

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLII. Jahrgang.

1929.

Fünftes Heft.

Jöns Jakob Berzelius.

Zum 150. Geburtstage.

Von R. Winderlich in Oldenburg i. O.

JÖNS JAKOB BERZELIUS wurde am 20. August 1779 zu Väfversunda in Ostgotland während eines Ferienaufenthaltes seiner Eltern geboren. Sein Vater, ein Schulmann in Linköping, starb, als der Knabe erst vier Jahre alt war. Wenige Jahre später starb die Mutter, die sich wieder verheiratet hatte. Das Haus des Stiefvaters mußte der arme Junge verlassen, als dort eine neue Stiefmutter einzog. Vierzehnjährig kam er auf das Gymnasium in Linköping; seinen Lebensunterhalt mußte er durch Privatunterricht verdienen. Seine Liebe zur Naturwissenschaft trug ihm Spott und Vorwürfe ein; ein einziger Lehrer suchte ihn zu fördern. In seinem Abgangszeugnis stand, daß er ein junger Mann von guten Naturanlagen, aber schlechten Sitten und zweifelhaften Hoffnungen sei¹.

Auf der Universität Upsala hatte der junge Student der Heilkunde wiederum kein Glück mit seinen Lehrern. Er meldete sich bei dem Chemiker Prof. AFZELIUS zur Teilnahme an den chemischen Laboratoriumsübungen, die wöchentlich einmal stattfanden. Gegen ein Trinkgeld ließ der Diener den wissensdurstigen Studenten jedoch jeden Nachmittag ein paar Stunden in den Arbeitsraum. AFZELIUS stellte unbefriedigende Aufgaben, aus denen man nichts lernen konnte. Bezeichnend ist, daß niemand Sauerstoff herzustellen vermochte; auch AFZELIUS nicht.

Um beim praktischen Arbeiten unabhängiger zu sein, mietete sich BERZELIUS ein Zimmer mit einer Nebenkammer, die einen Herd besaß. Hier experimentierte er auf eigene Faust. Hier gelang es ihm bald, Sauerstoff herzustellen, den er dann zum allgemeinen Staunen im Laboratorium vorführte.

Während eines Ferienaufenthaltes in Vadstena nahm er in der Apotheke an allen Arbeiten teil und lernte Glasblasen. Als fortgeschrittener Student wurde er während eines Sommers im Bade Medevi aushilfsweise als Armenarzt angenommen; dort untersuchte er das Wasser der Heilquelle und baute sich zu therapeutischen Zwecken aus sechzig Zinkplatten und sechzig Kupfermünzen eine einfache galvanische Säule. Beide Arbeiten sind für sein Leben in doppelter Hinsicht wichtig gewesen: die analytische Untersuchung wurde seine disputatio pro exercitio, die Beschreibung der physiologischen und medizinischen Wirkungen seiner Säule wurde die disputatio pro gradu medico; in der Folgezeit gehörten analytische Untersuchungen zu seiner Haupttätigkeit, und das Studium der chemischen Wirkungen der Elektrizität übte einen bestimmenden Einfluß auf seine theoretischen Ansichten aus.

Als Arzt in Stockholm lernte BERZELIUS den Bergwerksbesitzer W. v. HISINGER kennen, der sich mit elektrischen Untersuchungen beschäftigte. HISINGER stellte ihm ein paar Stuben in seinem Hause bereit; dort unternahmen es die beiden Forscher, „die Gesetze ausfindig zu machen, nach welchen die chemischen Wirkungen der Säule hervorgebracht werden“. Ihr Bericht hierüber erschien 1803: „Versuche über

¹ JAKOB BERZELIUS: „Selbstbiographische Aufzeichnungen“. Herausgegeben im Auftrage der Königlich Schwedischen Akademie der Wissenschaften von H. G. SÖDERBAUM. Nach der wörtlichen Übersetzung von EMILIE WÖHLER bearbeitet von GEORG W. A. KAHLBAUM, Leipzig 1903. S. 11 u. 113.

die Wirkung der elektrischen Säule auf Salze und auf einige von ihren Basen¹. In dieser Abhandlung, die vieles enthält, was erst später durch H. DAVY allgemein bekannt wurde, sagten sie: 1. „Wenn sich die elektrische Säule durch eine Flüssigkeit entladet, so trennen sich die Bestandteile dieser Flüssigkeit auf eine solche Weise, daß sich die einen um den positiven und die anderen um den negativen Pol ansammeln. 2. Die zu einem und demselben Poldraht sich begebenden Stoffe stehen unter sich in einer gewissen Analogie: zu dem negativen Pol gehen alle brennbaren Körper, Alkalien und Erden, zu den positiven dagegen Sauerstoff, Säuren und oxydierte Körper“². . . . „Wir wagen kein Raisonnement über das Wie, wodurch die erwähnten Zersetzungen bewirkt werden, doch scheint es uns am nächsten, sie durch Attraktion der Elektrizität auf die einen und Repulsion auf die andern Stoffe zu erklären“³. Mit Stolz konnte BERZELIUS in reiferen Jahren sagen: „Diese Abhandlung enthält die Grundlage derjenigen Gesetze, auf welche die elektrochemische Theorie sich später aufbaute“⁴, und es war mehr als bloße Höflichkeit gegen einen Gast, als im Jahre 1819 der damalige Präsident der Pariser Akademie der Wissenschaften, VAUQUELIN, zu BERZELIUS sprach: „Wir betrachten es als eine Pflicht, Ihnen zu sagen, daß, wenn uns Ihre und Herrn HISINGERS Arbeit über die chemischen Wirkungen der elektrischen Säule bekannt gewesen wäre, als DAVY den großen Preis von uns erhielt, wir ihn zwischen Ihnen beiden und ihm geteilt hätten“⁵.

Eine solche materielle Unterstützung hätte BERZELIUS aus seinem kümmerlichen Broterwerb befreit. Sein geringes mütterliches Erbteil hatte er größtenteils auf der Universität verbraucht. In Stockholm fiel er als kläglich besoldeter Armenarzt gerissenen Unternehmern in die Hände, die ihn in Schulden brachten: „Ich, der ich ein festes Jahreseinkommen von nur 66 Rtlr. 32 Sch. hatte, schuldete nun der Diskontobank etwas mehr als 1000 Rtlr. . . . Zehn Jahre lang mußte ich der Bank alles abliefern, was ich außer dem Bedarf für den Lebensunterhalt zusammenscharren konnte“⁶.

Mit eisernem Fleiß und unbeirrt durch alle Widerwärtigkeiten ging BERZELIUS seinen Weg. 1806 wurde er Lektor der Chemie auf Karlsberg in Stockholm mit einem fürstlichen Gehalt von 100 Reichstalern, 1807 Professor an der Chirurgischen Schule; am 15. Juni 1808 wurde er zum Mitglied der Akademie gewählt. Auf sein Betreiben wurde ein Unterrichtslaboratorium eingerichtet mit einer jährlichen Beisteuer von 200 Reichstalern für Geräte und Materialien. 1806 erschien der erste Band seiner Tierchemie, 1808 der erste Band seines berühmten Lehrbuches der Chemie.

Bei der Arbeit an diesem Buche wurde er durch die Untersuchungen J. B. RICHTERS über die gegenseitige Zerlegung der neutralen Salze unter Beibehalt der vollen Neutralität gefesselt. „Es schien mir sonnenklar, daß das von ihm aufgestellte Naturgesetz richtig sein mußte, wenn auch mehrere Chemiker gegen die Richtigkeit seiner analytischen Resultate, auf welche dasselbe nachweislich begründet war, Einspruch erhoben. Ich setzte meine Ansicht im Lehrbuch auseinander und beschloß dabei, durch richtige Analysen die Berechtigung meiner Überzeugung faktisch darzulegen. Dies wurde der Grund zu der Richtung meiner wissenschaftlichen Arbeiten während des größten Teils meiner tätigsten Lebensjahre, d. h. zu meinen Arbeiten über die chemischen Proportionen“⁷.

Die Chemikalien bereitete BERZELIUS durchweg selbst, weil sie in Schweden überhaupt nicht zu kaufen waren. Sogar den Brennspiritus hat er sich notgedrungen durch Destillation von Branntwein herstellen müssen. Die Not machte ihn erfinderisch. Er erfand die reinliche Weingeistlampe als Ersatz für die schmutzigen Kohlefeuer;

¹ Erster Abdruck (deutsch): GEHLENS Neues Journal der Chemie, (1803) 1, 116; zweiter Druck schwedisch, dritter in GILBERTS Annalen 27, 269 (1807).

² S. 142, GEHLEN; S. 296, GILBERT. ³ S. 148, GEHLEN; S. 302, GILBERT.

⁴ J. BERZELIUS „Selbstbiographische Aufzeichnungen“, S. 29.

⁵ Ebenda S. 29. ⁶ Ebenda S. 41. ⁷ Ebenda S. 46.

er erdachte die Spritzflasche; er benutzte ausgiebig zweckmäßige Bechergläser und Trichter; er lehrte eine Unzahl einfacher Handgriffe, um das Arbeiten zu erleichtern, z. B. das Einfetten eines Randes vor dem Ausgießen einer Flüssigkeit; er führte Kautschukröhren anstelle der Lederschläuche ein; er zeigte, daß mit empfindlichen Wagen und kleinen Stoffmengen genauer zu arbeiten ist als mit großen Mengen; er ersann ganz neue analytische Methoden und brachte sie zu erstaunlicher Vollendung.

Nach zwei Jahren unermüdlicher, zäher Tätigkeit hatte er die Freude, seine Analysen mit den Gesetzen RICHTERS übereinstimmend zu finden. Er hatte ganz unzweifelhaft bestimmte und einfache Verhältnisse zwischen den Grundstoffen anorganischer Verbindungen nachgewiesen, wodurch die Erhaltung der vollen Neutralität beim Umsatz der Salze erst verständlich wurde. Voll Bescheidenheit begann er eine seiner berühmten Abhandlungen: „Daß bestimmte und einfache Verhältnisse zwischen den Urstoffen eines jeden zusammengesetzten Körpers die Zusammensetzung begründen, ist den Naturforschern niemals entgangen; ein Beweis davon kann also nicht als eine Entdeckung angesehen werden“¹. Aber er war sich doch bewußt, daß er über alle Vorgänger, die er nannte, BERGMANN, RICHTER, WENZEL, PROUST, weit hinausgegangen war, denn er schrieb an einer anderen Stelle desselben Aufsatzes: „Die Zunahme, welche die Wissenschaft durch die im Folgenden auseinanderzusetzende Lehre von den bestimmten Proportionen gewonnen hat, ist im Verhältnis zu dem, was darin zu untersuchen übrig ist, sehr klein, sie ist aber in ihren Folgen von den wichtigsten, die ihr jemals begegnet ist“².

Als ihm DALTONS Atomlehre bekannt wurde, stand er ihr zunächst zweifelnd gegenüber; bei näherer Prüfung wurde er ihr eifrigster Verteidiger. Er überzeugte sich jedoch, „daß DALTONS Zahlen die Genauigkeit fehlte, die für die praktische Anwendung seiner Theorie erforderlich war. Ich erkannte nun, daß, wenn das aufgegangene Licht sich über die ganze Wissenschaft verbreiten sollte, zuerst die Atomgewichte einer möglichst großen Anzahl von Grundstoffen und vor allem der häufig am gewöhnlichsten vorkommenden mit möglichster Genauigkeit bestimmt und dabei die Verhältnisse ausgemittelt werden mußten, nach denen zusammengesetzte Atome sich untereinander verbinden, wie z. B. in den Salzen, mit deren Analysen ich schon seit einiger Zeit beschäftigt war. Ohne eine solche Arbeit konnte auf die Morgenröte kein Tag folgen. Es war dies damals der wichtigste Gegenstand der chemischen Forschung, und ich widmete mich ihm in rastloser Arbeit“³. So wurde die lange Reihe der Untersuchungen über die chemischen Proportionen zugleich die Grundlage aller Atomgewichtsbestimmungen.

