem unter der gleichen Aufschrift in dieser Zeitschr. (VII, 281-285) veröffentlichten Aufsatz meiner in der Zeitschr. Österr. Mittelschule VII, 354, 1893 abgedruckten Äusserung<sup>1)</sup> entgegentritt, veranlasst mich, hier nochmals auf dieses Thema zurückzukommen. Gewiss wird der Lehrer auf der Unterstufe des physikalischen Unterrichts, von

<sup>1)</sup> In dem Citat ist ein Druckfehler (S. 281) unberichtigt geblieben. Die betreffende Stelle lautet nämlich: Die Gleichungen für die Endgeschwindigkeit und den Weg u. s. w.

welcher hier die Rede ist, zunächst eine gleichmässig beschleunigte Bewegung auf der schiefen Ebene oder an der Fallmaschine erzeugen und deren Gesetze durch die Schüler unter seiner Anleitung bestimmen lassen. Dabei zeigt es sich sofort, dass die Fallmaschine der schiefen Ebene vorzuziehen ist; denn während man beim Herabrollen eines Körpers auf einer schiefen Ebene bloss das Gesetz  $s = at^2$  constatieren kann, kann man an der Fallmaschine durch Wiederholungen des Versuches und Abnahme des Übergewichts am Ende der 6., 5., und 4 u. s. w. Sec. ausser  $s_6, s_5, s_4$  u. s. w. auch  $v_6, v_5, v_4$  u. s. w. bestimmen und zeigen, dass  $v_6 - v_5 = v_5 - v_4 = \dots =$  einer Constanten  $\gamma$  ist und man es also mit einer Bewegung zu thun hat, bei welcher die Geschwindigkeit in gleichen Zeiten um gleich viel wächst. — Definition der gleichmässig beschleunigten Bewegung und der Beschleunigung. Ableitung der Gleichung  $s = \gamma t^2/2$ . — Das alles kann mit der Fallmaschine in ungezwungener Weise gewonnen werden, während man auf ein unüberwindliches Hindernis stösst, wenn man mittels der schiefen Ebene denselben Weg verfolgen will; dieses bildet der Energieverlust, welchen das Bewegliche beim Übergange von der schiefen zur horizontalen Ebene erleidet.

Ferner behandelt man in diesem Kapitel doch die Bewegung eines materiellen Punktes und die progressive Bewegung eines Körpers, zeigt aber, wenn man die schiefe Ebene statt der Fallmaschine nimmt, den Schülern als klassisches Beispiel hierfür das Herabrollen einer Kugel oder eines Wagens auf einer schiefen Ebene.

Hat der Schüler die Gesetze der gleichmässig beschleunigten Bewegung erfasst, so kommt die Frage nach deren Ursache zur Erledigung. Sollte der 14jährige Schüler noch nicht wissen, dass man durch Druck eine Bewegung erzeugen kann, so lasse man ihn ein Buch auf der Bank verschieben. Dass der Zug, welchen ein Körper an verschiedenen Punkten der an der Fallmaschine betrachteten Fallhöhe gegen die Erde erfährt, unveränderlich ist, kann man dem Schüler damit demonstrieren, dass man nach der Wegnahme des Übergewichtes dem einen Schälchen mit den auf ihm liegenden Gewichtsstücken verschiedene Höhenlagen giebt und constatirt, dass diesem jedesmal der entgegen wirkende Zug des zweiten Schälchens nebst seiner Belastung das Gleichgewicht hält. Damit ist es möglich, den Schüler zu überzeugen, dass die Schwerkraft für die in Betracht kommenden Höhen constant ist und dass die an der Fallmaschine beobachtete, gleichmässig beschleunigte Bewegung durch eine constante Kraft erzeugt wurde. Da die Kraft, welche den freien Fall bewirkt, constant ist, wie der Schüler nun weiss, muss der freie Fall ebenfalls eine gleichmässig beschleunigte Bewegung sein, für welche die oben gefundenen Gesetze gelten.