Die erste Atomgewichtstafel veröffentlichte BERZELIUS 1814 in Stockholm, 1815 in einer deutschen Zeitschrift⁴. Als er sie 1818 vermehrt und verbessert wieder herausgab⁵, führte er 46 Grundstoffe und rund 2000 Verbindungen an, die er sämtlich eigenhändig analysiert hatte. Um diese Leistung richtig zu würdigen, muß man sich immer wieder vor Augen halten, wie ärmlich das Laboratorium eingerichtet war, und wie schwierig reine Reagentien zu erhalten waren; BERZELIUS mußte z. B. seinen ganzen Bedarf an Salzsäure selbst herstellen. Dabei verlangte er von sich und anderen peinlichste Arbeit. So schrieb er an seinen Lieblingsschüler FR. WÖHLER: „Für das künftige Arbeiten erlaube ich mir folgendes zu empfehlen: 1. daß man sich niemals mit dem analytischen Resultate von nur einer Analyse begnügt, sondern als Regel aufstellt, daß wenigstens 3 übereinstimmen müssen, und 2., daß die zu diesen 3 Analysen angewandten Substanzproben nicht alle auf einmal oder auf demselben Wege hergestellt werden dürfen, sondern daß am besten die Probe für jede Analyse das Produkt

¹ SCHWEIGGERS Journal f. Chemie u. Physik 2, 297 (1811). ² S. 303.

³ BERZELIUS' „Lehrbuch der Chemie“ 5. Aufl., Bd. 3, S. 1161 (1845).

⁴ SCHWEIGGERS Journal f. Chemie u. Physik, 15, 277.

⁵ SCHWEIGGERS Journal f. Chemie u. Physik 21, 307.

einer besonderen Bereitungs-Operation ist“ (13. Dez. 1831)¹. Nach seiner eigenen Angabe hat BERZELIUS manche Analyse zwanzig- bis dreißigmal wiederholt, bevor er seinem Ergebnis traute.

In seiner arbeitreichsten Zeit gönnte er sich einmal (Juni bis November 1812) eine Erholungs- und Studienreise nach England. Dort lernte er H. DAVY persönlich kennen. Mit MARCET zusammen untersuchte er den Schwefelkohlenstoff. „Hierdurch wurde ich mit der Art und Weise der Engländer, Untersuchungen auszuführen, bekannt. Von den großen Mitteln, die ihnen zu Gebote standen, wußte ich nichts; dagegen war ihre Methode, zu präzisen Resultaten zu gelangen, der meinen nicht gewachsen“².

Allmählich befielen auch den nimmermüden Mann, dessen Gesundheit von Kindheit an eine schwankende war, die traurigen Folgen der beharrlichen Überanstrengung bei mangelnder Bewegung in frischer Luft. Er litt an regelmäßig wiederkehrenden Kopfschmerzen, an Migräne. Als er im Jahre 1818 seine Arbeiten über die chemischen Proportionen zu einem vorläufigen Abschluß gebracht hatte, und ein Zustand vollkommener geistiger und körperlicher Erschöpfung eingetreten war, unternahm er (Juli) eine Reise nach Paris. Die Erholung tat ihm wohl, die Kräfte kehrten zurück. Seinen Aufenthalt in dem Gelehrtensitz Arcueil benutzte er, um mit DULONG die Atomgewichte des Wasserstoffs, Stickstoffs und Kohlenstoffs und die spez. Gewichte von Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlensäuregas zu bestimmen.

Der König von Schweden hatte ihm eine Reisezulage von 2000 Rtlr. gewährt. Durch die Gastfreundschaft des schwedischen Gesandten in Paris, des Grafen GUSTAV LÖWENHJELM, sparte BERZELIUS so viel, daß er 12 große Kisten voll Instrumente und Chemikalien heimsenden konnte. Die weitere Reise führte BERZELIUS über Lyon nach Genf, über Lausanne, Bern, Zürich, Schaffhausen, Tübingen, Stuttgart, Nürnberg, Erlangen, Hof, Freiberg, Dresden nach Berlin, um die ausländischen Gelehrten und Universitäten und verschiedene Minerallagerstätten kennen zu lernen. Ende September 1819 kehrte er nach Schweden zurück.

Während der 14 Tage, die er in Berlin verweilte, empfahl er dem preußischen Minister v. ALTENSTEIN als Nachfolger KLAPROTHS auf dem chemischen Lehrstuhl der Universität den jungen MITSCHERLICH auf Grund einer noch unveröffentlichten Arbeit. Auf Wunsch des Ministers ging MITSCHERLICH zunächst nach Stockholm, um unter BERZELIUS zu arbeiten. Dort ist die Arbeit, die BERZELIUS begeistert hatte, in den Abhandlungen der Akademie für das Jahr 1820 erschienen: „Über das Verhältnis zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Krystallform arseniksaurer und phosphorsaurer Salze“³. In dieser Arbeit hat MITSCHERLICH gezeigt, daß Stoffe von verschiedener Zusammensetzung gleiche Kristallformen annehmen können, und daß diese Kristallform durch ein ähnliches inneres Verhältnis zwischen den Elementen bedingt ist.

Diese Entdeckung der Isomorphie hat zusammen mit der Entdeckung der Atomwärme durch DULONG und PETIT von neuem BERZELIUS zu analytischen Untersuchungen und zur Durchrechnung der Atomgewichte geführt. Als er im Jahre 1826 eine neue Tafel der Atomgewichte herausgab⁴, hatte er die meisten seiner früheren Zahlen verändert, er hatte sie halbiert oder gevierteilt, um sie mit den Sätzen von DULONG und PETIT und von MITSCHERLICH in Einklang zu bringen. Ein paar Beispiele aus den verschiedenen Tafeln können das bewundernswerte Feingefühl und die fabelhafte

¹ Briefwechsel zwischen J. BERZELIUS und F. WÖHLER. Im Auftrage der Kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen mit einem Kommentar von J. VON BRAUN, herausgegeben von O. WALLACH. Lpzg. 1901. Bd. 1, S. 389.

² BERZELIUS „Selbstbiographische Aufzeichnungen“, S. 58.

³ In deutscher Sprache vollständig erst 1896 in den gesammelten Werken: E. MITSCHERLICH, „Schriften“, S. 133—173.

⁴ POGGENDORFFS Annalen d. Phys. u. Chem. 7, 397—416; 8, 1—24, 177—180 (1826).

Sicherheit im Auffinden und Handhaben geeigneter analytischer Methoden dartun¹. Seine Zahlen weichen nur wenig von den heute gebräuchlichen ab. Als Vergleichseinheit hatte BERZELIUS den Sauerstoff gewählt, den er als den „Angelpunkt der Chemie“ ansah. Den Wasserstoff hielt er für ungeeignet zur Einheit, weil nur wenige Grundstoffe sich mit ihm verbinden, weil außerdem genaue Analysen der Wasserstoffverbindungen wegen des geringen Wasserstoffgewichtes sehr schwierig sind.

	BERZELIUS 1814		BERZELIUS 1818		BERZELIUS 1826		1929 O = 16
	O = 100	Umgerechnet auf O = 16	O = 100	Umgerechnet auf O = 16	O = 100	Umgerechnet auf O = 16	
Baryum	1709,1	273,4 = 2 · 136,7	1713,86	274,2 = 2 · 137,1	856,88	137,1	137,36
Blei	2597,4	415,56 = 2 · 207,78	2589	414,24 = 2 · 207,12	1294,498	207,12	207,21
Kalium	978	156,48 = 4 · 39,12	979,83	156,76 = 4 · 39,19	489,916	78,38 = 2 · 39,19	39,104
Kohlenstoff . . .	74,91	11,98	75,53	12,05	76,437	12,23	12,000
Kupfer	806,45	129,02 = 2 · 64,51	791,39	126,62 = 2 · 63,31	395,695	63,31	63,57
Natrium	579,32	92,68 = 4 · 23,17	581,84	93,08 = 4 · 23,27	290,897	46,54 = 2 · 23,27	22,997
Phosphor	167,512	26,8	392,3	62,76 = 2 · 31,38	196,155	31,38	31,02
Sauerstoff	100	16	100	16	100	16	16,000
Schwefel	201	32,16	201,16	32,185	201,165	32,19	32,06
Silber	2688,17	430,08 = 4 · 107,52	2703,21	432,48 = 4 · 108,12	1351,607	108,12	107,880
Wasserstoff . . .	6,636	1,0617	6,6337	1,0614	6,2398	0,998	1,0078

Die chemischen Verhältnissverhältnisse allein gewährten dem Geiste eines BERZELIUS noch keine Befriedigung. Sein ordnend veranlagter Kopf suchte die verwirrende Fülle der Tatsachen zu einem harmonischen Ganzen zu formen. Er brachte die ungeheure Mannigfaltigkeit der Stoffe in ein System, das der weiteren Forschung hervorragende Dienste geleistet hat, das aber schließlich der fortschreitenden Erkenntnis nicht genügen konnte und aufgegeben werden mußte. BERZELIUS ging von der Überzeugung aus, daß jeder chemische Vorgang zugleich ein elektrischer sei. Jedes kleinste Teilchen sollte schon an und für sich elektrisch sein, je nach der Art des Stoffes positiv oder negativ elektrisch, und zwar in verschiedenem Grade, wobei BERZELIUS sich jedes Atom mit zwei verschieden stark und entgegengesetzt geladenen Polen ausgerüstet dachte. Beim Entstehen einer Verbindung mußten sich dann die Elektrizitäten benachbarter Pole ausgleichen; der Überschuß an Elektrizität, den ein Bestandteil der Verbindung aufwies, würde damit den Charakter der neuen Verbindung bedingen. Am Wandern der Bestandteile bei der Elektrolyse glaubte er die elektrische Natur jedes einzelnen erkennen zu können: was vom negativen Pol angezogen wurde (Metalle und Wasserstoff) mußte daher positiv sein. Entsprechend der verschieden starken Aufladung an den Polen eines Elementes, ordnete er die Grundstoffe in eine Reihe, die mit Sauerstoff als absolut elektronegativem Element begann und mit stufenweiser Abnahme der negativen und Zunahme der positiven Elektrizität hinüberführte zu den Metallen, von denen Alkalimetalle die stärksten

¹ Eine ausführliche vergleichende Atomgewichtstafel, die auch die ungeheuren Fortschritte gegenüber DALTON erkennen läßt, bietet SÖDERBAUM: „Berzelius' Werden und Wachsen, 1779—1821“ S. 222—224 (Leipzig 1899).

positiven zu sein schienen. Jedes Glied der langen Reihe, die Wasserstoff ungefähr in der Mitte liegen hatte, war dann positiv in bezug auf das vorhergehende und negativ gegenüber dem folgenden. Die Oxyde der ersten Hälfte lieferten starke Säuren, die Oxyde der zweiten hingegen Basen; die Verbindung eines Oxydes von saurem Charakter mit einem von basischem Gepräge ergab dann ein Salz. In gleicher Weise ordnete er die zusammengesetzten Stoffe in elektronegative (Säuren), elektropositive (Basen) und indifferente.

Eng verknüpft mit dem dualistischen System waren die Namen, die BERZELIUS gebrauchte: schwefelsaures Kupferoxyd war der scharf und genau geprägte Ausdruck für die Annahme, daß in diesem Salz eine Verbindung aus Schwefelsäure (SO_3) mit Kupferoxyd (CuO) vorliege.

Solche Namen zeichneten sich nicht durch Kürze aus, sie waren unbequem zu schreiben, und sie bedurften noch der ergänzenden Angaben über den Prozentgehalt an einzelnen Grundstoffen. BERZELIUS selbst fand die Länge der Namen lästig und suchte deshalb nach einer kürzeren, ökonomischen Ausdrucksweise für die Schrift. Die alten Zeichen waren für seine Zwecke unbrauchbar, denn sie sagten nichts oder wenig über die Zusammensetzung der Stoffe aus. BERZELIUS knüpfte hier wieder an RICHTER an, wahrscheinlich unbewußt; aber er ging weit über ihn hinaus. In den Tafeln RICHTERS waren die Grundstoffe mit den zu seiner Zeit gebräuchlichen Zeichen angegeben, für die neu entdeckten Elemente Chrom, Titan und Tellur behalf sich RICHTER mit den Anfangsbuchstaben χ , Ti und Te¹. Diesen glücklichen Gedanken, Buchstaben als Symbole für Stoffe zu benutzen, griff BERZELIUS auf; dabei legte er in die neue Zeichensprache soviel hinein, daß er als ihr Schöpfer anzusehen ist. Er veröffentlichte seine Gedanken im Jahre 1815: „Über die chemische Zeichensprache und die Art ihrer Anwendung zum Ausdrucke der chemischen Proportionen“². Die Überschrift kennzeichnet bereits den Fortschritt: „zum Ausdrucke der chemischen Proportionen“; das ist der Kern der Sache. „Ich muß bemerken, daß der Zweck dieser neuen Zeichen nicht ist, sie gleich den älteren zur Signatur der Gefäße in den Laboratorien anzuwenden; sie sind lediglich bestimmt, den Ausdruck der chemischen Verbindungsverhältnisse zu erleichtern, um ohne Umschweife die verhältnismäßige Anzahl der sich verbindenden Massenteile in jedem zusammengesetzten Körper ausdrücken zu können. Bei Bestimmung des Gewichts der elementaren Massenteile werden diese Formeln uns in den Stand setzen, das numerische Resultat einer Analyse so einfach und auf eine so leicht zu behaltende Art auszudrücken, als solches durch die algebraischen Formeln in der Mechanik geschieht. . . . Das chemische Zeichen drückt immer ein Volum (Massenteil nach RICHTER, Atom nach DALTON) des Stoffes aus. Wenn es nötig ist, mehrere Volumina anzudeuten, so geschieht es durch Beisatz der Zahl derselben“³. In der Tat, kein Gedächtnis wäre imstande, die prozentische Zusammensetzung einer größeren Zahl von Stoffen zu behalten, während es leicht ist, sich die wenigen Atomgewichte und die wichtigsten Formeln einzuprägen und damit auch die prozentische Zusammensetzung jederzeit zu errechnen.

Für den Sauerstoff benutzte BERZELIUS außer dem Zeichen O auch Punkte oberhalb des zugehörigen Elementensymbols; $\dot{\text{C}}\text{u}$ war daher gleichbedeutend mit CuO . Die Atomanzahl schrieb er oberhalb des Atomzeichens, während wir sie (nach LIEBIG und POGGENDORFF) unten anhängen; die Salzformel gliederte er seinem dualistischen System entsprechend in zwei Teile, in den elektropositiven Anteil, z. B. $\dot{\text{C}}\text{u}$, und den elektropositiven z. B. $\ddot{\text{S}}$. Die Schreibweise ist zwar den veränderten Anschauungen und den gesteigerten Bedürfnissen nach Klarheit, Eindeutigkeit und Leichtflüssigkeit der

¹ J. B. RICHTER „Über die neuen Gegenstände der Chemie. Zehntes Stück,“ S. 169 (Breslau, Hirschberg und Lissa 1800).

² SCHWEIGGERS Journ. f. Chem. u. Phys. 13, S. 240—243.

³ A. a. O., S. 240.

Schrift gefolgt, aber das Wesen der symbolischen Ausdrucksweise ist so geblieben, wie es aus des Meisters Hand hervorgegangen ist.

Im Winter 1812/13 hatte BERZELIUS von einem englischen Arzt zum Dank für praktischen chemischen Unterricht den Rest einer wertvollen Mineraliensammlung als Geschenk erhalten. Daraufhin begann er Mineralogie zu treiben, um seine Sammlung ordnen zu können. Vor seinen kritischen Augen vermochte jedoch kein einziges der gebräuchlichen Mineralsysteme (HAUY, WERNER, KARSTEN, HAUSMANN) zu bestehen. So suchte er selbst nach einem neuen. In einer umfangreichen Abhandlung¹ stellte er den Grundsatz auf, daß die wissenschaftliche Mineralogie ein Teil der Chemie sein müsse. Er erhärtete diesen Satz durch den Nachweis, daß irgendein bestimmtes Mineral stets dieselbe chemische Zusammensetzung hat, woher es auch stammen mag. Durch zahlreiche eigene Analysen und durch Nachrechnen der berühmten Mineralanalysen KLAPROTHS (Entdecker des Urans, Zirkons, Titans, Cers) und VAUQUELINS (Entdecker des Chroms) konnte er zeigen, daß die chemischen Proportionen, die an künstlich dargestellten Stoffen aufgefunden waren, in den natürlichen Mineralien in gleicher Weise sich gültig zeigten. Er zog deshalb den folgenschweren Schluß: „Ist nun die Mineralogie an sich selbst bloß ein Teil der Chemie, so ist klar, daß das Prinzip ihrer wissenschaftlichen Anwendung kein anderes als ein chemisches sein kann, und jedes andere der Mineralogie als Wissenschaft gänzlich fremd sein müsse“².

Dieser Satz war etwas Unerhörtes. Mineralogie war damals Mode; ungezählte Liebhaber, die von Chemie keinen Schimmer besaßen, sammelten Mineralien und begnügten sich mit dem Beobachten und Bestimmen der äußeren Eigenschaften. Es kann darum nicht wundernehmen, daß BERZELIUS mit seinen umstürzlerischen Gedanken nicht eitel Freude erweckte. Eigentlich mußten die alten Mineralsysteme, die keinen Wert auf die chemische Beschaffenheit der Stoffe legten — BERZELIUS verglich ihre Angaben „mit den Zeichen auf der Emballage unbekannter Waren“³ — überraschen, denn das Hüttengewerbe hat seit uralter Zeit nach diesen Dingen nur gesucht, weil sich aus gewissen Steinen Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei, Eisen usw. ausbringen ließ. Die praktische Anwendung der Mineralogie hat immer auf die chemische Beschaffenheit Rücksicht genommen. Das Mineralsystem von HAUY vernachlässigte die chemische Zusammensetzung zwar nicht völlig, aber der Gelehrte Abbé glaubte, daß die Zusammensetzung von der Kristallform abhängig sei, nicht etwa umgekehrt; deshalb bezeichnete er die Kristallform als das am meisten entscheidende Kennzeichen eines Minerals. BERZELIUS hingegen sah mit klarem Blick, 1. daß in den Mineralien das Stoffliche das eigentlich Maßgebende ist, 2. daß beim Entstehen dieser Naturerzeugnisse keine anderen Kräfte wirksam waren und sind als im Laboratorium bei chemischen Arbeiten, 3. daß in den reinen, unvermischten Mineralien genau die gleichen Verhältnisse auftreten, wie in den künstlich bereiteten Chemikalien, 4. daß sie Verbindungen von erdiger oder salziger Natur sind, wobei zumeist die Kieselerde den Säurebestandteil ausmacht, und 5. daß sich die Mineralien auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung besser und ungezwungener ordnen lassen als auf irgend eine andere Weise. Zuerst ordnete BERZELIUS nach den elektropositiven Bestandteilen, weil diese meist charakteristisch und Gegenstand des Bergbaus sind. Als dann MITSCHERLICH die Möglichkeit isomorpher Substitutionen, d. h. Ersatz eines chemischen Bestandteils durch einen anderen ohne Störung der Kristallisationsweise nachgewiesen hatte, als immer deutlicher wurde, daß diese Substitutionen selten den Säureanteil, aber häufig das Metall betreffen, da modelte BERZELIUS sein System um und nahm die Gliederung nach elektronegativen Bestandteilen vor, die auch heute ihren Wert noch nicht verloren hat.

¹ „Versuch, durch Anwendung der elektrochemischen Theorie und der chemischen Proportionslehre ein rein wissenschaftliches System der Mineralogie zu begründen.“ SCHWEIGGERS Journ. f. Chem. u. Phys. 11, 193 (1814); 15, 277, 301, 419 (1815).

² A. a. O. 11, 196.

³ BERZELIUS „Jahresbericht“ 18, 218.

Im Anschluß an seine mineralogischen Arbeiten richtete BERZELIUS seine Blicke hinaus in den Weltenraum. Wiederholt hat er Meteorsteine untersucht und an seine Ergebnisse tiefsinnige Betrachtungen geknüpft: „Aus den angeführten Analysen glaube ich gefunden zu haben, daß die Meteorsteine Mineralien sind. Da es eine Ungereimtheit wäre, daß sich Mineralien in der Luft aus deren Bestandteilen bilden sollten, so können sie nicht atmosphärische Produkte sein, um so weniger, da viele von ihnen Gangtrümmer zeigen, d. h. Sprünge, die mit einem Mineral von anderer Farbe und wahrscheinlich anderer Zusammensetzung angefüllt sind, und es wäre eine vollkommene Ungereimtheit anzunehmen, daß sie vielleicht in den wenigen Augenblicken gebildet seien, welche die Anziehungskraft der Erde einem so schweren Körper in der Atmosphäre zu bleiben gestattet. Sie kommen also anderswoher. Auswürflinge von Vulkanen der Erde sind sie nicht, denn sie fallen überall, nicht bloß und nicht meistens in größerer oder geringerer Entfernung der Vulkane. Ihr Aussehen ist verschieden von dem tellurischer Mineralien, verschieden vor allem, was die Vulkane der Erde auswerfen. Das nichtoxydierte, geschmeidige Eisen, welches sie enthalten, zeigt, daß nicht Wasser, selbst vielleicht nicht einmal Luft in ihrer ursprünglichen Heimat vorkomme. Sie müssen also von einem anderen Weltkörper herkommen. . . . Aber einen Begriff von den wägbaren Elementen zu bekommen, woraus ein fremder Weltkörper besteht, wäre es auch nur der uns so nahe befindliche Mond, verleiht einer solchen Untersuchung ein Interesse, das sie für sich selbst nicht haben würde“¹. Erst nach den großen Entdeckungen KIRCHHOFFS und BUNSENS, erst mit Hilfe der Spektralanalyse konnte dieses Problem in Angriff genommen werden. Es ist bezeichnend für den umfassenden Blick des BERZELIUS, daß er eine so schwierige Aufgabe bereits ins Auge faßte.