Herr A. Höfler bemerkt abschliessend zu demselben Gegenstande Folgendes:

Herr Pscheidt hat in Vorstehendem nur wiederholt, was ich selbst (VII 289) für Atwoods Fallmaschine angeführt hatte. Ebenso hatte ich bereits den „Energieverlust am Knie“ gewürdigt, der gegen die Fallrinne mit wagrechtem Ansatz sprechen würde, wenn er eben nicht innerhalb der Grenzen der mit einem derartigen Apparat überhaupt zu beabsichtigenden Genauigkeit läge. Mit dem Schienenapparat werden solche Neigungen vorgeführt, für die der Fallraum der 1. Sek. 5 cm, bezw. 10 cm ist; also, von der Reibung abgesehen, mit rund  $\sin \alpha = 1:100$ , bezw.  $1:50$ . Wird die Geschwindigkeit, mit der sich der Wagen auf der wagrechten Bahn weiter bewegt, als  $v \cos \alpha$  angenommen, so ist der Geschwindigkeitsverlust  $v - v \cos \alpha \approx v/20000$  bezw.  $v/5000$ , was sicher kein „unüberwindliches Hindernis“ für die Vorführung des Versuches ist. Auch König (*diese Zeitschr.* VII S. 6), berichtet von seinen Versuchen, es „vollziehe sich der Übergang . . . ohne wesentlichen Energieverlust“. (Ähnlich Pfaundler, *Lehrbuch I*, 140.)

Wenn ferner Herr Pscheidt an der Drehbewegung der Kugel, bezw. der Rädchen des Wagens so grossen Anstoss nimmt, so hätte er meinen Hinweis auf die Drehung des Rädchens der Fallmaschine nicht mit Stillschweigen übergehen dürfen. Wie rechnet er die „Masse“ des Rädchens in die Belastungen der Träger ein, ohne auf den Begriff „Trägheitsmoment“ einzugehen? Stefan bezeichnete im Zusammenhange mit der von mir VII 284 citierten Äusserung diese principielle Complication der Fallmaschine als so wesentlich, dass er den Gedanken anregte, ob man nicht statt des Rädchens etwa einen gläsernen Sattel oder dgl. anbringen sollte.

Was nicht als Hauptgrund für die Fallrinne, gegen die Fallmaschine angeführt hatte — die Rücksicht auf das kindliche Interesse (für das Rollen einer Kugel, eines Wagens, nicht aber für den künstlichen Atwoodschen Apparat) und auf die kindliche Fassungskraft (welche für die begriffliche Unterscheidung von Gewicht und Masse noch nicht reif ist) lässt Herr Pscheidt überhaupt ganz ausser Acht.

Himmelserscheinungen im März und April 1895.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde, ☉ Sonne, ♃ Mars,  
♃ Jupiter, ♄ Saturna. — ♂ Conjunction, □ Quadratur, ♁ Opposition.