Chemisch-mineralogische Studien fanden in Schweden einen fruchtbaren Boden; das beweist die Gründung eines technischen Laboratoriums durch König Karl XI. im Jahre 1686, um Erze, Mineralien und Bodenarten zu untersuchen; das beweisen auch unvergessene ältere Namen: BRANDT (Entdecker des Kobalts), CRONSTEDT (Entdecker des Nickels), BERGMANN (hervorragender Analytiker und Systematiker, der als erster zur qualitativen und quantitativen Bestimmung von Elementen diese nicht als solche abzusecheiden, sondern in andere leicht bestimmbare Verbindungen überzuführen suchte), GAHN (Entdecker des metallischen Mangans); das beweist auch der Umstand, daß ungefähr 20 Elemente in Schweden zumeist bei Mineraluntersuchungen aufgefunden worden sind. In Schweden wurde auch, hauptsächlich durch CRONSTEDT, BERGMANN und GAHN, der Gebrauch des Lötrohrs ausgebildet, das bei Mineralanalysen unentbehrlich geworden ist. BERZELIUS lernte dieses wichtige Instrument durch die Unterweisung des siebzigjährigen GAHN in meisterhafter Weise handhaben; er machte damit seinerseits die Fachgenossen in Deutschland und Frankreich durch persönliche Vorführung der Kunst und durch einen gedruckten Leitfaden bekannt. Auch GOETHE hat er auf einer seiner wiederholten Reisen nach Deutschland bei einem Besuche in Eger (1822) zu dessen Entzücken darin unterrichtet².

Die Freundschaft mit GAHN, der BERZELIUS im Sommer 1814 nach Falun zur Untersuchung seltener Mineralien eines Quarzbruches eingeladen hatte, führte zur Entdeckung eines neuen Grundstoffs. Im Kammerschlamm der Schwefelsäurefabrik zu Gripsholm, die GAHN und BERZELIUS kauften, fand dieser das Selen³. Weil die Eigenschaften des neuen Elementes denen des Schwefels und des Tellurs ähnlich waren und den Übergang vom Schwefel zum Tellur bildeten, wählte BERZELIUS den Namen Selen (Mondstoff) als passend zum Tellur (Erdstoff). Er wies eindringlich auf die Merkwürdigkeit hin, daß Schwefel, Selen, Tellur eine ebensolche Triade zusammengehöriger Stoffe bilden wie Chlor, Brom und Jod. Im Mineralreich fand er den

¹ Jahresbericht 15, 228.

² Selbstbiographische Aufzeichnungen. S. 80—83.

³ SCHWEGGER'S Journ. d. Chem. u. Phys. 21, 47, 342 (1817); 23, 309—344, 430—484 (1818).

neuen Stoff reichlich in einem Silber-Kupfer-Erz unbekannter Herkunft¹. Im Pyrit von Falun, aus dem der selenhaltige Bleikammerschlamm stammte, konnte er nur Spuren von Selen feststellen, „welche aber so klein sind, daß man das Selenium kennen und suchen mußte, um es aufzufinden“².

Noch weit schwieriger und langwieriger war die Entdeckung des Thoriums, die BERZELIUS schon 1817 meldete³, dann widerrufen mußte⁴, um endlich 1829 ans Ziel zu gelangen⁵.

Dem Auffinden neuer Grundstoffe reiht sich würdig an die Darstellung bekannter, bisher noch nicht isolierter Elemente. Bei seinen weitschichtigen „Untersuchungen über die Flußspatsäure und deren merkwürdigste Verbindungen“⁶ machte BERZELIUS die wissenschaftliche Welt mit der Darstellung des elementaren Siliciums bekannt⁷. Er erhielt es durch Reduktion des Fluorsiliciums, des Kaliumsiliciumfluorids und des Natriumsiliciumfluorids durch Kalium. In derselben Abhandlung teilte er auch die erstmalige Darstellung des Titans, des Tantals und des Zirkons im elementaren Zustand mit.

Überwältigend groß ist die Zahl und der Umfang der Spezialarbeiten, die BERZELIUS geliefert hat: über das Molybdän, Vanadin, Tellur, über die mit Platin vorkommenden Metalle, über die Verfahren, um Platinerze zu zerlegen, über Osmium und Iridium, über die Sulfosalze⁸, über die Ferrocyanverbindungen usw. In allen bereicherte er die Wissenschaft mit wertvollen Entdeckungen. Hie und da sah er prophetischen Geistes Zusammenhänge voraus, für die er vollgültige Beweise noch nicht vorzubringen vermochte, so in der Arbeit über den CASSIUSschen Goldpurpur; er glaubte den Beweis gefunden zu haben, „daß Goldpurpur nur metallisches Gold enthält“⁹, was erst 1898 durch ZSIGMONDY mit Hilfe des Ultramikroskops unzweifelhaft nachgewiesen werden konnte¹⁰.

Weniger glücklich war BERZELIUS im allgemeinen auf dem Gebiete der organischen Chemie, und dennoch hat er auch hier fördernd gewirkt. Einerseits stachelte er die Forscher, die sich vornehmlich der organischen Chemie widmeten, durch seine äußerst scharfe Kritik zu immer neuen experimentellen Beweisen für ihre Ansichten an, andererseits trug er durch seine Gabe, für auseinanderstrebende, widerspruchsvolle Einzelheiten einen zusammenfassenden Rahmen in Form eines neuen, fruchtbaren chemischen Begriffs zu schaffen, ganz wesentlich zum Fortschritt bei. In dieser Hinsicht ist seine Arbeit „Über die Zusammensetzung der Weinsäure und der Traubensäure“¹¹ von besonders großer Wirkung gewesen. Er ging hier in seinen zusammenfassenden Betrachtungen von der von ihm gefundenen Tatsache aus, „daß die Traubensäure nicht nur dasselbe Atomgewicht, sondern auch dieselbe prozentische und atomistische Zusammensetzung wie die Weinsäure besitzt“¹²; er verband diese Erkenntnis

¹ HISINGER ermittelte später als Fundort eine öde liegende Kupfergrube in der Provinz Småland.

² SCHWEIGGERS Journ. f. Chem. u. Phys. **23**, 343 (1818).

³ SCHWEIGGERS Journ. f. Chem. u. Phys. **21**, 25–43 (1817).

⁴ SCHWEIGGERS Journ. f. Chem. u. Phys. (Neue Reihe) **14**, 348–350 (1825); Jahresbericht **5**, 113.

⁵ Brief an FR. WÖHLER vom 1. Mai 1829. Briefwechsel BERZELIUS-WÖHLER **1**, 252. POGGENDORFFS Ann. d. Phys. u. Chem. **15**, 633, **16**, 385–415 (1829). Jahresbericht **10**, 98–100.

⁶ POGGENDORFFS Ann. d. Phys. u. Chem. **1**, 1–48, 169–230; **2**, 113–150 (1824); **4**, 1–22, 117–156 (1825).

⁷ Dieser wichtige Teil der Abhandlung ist nicht in den Stockholmer Denkschriften von 1823 enthalten. Er wurde durch WÖHLER unmittelbar aus der Handschrift übersetzt.

⁸ Die Zahl der von BERZELIUS untersuchten, meist neu aufgefundenen Salze dieser Art beträgt rund 120. Er wies nach, daß in den Sulfosalzen „der Schwefel die nämliche Rolle spielt wie der Sauerstoff in den schon bekannten Salzen“, und daß sie „vom Schwefel eine ebenso große Anzahl von Atomen enthalten, wie die zersetzten Oxyde vom Sauerstoff enthielten“. (POGGENDORFFS Ann. d. Phys. **6**, 425). Z. B. entsprechen einander ZnO und ZnS oder K₂MoO₄ und K₂MoS₄.

⁹ Jahresbericht **14**, 122.

¹⁰ Annalen der Physik **301**, 361, (1898).

¹¹ POGGENDORFFS Annalen d. Phys. u. Chem. **19**, 305–335 (1830). ¹² A. a. O. S. 321.

mit seiner vor Jahren gemachten Entdeckung, daß es zwei verschiedene Zinnsäuren von gleicher Zusammensetzung gibt, ferner mit den Ergebnissen von LIEBIG und WÖHLER, die bei unzweifelhaft genauen Analysen des Knallsäuren und des cyansauren Silbers dieselben Werte erhalten hatten, mit dem Nachweis FARADAYS von der gleichen procentischen Zusammensetzung aber verschiedenen Gasdichte des Äthylens und Butylens, und mit der Umwandlung des cyansauren Ammoniums in Harnstoff durch WÖHLER. Er prägte für diese vereinzelt stehenden Tatsachen den zusammenfassenden Begriff Isomerie. Im weiteren Verfolg dieser Begriffsbildung unterschied er die eigentliche Isomerie oder Metamerie und die Polymerie. „Unter isomerischen Körpern verstehe ich solche, welche bei gleicher chemischer Zusammensetzung und gleichem Atomgewicht“ (S. 326) (wir sagen heute Molekulargewicht) „ungleiche Eigenschaften besitzen“, wobei anzunehmen ist, daß „eine gleiche Anzahl der nämlichen Elemente auf eine ungleiche Weise miteinander verbunden sind“ (S. 325), während bei der Polymerie die Stoffe „bei gleicher procentischer Zusammensetzung ungleiche Atomgewichte besitzen, die meistens Multipla voneinander sind“ (S. 326).

In dieser Arbeit über Weinsäure und Traubensäure bereitete BERZELIUS auch den Begriff der Allotropie vor, indem er die Frage aufwarf: „Gibt es auch für die Elemente einen ähnlichen Doppelzustand?“ Als Beispiele nannte er „den verschiedenen Zustand der Kohle im Diamant und im Graphit, die Verschiedenheit des Platins, je nachdem es auf nassem Wege aus seinen Salzen durch Alkohol reduziert oder durch Glühen des Platinsalmiaks erhalten worden ist“ (S. 329). Es dauerte nicht lange, da überzeugte er sich von der Notwendigkeit eines solchen zusammenfassenden Begriffs für die Elemente. Er wählte dafür den Namen Allotropie und erwähnte beiläufig, daß der rote Phosphor (der bisher für ein niederes Oxyd gehalten wurde) eine allotropische Modifikation des gelben ist¹. Er gab auch einen Fingerzeig, um die Allotropie zu erklären: „Bekanntlich haben Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor drei allotropische Zustände . . . Es ist nicht möglich, sich einen Begriff zu machen, worin die Verschiedenartigkeit der Grundstoffe in ihren ungleichen allotropischen Zuständen besteht, wenn wir auch wohl die einem jeden Zustande angehörigen Eigenschaften bestimmen können. Werden sie davon ausgemacht, daß sich die Atome der Grundstoffe auf eine eigene Weise zu 2, 3 oder mehreren Atomen verbinden, worauf jede Gruppe dieselbe Rolle wie ein einziges Atom spielt, so wie dies beim Schwefel den Anschein hat?“² In diesen und ähnlichen Worten, die sich wiederholt bei ihm finden, sind die Keime verborgen für die Erforschung der Konstitution.

Mit seinen neuen Begriffen ging BERZELIUS recht vorsichtig um; er versuchte nicht, sie sofort überall anzuwenden. So hat er z. B. aus MULDER'S Analysen für Thein und Coffein nicht etwa geschlossen, daß diese Stoffe isomer seien, sondern daß sie wahrscheinlich identisch sind³. MULDER fand dann tatsächlich, „daß sie wirklich nicht allein isomerisch, sondern auch identisch sind“⁴.

Die Arbeit MITSCHERLICH'S „Über die Ätherbildung“⁵ führte BERZELIUS zu dem Begriff „Katalyse“⁶. MITSCHERLICH hatte festgestellt, daß die Schwefelsäure durch ihre bloße Gegenwart die Umwandlung des Alkohols in Äther bewirke, ohne daß sie dabei selbst verändert wird. BERZELIUS ergänzte die Reihe der von MITSCHERLICH angegebenen Vorgänge, z. B. durch DÖBEREINER'S Entdeckung, daß Platinschwamm ausströmenden Wasserstoff entzündet. „Die katalytische Kraft scheint eigentlich darin zu bestehen, daß Körper durch ihre bloße Gegenwart und nicht durch ihre Verwandtschaft die bei dieser Temperatur schlummernden Verwandtschaften zu erwecken vermögen.“ BERZELIUS wollte damit keine eigentliche Erklärung geben, er suchte nur das Gemeinsame rätselhafter Vorgänge durch ein Band zusammenzuhalten, bis es der künftigen Forschung möglich sein würde, die Rätsel zu lösen.

¹ POGGENDORFF'S Ann. 59, 77 (1843). Jahresbericht 23, 51.

² Jahresbericht 24, 39.

³ Jahresbericht 17, 303.

⁴ Jahresbericht 18, 388.

⁵ POGGENDORFF'S Ann. d. Phys. 31, 273–282 (1834).

⁶ Jahresbericht 15, 243.

Trotz der übermenschlichen Arbeitslast, die zum Erwerb solch märchenhaften Reichtums an wissenschaftlichen Entdeckungen getragen werden mußte, fand BERZELIUS immer noch Zeit zu schriftstellerischer und unterrichtlicher Tätigkeit. Was er auf diesen beiden Gebieten, dem literarischen und pädagogischen, geleistet hat, ist nicht weniger erstaunlich als die Summe seiner Experimentalarbeiten. Erwähnt sind bereits die Bücher über Tierchemie (2 Bände), über die Anwendung des Lötrohrs und das Lehrbuch der Chemie, das in seiner vierten Auflage auf zehn starke Bände anwuchs; die fünfte, noch umfangreicher angelegte, ist unvollendet geblieben, sie enthält nur die anorganische Chemie in 5 Bänden. Jede Auflage war ein Werk für sich, denn BERZELIUS arbeitete jedesmal das ganze Gebiet nochmals gedanklich durch, teilweise auch experimentell, bevor er die Feder zur Hand nahm.

Die Lehrbücher sind mit einer ungewöhnlichen Sprachgewandtheit geschrieben, von kristallener Klarheit und leicht faßlich; sie haben lange Zeit als unerreichte Muster gegolten. BERZELIUS trug darin nicht nur seine eigenen Ansichten vor, sondern ließ auch andere Forscher mit abweichenden Meinungen gebührend zur Geltung kommen. Diese abweichenden Ansichten beleuchtete er kritisch von allen Seiten, um eine experimentelle Entscheidung über die dunklen Punkte anzubahnen.

Die kritische und berichtende Tätigkeit erschien ihm so wichtig, daß er von 1821 an bis zu seinem Tode einen „Jahresbericht über die Fortschritte der physischen Wissenschaften, der Chemie und Mineralogie“ in Buchform herausgab, mit dem er der Wissenschaft in unschätzbare Weise gedient hat; denn er besaß die beneidenswerte Gabe, aus allem rankenden, wuchernden Beiwerk den eigentlichen, lebenskräftigen, fruchtversprechenden Trieb zu erspähen. Mit unbestechlicher Unparteilichkeit hat er hier seines Amtes gewaltet. „Bei der Behandlung wissenschaftlicher Gegenstände muß man weder Feinde noch Freunde haben“, schrieb er an LIEBIG (3. April 1838). Das bezog er auch auf die eigene Person, die ihm weder Freund noch Feind war, wenn er eigene Fehler bekannte, z. B. im vierten Jahresbericht, als er mitteilte, daß er bei Gasmessungen die Temperatur unberücksichtigt gelassen hatte. Es war ihm bei seiner Uneigennützigkeit und Gewissenhaftigkeit ein sichtliches Vergnügen, wenn er Verdienste anderer melden konnte. Aber er hat nicht immer mit Freude an dem Bericht gearbeitet; er erschien ihm einfach als unabweisliche Pflicht, die vorläufig er allein zur Zufriedenheit erfüllen konnte. Mit zunehmendem Alter wurde ihm diese Arbeit immer saurer, denn die Übersicht wurde durch die rasch wachsende Zahl umfangreicher Untersuchungen schwieriger, und die Ergebnisse der aufblühenden organischen Chemie wollten gar nicht mehr in den Rahmen des elektrochemischen Dualismus hineinpassen.

So heiter und humorvoll BERZELIUS sein konnte, der Grundzug seines Wesens war ernst. Er ging ganz auf in Tätigkeit. Zahlreiche junge Leute, die später Zierden ihrer Wissenschaft wurden, hat er unterrichtet. Er hat die auserlesene Schar dieser Männer zu Wahrheitsuchern erzogen und Geist von seinem Geist auf sie übertragen, so daß er bei seinem Tode, der ihn von schwerem Leiden am 7. August 1848 erlöste, hätte sagen dürfen:

Es kann die Spur von meinen Erdentagen
Nicht in Äonen untergehn.

Kleine Mitteilungen.

Die Bestimmung der Schwerebeschleunigung durch Fallversuche auf der schiefen Ebene.

Von Dr. K. Krüse in Innsbruck.

Bei der experimentellen Ableitung der Fallgesetze wird es sich besonders bei einer ersten Einführung als methodisch bestes Vorgehen erweisen, mit Fallversuchen auf der schiefen Ebene zu beginnen, ein Weg, den ja auch GALILEI, der Entdecker

dieser Gesetze, eingeschlagen hat. Das Gesetz von der Proportionalität des Fallweges mit dem Quadrate der Zeit läßt sich an der schiefen Ebene unter Verwendung einfacher Mittel der Zeitmessung mit genügender Genauigkeit ableiten und der Grund, warum zwischen dem Fallwege und der Fallzeit diese einfache Beziehung besteht, ist nachträglich durch theoretische Überlegungen leicht klar zu machen.

Schwierigkeiten treten aber dann auf, wenn man aus derartigen Fallversuchen die Beschleunigung des freien Falles zu bestimmen versucht. Der Grund dafür liegt jedoch keineswegs in der Ungenauigkeit der Zeitmessung, denn sonst müßten sich ja Abweichungen zu beiden Seiten der Zahl 9,81 ergeben, was aber nie der Fall ist; bei der gewöhnlichen Versuchsanordnung mit herabrollenden Kugeln oder Zylindern erhält man für g durchweg viel zu kleine Werte. Reibung und Luftwiderstand können aber ebensowenig als billige Gründe angeführt werden, denn diese erweisen sich als viel zu gering, um so beträchtliche Abweichungen zu verursachen. Hat man aber einmal die wahre Ursache dieser Erscheinung erkannt, so ist damit auch eine näherungsweise Bestimmung der Schwerebeschleunigung ermöglicht.

Vor allem ist zu beachten, daß die Fallbewegung auf der schiefen Ebene eine rollende oder eine gleitende sein kann. Im ersteren Falle sind zwar die Widerstände sehr klein und können deshalb unberücksichtigt bleiben, dagegen ist aber nicht außer acht zu lassen, daß die potentielle Energie sich durch den Fall in eine kinetische der fortschreitenden und in eine solche der drehenden Bewegung umsetzt, wie dies in gleicher Weise auch bei der Fallmaschine zutrifft, weil der Faden über eine Rolle läuft und diese mitbewegt. Berechnungen für die schiefe Ebene nach diesem Gesichtspunkte sind im 27. Jahrg. ds. Zeitschr. von KÖNNEMANN veröffentlicht worden; der uns hier interessierende Fall rollender Kugeln ist im folgenden unter Hinweis auf die genannte Abhandlung kurz durchgerechnet¹. Anschließend daran wird auch gezeigt, wie man den Einfluß der Drehbewegung auf die auftretende Fallbeschleunigung ohne jede Rechnung durch ganz einfache Versuche nachweisen kann.

Bei einem herabgleitenden Körper dagegen haben wir es mit einer rein fortschreitenden Bewegung zu tun, bei der allerdings die Reibung wegen ihres namhaften Betrages voll zu berücksichtigen ist. Dagegen fallen alle Berechnungen von Trägheitsmomenten fort, ein Umstand, der vom methodischen Standpunkt sehr wertvoll erscheint, denn selbst dann, wenn im mathematischen oder physikalischen Unterricht Trägheitsmomente berechnet werden, kann dies erst viel später verwertet werden, da ja ohne die Gesetze der Bewegungswirkungen einer Kraft die Energie der rotierenden Bewegung nicht angegeben werden kann.

Diese Überlegungen haben den Verfasser veranlaßt, an Stelle der allgemein in Gebrauch stehenden Fallkugeln eine Gleitvorrichtung mit möglichst geringer Reibung ausfindig zu machen. Nach mehrfachen Versuchsänderungen erwies sich ein genügend langer, stärkerer Glasstab (Glasröhre), über den ein Hackengewicht hinabgleitet, am geeignetsten; der Reibungswinkel hatte dabei die Größe von etwa 10 Grad und ließ sich durch Benetzen des Glases mit Petroleum noch um 2 bis 3 Grad verkleinern. Die gleitende Reibung erzeugt eine Verzögerung der Bewegung, und man erhält die Beschleunigung für den reibungslosen Fall als Summe der aus der Wegzeitformel berechneten Beschleunigung und der aus der Reibung zu bestimmenden Verzögerung. Die Bewegung bleibt somit trotz der Reibung gleichförmig beschleunigt, das Wegzeitgesetz ist genau erfüllt, der fallende Körper besitzt jedoch nicht die bei reibungslosem Fall auftretende, sondern eine um einen meßbaren Betrag verminderte Beschleunigung. Hat man aber deren Wert für die schiefe Ebene ermittelt, so erhält man jene des freien Falles durch Division mit dem Sinus des Neigungswinkels, wobei der Fehler bei guter Beobachtung der Fallzeit nicht mehr als etwa 10⁰/₀ erreichen

¹ W. KÖNNEMANN, Versuche mit einer neuen Form der schiefen Ebene, d. Zeitschr. Bd. 27, S. 321, 1914.

wird, während er, wie die folgende Berechnung zeigt, bei fallenden Kugeln bei Nichtberücksichtigung ihrer rotierenden Bewegung 40 % ausmacht.

Bestimmung der Schwerebeschleunigung mittels herabrollender Kugeln.

Die Energiegleichung lautet in diesem Falle unter Benutzung der üblichen Bezeichnungen:

$$m \cdot g \cdot h = \frac{m v^2}{2} + \frac{K \cdot w^2}{2}$$

Rollt die Kugel, wie dies gewöhnlich zutreffen wird, im Radius r eines Hauptkreises, dann ist die Winkelgeschwindigkeit:

$$w = v/r$$

und somit

$$m \cdot g \cdot h = \frac{m v^2}{2} + \frac{K v^2}{2 r^2}$$

daraus

$$g = \frac{v^2}{2 h} \cdot \left(1 + \frac{K}{m r^2} \right)$$

da nun für eine massive Kugel $k = \frac{2}{5} \cdot m r^2$, so folgt weiter:

$$g = \frac{v^2}{2 h} \left(1 + \frac{2}{5} \right) = \frac{7}{5} \cdot \frac{v^2}{2 h}$$

und wegen $v^2 = 2 b l$ ergibt sich schließlich:

$$g = \frac{7}{5} \cdot \frac{b \cdot l}{h} = b \cdot \frac{l}{h} \cdot 1,4 \dots \dots \dots (1)$$

gegen $g = b \cdot \frac{l}{h}$ ohne Berücksichtigung der rotierenden Bewegung.