Monatstag	März						April						
	2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26	
Helio- centrische Längen.	178°	197	214	229	243	257	271	285	300	317	336	358	☾ ☿ ♀ ♂ ♃ ♄
	34	42	50	58	66	74	82	90	99	107	115	123	
	162	167	172	177	182	187	192	196	201	206	211	216	
	98	101	103	105	107	110	112	115	117	119	121	124	
	97	98	98	98	99	99	100	100	101	101	101	102	
	212	212	213	213	213	213	213	213	213	214	214	214	
Aufst.Knoten. Mittl. Länge.	353°	352	352	352	352	351	351	351	351	350	350	350	☾ ☾
	54	119	185	251	317	23	89	155	221	287	352	58	
Geo- centrische Recta- scensionen.	43°	118	188	256	321	16	82	157	222	293	351	49	☾ ☿ ♀ ♂ ♃ ♄
	332	330	330	332	336	341	347	354	1	8	16	25	
	4	9	15	21	26	32	38	44	50	56	62	69	
	343	348	352	357	1	6	11	15	20	24	29	34	
	58	61	64	67	70	73	76	80	83	86	90	93	
	86	86	87	87	88	88	89	89	90	91	92	93	
	216	215	215	215	215	215	214	214	214	213	213	212	
Geo- centrische Dekli- nationen.	+21°	+25	-5	-28	-18	+9	+29	+12	-21	-26	-4	+23	☾ ☿ ♀ ♂ ♃ ♄
	-8	-10	-11	-12	-11	-10	-8	-5	-2	+1	+5	+9	
	+0	+3	+6	+8	+11	+13	+15	+17	+19	+21	+22	+23	
	-7	-5	-3	-1	+1	+3	+5	+6	+8	+10	+12	+14	
	+22	+22	+23	+23	+24	+24	+24	+25	+25	+25	+25	+25	
	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+23	
	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-11	-10	-10	-10	
Aufgang.	18 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	18.33	18.22	18.10	17.58	17.46	17.35	17.23	17.12	17.1	16.50	16.39	☉ ☾
	20 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	0.22	8.13	15.4	17.20	18.6	20.43	2.37	10.8	14.54	15.55	17.7	
Untergang.	5 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>	5.48	5.57	6.6	6.14	6.23	6.32	6.41	6.49	6.58	7.7	7.15	☉ ☾
	12 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	17.43	18.53	21.6	1.48	7.57	14.24	16.36	17.46	22.16	3.13	9.45	
Zeitglchg.	+12 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup>	+11.12	+9.55	+8.30	+7.0	+5.29	+3.53	+2.29	+1.1	-0.13	-1.20	-2.16	☉

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

März 4 1 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 9	Erstes Viertel	April 2 10 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 5	Erstes Viertel
" 9 14	Mond in Erdnähe	" 6 18	Mond in Erdnähe
" 10 16 31,4	Vollmond	" 9 2 37,0	Vollmond
" 17 18 25,3	Letztes Viertel	" 16 12 15,9	Letztes Viertel
" 21 20	Mond in Erdferne	" 18 14	Mond in Erdferne
" 25 23 18,6	Neumond	" 24 14 4,7	Neumond.

Constellationen. März: 3<sup>h</sup> ♂ ☾; 4 15<sup>h</sup> β Tauri ♂ ☾, Bedeckung; 5 0<sup>h</sup> ♃ ☾; 10 sichtbare totale Mondfinsternis; 14 1<sup>h</sup> ♄ ☾; 17 18<sup>h</sup> ♃ ☾; 20 10<sup>h</sup> ☉ im Widder, Frühlings-Nachtgleiche; 23 11<sup>h</sup> ♃ ☾; 23 22<sup>h</sup> ♃ in grösster westlicher Ausweichung; 25 unsichtbare Sonnenfinsternis; 26 15<sup>h</sup> ♃ in Sonnenferne; 28 13<sup>h</sup> ♃ ☾; 31 15<sup>h</sup> ♂ ☾. — April: 1 10<sup>h</sup> ♃ ☾; 10 9<sup>h</sup> ♄ ☾; 12 15<sup>h</sup> α Scorpii ♂ ☾, Bedeckung; 23 18<sup>h</sup> ♃ ☾; 23 22<sup>h</sup> ♄ ☾; 25 15<sup>h</sup> ♂ ☾, ♂ 1° 27' nördlicher; 27 11<sup>h</sup> ♃ ☾; 28 22<sup>h</sup> ♃ ☾; 29 1<sup>h</sup> ♂ ☾; 30 6<sup>h</sup> ♃ in Sonnennähe.

Meteore. Maximum der zweiten März-Hälfte und April-Schwarm vom 18.—23. bei gutem Wetter schön zu beobachten.

An den mondfreien Abenden der zweiten März-Hälfte ist das Zodiakallicht gegen 8<sup>h</sup> Ortszeit am Westhimmel zu beobachten. Im April gelingt die Auffindung nur dem Geübteren.

Veränderliche Sterne. 1) Algols-Minimum März 22 7<sup>h</sup>; 2) β und R Lyrae sind in den späten Abendstunden, noch besser morgens zu beobachten; α, δ Orionis, ζ, η Geminorum abends, η Aquilae, α und γ Herculis morgens; δ und μ Cephei, α Cassiopeiae sind circumpolar.

J. Plassmann, Warendorf.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.