Satz: Berechnet man für eine massive Kugel, die über eine schiefe Ebene rollt, aus Fallweg und Fallzeit die Beschleunigung ihrer Bewegung und daraus jene des freien Falles ohne Berücksichtigung der Rotationsbewegung, so ist der berechnete Wert um 40 % zu erhöhen.

Daß die drehende Bewegung der Kugel tatsächlich Energie verbraucht, läßt sich durch einfache Versuche sehr gut zeigen; es bedarf dazu nur einer Vorrichtung, die es ermöglicht, daß die Kugel nicht nur auf einem größten Kreis, sondern auch auf verschiedenen großen Nebenkreisen abrollen kann. Je kleiner der Radius dieses Nebenkreises, um so größer ist der Energieverbrauch der Rotationsbewegung, weil die Zahl der Umdrehungen für dieselbe Weglänge ständig zunimmt. Eine Kugel von 1 dm Durchmesser macht auf 1 m Länge der schiefen Ebene 3,18 Umdrehungen, wenn sie auf einem Hauptkreise rollt, dagegen doppelt so viel auf einem Parallelkreise von 60° Abstand.

Zur Durchführung der Versuche wurden aus längeren Glasstäben zwei schiefe Ebenen hergestellt, die eine mit möglichst geringem, die andere mit möglichst weitem Abstand der parallel gerichteten Glasschienen. Dabei empfiehlt es sich, die Neigung klein zu wählen, um große Fallzeiten und damit eine genauere Zeitbestimmung zu erreichen; man kommt dann schon mit Stäben von etwas über 1 m Länge aus. Als Fallkörper fanden zwei gleiche Holzkugeln von 1 dm Durchmesser Verwendung. Man gibt nun zuerst beiden Ebenen die gleiche Neigung und läßt die Kugeln gleichzeitig los. Die Kugel auf den Schienen mit großem Abstand bleibt dann hinter der andern weit zurück. Eine andere Durchführung des Versuches besteht darin, daß die Neigung der Ebene mit der größeren Gleisbreite solange erhöht wird, bis beide Kugeln dieselbe Fallzeit aufweisen. Die Durchrechnung des Falles, daß die Kugel in

einem Nebenkreise mit dem Halbmesser ρ rollt, ergibt wegen $w = v/\rho$:

$$g = \frac{v^2}{2h} \cdot \left[1 + \frac{2}{5} \left(\frac{r}{\rho} \right)^2 \right].$$

Ist also beispielsweise $\rho = \frac{r}{2}$, dann erhält man:

$$g = \frac{v^2}{2h} \left(1 + \frac{8}{5} \right) = \frac{13}{5} \cdot \frac{b \cdot l}{h} = b \cdot \frac{l}{h} \cdot 2,6 \quad \dots \quad (2)$$

Während also der Einfluß der Rotationsbewegung im ersten Falle $\frac{2}{5}$ beträgt, wächst er im zweiten auf $\frac{8}{5}$ an, d. h. bei Verdopplung der Winkelgeschwindigkeit wächst der Summand der Drehbewegung auf das Vierfache an, was auch ohne jede Berechnung einzusehen ist. Für die Beschleunigungen beider Kugeln bei gleicher Neigung der Ebenen folgt aus den Gleichungen (1) und (2) die Beziehung:

$$\frac{7}{5} \cdot b_1 = \frac{13}{5} \cdot b_2 \text{ oder } b_1 : b_2 = 13 : 7$$

und ebenso für das Verhältnis der Höhen beider Ebenen bei gleichen Fallzeiten nach der zweiten Versuchsanordnung:

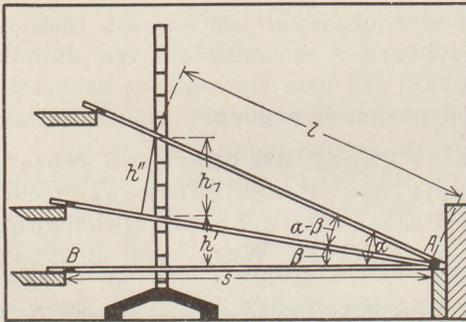
$$h_1 : h_2 = 7 : 13$$

Bestimmung der Schwerebeschleunigung mittels eines herabgleitenden Hakengewichtes.

Dem Glasstabe, der als schiefe Ebene dient, wird zunächst eine solche Neigung gegeben, daß das Hakengewicht gerade mit konstanter Geschwindigkeit zu gleiten beginnt. An einem fest aufgestellten Vertikalmaßstab lesen wir die Höhe ab, welche dieser Neigung entspricht; sie soll als Reibungshöhe bezeichnet werden (h' der Figur). Als zugehörige Basis kann 1 m genommen werden, wodurch

$$\text{tg } \beta = 0,01 \cdot h' = k,$$

wenn β den Reibungswinkel und k den Reibungskoeffizienten bedeutet. Gibt man hierauf dem Glasstabe eine größere Neigung (α), so ist die längs der schiefen Ebene wirkende Zugkraft:



$$Z = mg \cdot \sin \alpha - kmg \cdot \cos \alpha$$

und daher die auftretende Beschleunigung:

$$b = g \cdot (\sin \alpha - k \cdot \cos \alpha);$$

daraus ergibt sich dann die Schwerebeschleunigung zu

$$g = \frac{b}{\sin \alpha - k \cdot \cos \alpha}.$$

Durch Betrachtung der obenstehenden Figur ist zu ersehen, wie dieser Ausdruck auf folgende sehr einfache Form gebracht werden kann. Zu diesem Zwecke setze man für k den Quotienten $\sin \beta / \cos \beta$ ein, wodurch sich ergibt:

$$g = \frac{b \cdot \cos \beta}{\sin (\alpha - \beta)} = b \cdot \frac{h''}{h_1} \cdot \frac{l}{h''},$$

mithin als Schlußformel:

$$g = b \cdot \frac{l}{h_1}.$$

Satz: Bei der gleitenden Fallbewegung längs einer schiefen Ebene kann die Schwerebeschleunigung so berechnet werden, als ob der Fall reibungslos erfolgen würde, wenn man die Fallhöhe um die Reibungshöhe vermindert.

Durch die hier gegebene mathematische Umformung des Ausdruckes für g erübrigt sich die Bestimmung des Reibungskoeffizienten, es ist nur statt der horizontalen Basis jene Stellung der schiefen Ebene als Ausgangspunkt der Höhe anzunehmen, bei welcher das Hakengewicht zu gleiten beginnt. Auf diese Weise sind die zur Ermittlung von g erforderlichen Rechnungen auf ein Minimum zurückgeführt, nämlich auf die Berechnung der Beschleunigung der Fallbewegung aus der Formel:

$$b = 2s/t^2,$$

wobei s die ganze Stablänge bedeutet, die das Gewicht durchfällt und die man vor Beginn der Versuche durch zwei Papiermarken (A, B) begrenzt, und auf die Berechnung von g aus der Verhältnisgleichung:

$$b : g = h_1 : l.$$

Versieht man den Vertikalmaßstab am oberen Ende der Reibungshöhe h' mit einer Marke, so bildet diese den Nullpunkt für die in die Formel einzusetzende Höhe h_1 .

Abschließend möge noch bemerkt sein, daß die so erhaltenen Werte für g immerhin namhafte Abweichungen vom richtigen Betrag ergeben, die jedoch um so geringer werden, je genauer die Messung der Fallzeit durchgeführt werden kann, keinesfalls aber an die Größe des Fehlers heranreichen, der durch Vernachlässigung der Rotationsbewegung fallender Kugeln oder Zylinder verursacht wird und dessen Berechnung bei einer ersten Behandlung der Fallgesetze überhaupt nicht möglich ist. Dieser Fehler ist aber so beträchtlich, daß er sofort augenfällig wird, wenn man auf eine Berechnung der Schwerebeschleunigung aus derartigen Fallversuchen eingeht. Zudem lassen sich die hier beschriebenen Versuche ohne größeren Zeitaufwand und mit den einfachsten Hilfsmitteln durchführen.

Die Erzeugung stehender Wasserwellen.

Von Oberrealschuldirektor a. D. Dr. O. Ehrhardt in Karlsruhe (Helmholtz-Oberrealschule).

Man hat vielfach Gelegenheit, die Erscheinung stehender Wellen zu sehen; manchmal bieten uns Vorgänge in der Natur diese Gelegenheit, in der Regel aber sind es experimentell erzeugte stehende Wellen, die wir beobachten: In der Nähe vertikaler Hafenmauern eines Sees sieht man bei günstiger Windrichtung und -stärke stehende Wasserwellen; stehende Seilwellen kann man mit Hilfe einer Schnur in einfacher Weise hervorrufen (vgl. Dr. K. ROSENBERG, Experimentierbuch für den Unterricht in der Naturlehre, II. Band, 2. Aufl. S. 185 ff.¹, ferner die Mitteilung von Prof. Dr. L. FOMM in dieser Zeitschrift, 39. Jahrgang (1926) S. 37 „Darstellung kreisförmig polarisierter, stehender Wellen“); stehende Luftwellen werden durch die KUNDTschen Staubfiguren wenigstens mittelbar erkennbar.

So oft man auch stehende Wellen demnach beobachten kann, so schwierig ist es, die Bildung stehender Wellen aus fortschreitenden experimentell vorzuführen. Für Wasserwellen ist mir dies durch Versuche mit dem folgenden Apparate gelungen.

Ein prismatischer Wasserbehälter B (vgl. Figur) aus Holz mit Zinkblechhautkleidung von 243 cm (Lichtmaß!) Länge, 22 cm Breite und 28 cm Tiefe wird zur halben Höhe

¹ Im Anschluß an die in dem bezeichneten Werke angegebenen interessanten Versuche bemerke ich: Wenn es sich lediglich darum handelt, stehende Seilwellen zu zeigen, und die Beziehung zwischen Wellenlänge, Spannung und Dichte des Wellenträgers nicht erörtert werden soll, kommt man mit vorhandenen Mitteln und in sehr einfachem Versuche auf folgende Weise zum Ziele. Das eine Ende einer 3 m langen, dünnen und weichen Schnur knüpft man am Klöppel einer größeren elektrischen Klingel, von der man die Glocke abgenommen hat, fest, ihr anderes Ende an der Stange eines Statives, dessen Platte durch ein Gewichtstück beschwert wird. Das Stativ stellt man an das eine Ende des Experimentiertisches, die Klingel hält man mit der Hand am andern Ende des Tisches so, daß das am Klöppel der Klingel befestigte Schnurende, wenn der Strom geschlossen wird, in der Richtung der ausgespannten Schnur schwingt. Bei schwacher Spannung der Schnur schwingt sie als eine stehende Welle, bei Zunahme der Spannung infolge geringer Verschiebung der Klingel bildet die Schnur zwei, drei . . . bis sechs stehende Wellen.

mit Wasser gefüllt. Am einen Ende des Behälters werden Wellen erregt, indem man das Wasser durch einen prismatischen, aus Tannenholz hergestellten Klotz K mit Handhabe, dessen Dicke (Längsrichtung von B) 15 cm beträgt und dessen Höhe und Breite wenig kleiner sind als diese Innenmaße des Behälters, in vertikaler Richtung von oben in der bei der Beschreibung der Versuche genauer angegebenen Weise stößt.

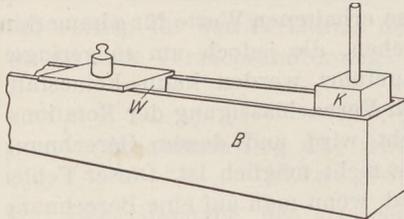
Bei der Erzeugung von Wellen mit diesem Klotze ist dieser vor Beginn der Stöße in solche Lage zu bringen, daß seine untere Fläche etwa 1 cm unter der Wasserfläche liegt; wird eine Reihe von Wellen durch mehrmaliges Stoßen des Wassers kurz hintereinander gebildet, so darf die untere Klotzfläche während der Stöße nicht über die Wasserfläche kommen.

Man beginnt die Versuche damit, daß man eine fortschreitende Welle erzeugt, indem man den Klotz aus der eben angegebenen Lage am einen Ende des Behälters durch eine kurzdauernde, kräftige Bewegung bis zum Boden des Behälters schiebt und hier festhält. Die erzeugte Welle kehrt nach der Reflexion am andern Ende des Behälters zurück, und das Eintreffen des Wellenbergs an der dem Wasser zugekehrten, seitlichen Klotzfläche ist durch das 6 bis 8 cm hohe Aufsteigen des Wassers an dieser Fläche zu erkennen. Erregt man eine Reihe fortschreitender Wellen durch unmittelbar hintereinander folgende Stöße, für die das Tempo durch ein Metronom angegeben wird,

so kann man es durch Ausprobieren des richtigen Tempos erreichen, daß durch Interferenz dieser am anderen Ende des Behälters reflektierten mit den neu erregten fortschreitenden Wellen stehende Wellen sich bilden. Bei diesen Versuchen ist das folgende Verfahren einzuhalten.

Für jeden Versuch ist eine bestimmte und genau einzuhaltende Anzahl von Stößen pro Minute mit dem Holzklotz auf das Wasser auszuüben; diese Anzahl ist für die verschiedenen Versuche in der unten folgenden Zusammenstellung derselben angegeben. Sollen z. B. 30 Stöße in der Minute erfolgen, so wird der Schieber des Metronoms so gestellt, daß es in der Minute 60 Schläge gibt; auf den einen Schlag wird die rasche, stoßweise Bewegung abwärts, auf den andern die langsamere, gleichförmige Bewegung aufwärts ausgeführt. Daß dabei die untere Fläche des Holzklotzes in der Nähe der Wasserfläche bleiben muß, aber nicht über diese treten darf, wurde oben schon gesagt. Die taktmäßigen, vertikalen Bewegungen des Klotzes beginnt man mit kleiner (0,5 bis 1 cm) Amplitude und läßt diese allmählich auf 2 bis 3 cm, wenn der Behälter in seiner ganzen Länge verwendet wird, auch auf 5 cm ansteigen. Die Amplitude der stehenden Welle ist, je nach der Intensität der Stöße, verschieden, sie kann, insbesondere bei den Wellen von größerer Länge, bis zu 20 cm gesteigert werden. Sobald die stehenden Wellen sich gebildet haben, folgt das Auf- und Abwogen des Wassers an den Stellen der Wellenbäuche im Takte des Metronoms. Durch das Eintreten dieser Erscheinung und die Tatsache, daß dieser Zustand längere Zeit unverändert sich erhalten läßt, wird bestätigt, daß das Metronom auf das richtige Tempo eingestellt ist. Schon kleine Fehler in diesem Punkte haben zur Folge, daß der geschilderte Bewegungszustand nicht oder nur vorübergehend für kurze Zeit eintritt; das richtige Tempo muß dann durch geringe Beschleunigung oder Verzögerung ausprobiert werden. Die zum Erfolg führenden Stellungen des Schiebers am Pendel des Metronoms für die verschiedenen Versuche schreibt man sich für die Wiederholungen der Versuche auf.

Für eine Gruppe der Versuche trennen wir von dem Behälter einen innen 150 cm langen Teil durch das dem Querschnitt des Behälters angepaßte Brett W ab und legen auf das an W normal angefügte Brett, das auf den Längswänden von B aufliegt, ein größeres Gewichtstück. Zum Erregen der Wellen dient der bisher benutzte



Holzklotz. Beide Teile des Behälters bleiben bei diesen Versuchen mit Wasser gefüllt, da W nicht wasserdicht abschließt.

Es wurden die nachstehend angegebenen neun Versuche durchgeführt. In den Zeilen unter den zu ihrer Numerierung dienenden Zahlen sind verzeichnet: die Anzahl St der in der Minute auf das Wasser ausgeübten Stöße, die Anzahl $st. W.$ der erzeugten stehenden Wellen und die Länge λ derselben.

Versuch Nr.	Behälter von 2,43 m Länge					Behälter von 1,50 m Länge			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$St.$	30	43	55	66	80	47	66	82	93
$st. W.$	2	3	4	5	6	2	3	4	5
λ	1,17	0,78	0,58	0,45	0,37	0,69	0,46	0,35	0,27 m

Bei der Verwendung des längeren Behälters ist zwar nur bei den Versuchen 1 und 5 die Bildung der stehenden Wellen nicht immer sofort gut gelungen, aber im allgemeinen kann man nach den Erfahrungen des Verfassers doch sagen, daß die Versuche mit dem kürzeren Behälter leichter gelingen, weil hier die Bildung der regelmäßig verlaufenden stehenden Wellen nicht so sehr davon abhängig ist, daß das Metronom das für den betreffenden Versuch richtige Tempo ganz genau angibt, und ferner, weil die Bildung solcher Wellen schon bei mäßig starken Stößen des Klotzes eintritt, was das Einhalten des Tempos erleichtert.

Ab und zu gelingt ein Versuch nicht, sei es, daß das Metronom nicht den richtigen Takt für die Stöße angibt, oder der Takt nicht genau eingehalten wird. Das Wasser muß dann, bevor der Versuch wiederholt werden kann, beruhigt werden. Dies geschieht am raschesten dadurch, daß man den Holzklotz mit seiner Breitseite auf dem Wasser schwimmen läßt und ihn in dieser Lage und in langsamer Bewegung zum andern Ende des Behälters und wieder zurückschiebt.

Es ist naheliegend, sowohl durch die Beobachtung einer einzelnen fortschreitenden Welle als auch unter Verwendung der Versuche, durch die stehende Wellen erzeugt werden, die Ausbreitungsgeschwindigkeit der fortschreitenden Welle im Wasser zu bestimmen. Eine einzelne fortschreitende Welle, die durch einen kräftigen Stoß erzeugt wurde, kann auf ihrem durch die Reflexionen an beiden Enden des Behälters hervorgerufenen Hin- und Herweg so lange verfolgt werden, daß das Erscheinen des Wellenbergs am Holzklotz 30 bis 40 mal deutlich wahrnehmbar ist. Eine dabei vorgenommene Zeitmessung ergibt als Ausbreitungs-Geschwindigkeit der Wasserwelle $c = 1,17$ m pro Sekunde. Will man diese Größe auf Grund der anderen Versuche mit Hilfe der Gleichung $c = \lambda n$ bestimmen, so ist n die pro Sekunde erfolgende Zahl der Stöße und λ gleich der doppelten Länge der stehenden Welle. Die auf diesem zweiten Weg erhaltenen Werte von c (sie liegen zwischen 1,17 und 0,84 m) sind, wie schon eine genaue Prüfung der Zahlen in der obigen Zusammenstellung erkennen läßt, um so kleiner, je größer n ist, und nur der aus Versuch Nr. 1 sich ergebende Wert stimmt mit dem durch Beobachtung einer fortschreitenden Welle erhaltenen überein. Es soll jedoch auf diese Frage hier nicht eingegangen werden, da ihre Klärung nicht der Zweck und das Ziel der beschriebenen Versuche war, und da sie nur berührt wurde, um auf sie für den Fall etwaiger Wiederholungen der Versuche mit dem beschriebenen Apparat aufmerksam gemacht zu haben.

Wird ein Wasserbehälter der beschriebenen Art mit Glaswänden hergestellt, so ist wohl die Beobachtung der stehenden Wellen von der Seite möglich, aber auch bei dem vom Verfasser verwendeten Apparat kann eine größere Zahl Schüler auf beiden Seiten des Behälters gleichzeitig den Verlauf des Versuches verfolgen, so daß man in Berücksichtigung der Zerbrechlichkeit eines Behälters mit Glaswänden den beschriebenen soliden Wasserbehälter vorziehen wird.

Demonstrationsapparate zur Erzeugung der Figuren von Lissajous und von Schwebungsfiguren.

Von L. Biermaß in Amsterdam.

Fig. 1 gibt den Apparat für die Figuren von Lissajous wieder. Er ist verbunden mit einem kleinen Motor, welcher auch, wie aus Fig. 2 ersichtlich, bei dem Apparat für sogenannte Schwebungsfiguren gebraucht werden kann.

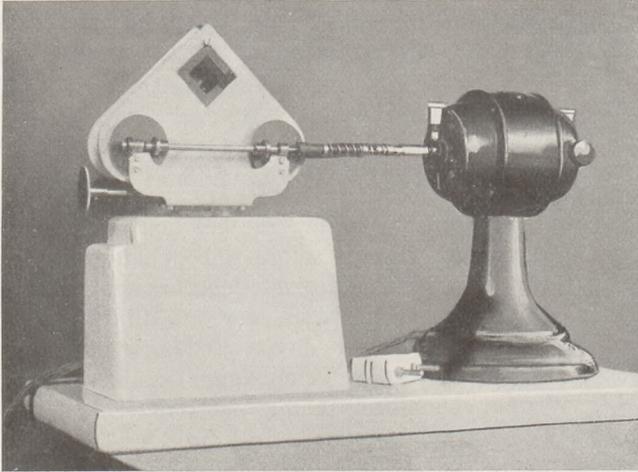


Fig. 1.

versehenen Scheiben D und D' . An den anderen Enden der Achsen C und C' befinden sich die Scheiben E und E' , die mit den Exzenterstiften B und B' versehen sind. Man denke sich Fig. 4 so weit nach oben verschoben, daß C und C' die mit denselben Buchstaben angedeuteten Achsen in Fig. 3 decken.

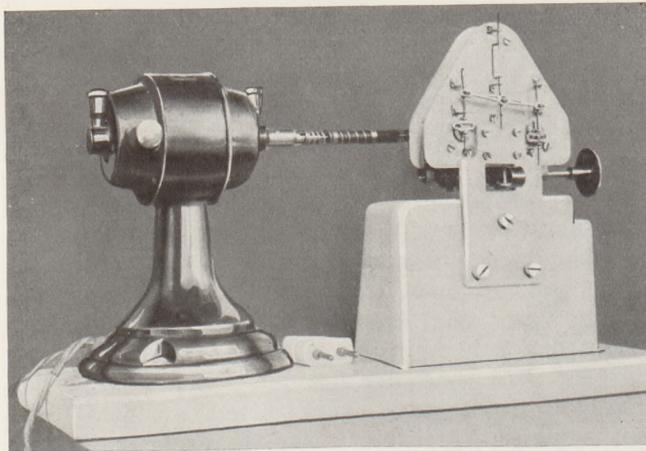


Fig. 2.

und D' durch eine Feder (angebracht an Teil F) angeedrückt werden.

Die Achse K ist vermittelt eines ausschiebbaaren und biegsamen Verbindungsstücks (Welle) an die Motorachse gekoppelt.

Durch Antrieb mit dem Motor drehen sich die Scheiben D und D' und bewegen bei jeder einmaligen Umdrehung die Schlitzplatten einmal hin und her.

Durch Drehung der Achse G , wozu der Knopf M dient, werden die Umdrehungsverhältnisse der Scheiben D und D' geregelt, und es entstehen nacheinander die bekannten Figuren stillstehend oder scheinbar sich drehend.

In Fig. 3 (Apparat 1) sind die senkrecht aufeinander stehenden Achsen $A-A'$ angegeben, an deren einem Ende sich kleine Metallplatten befinden, welche schlitzförmige Öffnungen haben.

Diese Achsen können sich allein in ihrer Längsrichtung bewegen. Diese Bewegung geschieht durch die Exzenterachsen B und B' . Fig. 4 zeigt die Antriebseinrichtung schematisch. Auf den parallelen Achsen C und C' befinden sich die mit einer Gummilauffläche versehenen Scheiben D und D' . An den anderen Enden der Achsen C und C' befinden sich die Scheiben E und E' , die mit den Exzenterstiften B und B' versehen sind. Man denke sich Fig. 4 so weit nach oben verschoben, daß C und C' die mit denselben Buchstaben angedeuteten Achsen in Fig. 3 decken.

Der Träger F , abgeschlossen durch 2 Stellringe H und H' und auf die Achse G gelagert, ist um diese drehbar. Die Achse G ist an einem Ende mit Gewinde versehen und in den Lagern I und I' gelagert, wodurch bei Drehung der Achse G der Träger F sich in der Längsrichtung der Achse bewegt. Achse K ist leichtlaufend, doch ohne Spielraum in Teil F gelagert und trägt zwei kleine Antriebscheiben L und L' , welche auf die Gummilaufflächen D

Für Projektion verwendet man am besten eine starke Lichtquelle, während für subjektive Wahrnehmung eine Argenta-Lampe besonders geeignet ist.

In Fig. 5 ist das Prinzip des Schwebungsapparats wiedergegeben. Die drei parallelen Achsen A , A' und A'' , in gleichem Abstand angebracht, können sich nur in ihrer Längsrichtung bewegen. Achse A'' trägt ein drehbares Joch, welches leicht beweglich an den Achsen A und A' durch die Achsenstifte P und P' gekoppelt ist. An der Achse A'' befindet sich ein Metallplättchen mit kleiner runder Öffnung S .

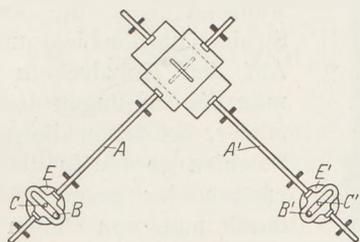


Fig. 3.

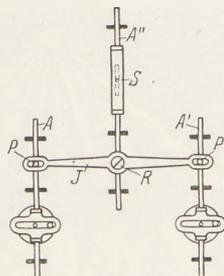


Fig. 5.

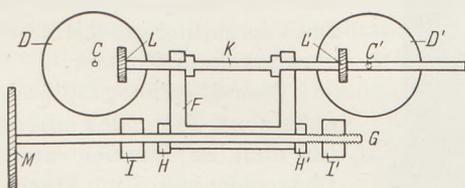


Fig. 4.

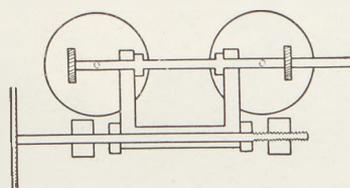


Fig. 6.

Die Antriebsvorrichtung (Fig. 6) ist im allgemeinen dieselbe wie in Fig. 4. Jede Bewegung von Achse A und A' wird um die Hälfte verkleinert auf Achse A'' übertragen, so daß bei gleicher Umdrehungsgeschwindigkeit und ohne Phasenunterschied die Bewegung der drei Achsen gleich ist, während bei 180° Phasenverschiebung die Achse A'' stillsteht und nur das Joch J um seinen Drehpunkt R schaukelt.

Ein Bild der stark belichteten Öffnung S wird vermittelt eines drehbaren Spiegels auf einen Schirm projiziert, wo dann die Schwebungsfiguren wahrnehmbar sind.

Naturwissenschaftliches Laboratorium der Universität Amsterdam.

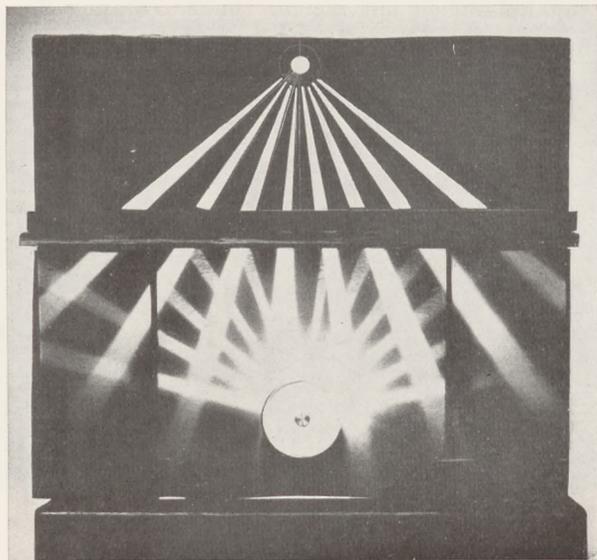
Eine Erweiterung zu dem Beleuchtungskörper des Lichtbrechungsapparates von Grimsehl.

Von W. Grosch in Kiel.

Viele Sammlungen besitzen den schönen von GRIMSEHL in dieser Zeitschrift 20, 215; 1907 angegebenen Apparat zur Vorführung des Verhaltens eines Lichtstrahles beim Austritt aus einem dichteren in ein dünneres Medium. Der Beleuchtungskörper kann mit einem einfach herzustellenden Zusatzgerät auch dazu verwandt werden, die Wirkung ebener Spiegel und das Wesen virtueller Bilder in eindrucksvoller Weise zu zeigen (s. Figur).

Die Ebene des Beleuchtungskörpers wird mit dünnen Holzdeckeln nach beiden Seiten um je 12 cm und nach oben um 18 cm fortgesetzt. Die Holzdeckel stehen hinten etwas über, darauf kommen Pappdeckel und weißer Karton, zusammen so dick wie die Grundplatte, mit einem genau für diese passenden Ausschnitt. Unten stehen kleine Führungsleisten über, oben ruht die \square -förmige Erweiterung mit einer Querleiste auf der Grundplatte. Diese Leiste trägt auch den etwa 4 cm breiten, vorn etwas nach unten geneigten Spiegelstreifen. Auf dem oberen Karton bestimme man recht genau den zum Lichtpunkt in bezug auf den Quecksilberbelag symmetrischen Punkt;

schon ein Fehler von $\frac{1}{2}$ cm wirkt störend, wie man an dem fertigen Apparat durch leichtes Anheben zeigen kann. Ferner stelle man den Vielspaltzylinder so, daß ein Strahl senkrecht nach oben geht, bestimme dann die Auffallstellen der Strahlen und verbinde sie mit dem Bildpunkt. Es empfiehlt sich, diese Zeichnung auf schwarzem Karton zu machen, auszuschneiden und auf dem weißen Karton zu befestigen.



Drehung des Spaltzylinders bewirkt Drehung der reflektierten Strahlen um den Bildpunkt, während sich die auffallenden Strahlen um den Lichtpunkt drehen. Auf den Holzdeckeln bezeichne man die Stellungen des Zylinderstieles, bei denen die reflektierten Strahlen gerade in die Verlängerungen der gezeichneten fallen, damit man von hinten einstellen kann. Diese Marken sind auch für den Einspaltzylinder richtig. Die Vorführung geschieht bei halbverdunkeltem Zimmer.

Über die photographische Aufnahme sei folgendes angegeben: Im dunklen Zimmer wurde die Lichterscheinung mit der 4 Amp. Universalbogenlampe nach CLASSEN hervorgerufen und mit Blende f 12

60 Sekunden lang aufgenommen. Dann wurden die unteren Teile mit schwarzem Papier abgedeckt, wobei aber der Zylinder frei blieb; nach Öffnung des 3 m entfernten Fenstervorhanges wurde an einem trübem Juninachmittage nochmals 2 Sekunden lang belichtet. Wie nötig dabei die Abdeckung der die Lichterscheinung tragenden Platte war, zeigt der schmale weiße Streifen am Fuße des Apparates, der zufällig frei blieb. Es wäre besser gewesen, eine lighthoffreie Platte zu verwenden; dann wäre die feine Ausstrahlung besser herausgekommen.

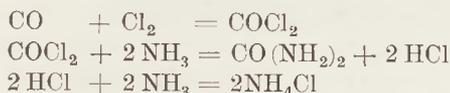
Die unterrichtliche Behandlung der Synthese des Harnstoffes aus Kohlenoxyd und Ammoniak.

Von Prof. Dr. P. Rischbieth in Hamburg.

Daß man WÖHLERS Harnstoffsynthese in einer Übungsdoppelstunde ausführen kann, habe ich — zugleich mit Bemerkungen über die Ausbeute — kürzlich gezeigt (RISCHBIETH, Quantitative chemische Versuche. Hamburg 1928, S. 96).

Aber auch die Synthese aus Kohlenoxyd und Ammoniak über das Phosgen hinweg läßt sich in derselben kurzen Zeit vollenden. Zu diesem Zwecke füllt man eine trockene Gasbürette von unten mit Chlor, das man aus Permanganat und Salzsäure entwickelt, und eine zweite gleich große mit Kohlenoxyd, das in vollkommener Reinheit aus Natriumformiat und konzentrierter Schwefelsäure erhalten werden kann. Man stellt nun die das Chlor enthaltende Bürette in das direkte Sonnenlicht, das man durch das geöffnete Fenster in den Raum treten läßt. Dann verbindet man die Bürette mit der anderen durch ein kurzes Schlauchstück, so daß die Ableitungsröhren Glas an Glas stoßen. Nach Öffnen der beiden Hähne drückt man durch Anheben des Niveauröhres der zweiten Gasbürette das Kohlenoxyd in die erste Bürette. Sofort verschwindet im oberen Teil der ersten Bürette die Farbe des Chlors, und es macht meistens keine Schwierigkeit, in wenigen Minuten alles Kohlenoxyd in die erste

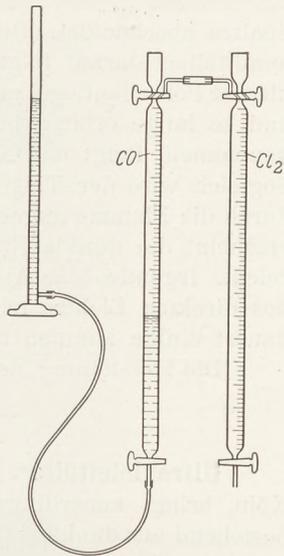
Bürette hinüberzuschaffen, wenn auch mit einigem Überdruck. Anders ist es natürlich, wenn durch Wolken oder Trübungen der Atmosphäre das Sonnenlicht geschwächt wird. Dann verschwindet die Farbe des Chlors viel langsamer. Nachdem man zur besseren Durchdringung der Gase die Bürette noch einige Male umgedreht hat, läßt man vom Trichteraufsatz aus etwa 2 bis 3 ccm konzentrierte wässrige Ammoniakflüssigkeit in die Bürette fließen. Nach den Gleichungen



bilden sich Harnstoff und Salmiak, die sich im Wasser lösen, von dem man nötigenfalls noch etwas einlaufen läßt. In einer kleinen Porzellanschale auf dem Wasserbade verdampft man zur Trockne und zieht durch mehrmaliges Übergießen mit absolutem Alkohol den Harnstoff aus dem Gemisch. Nach dem Verdunsten des Alkohols hinterbleibt der Harnstoff in weißen Kristallen, mit denen man alle Reaktionen ausführen kann. Zu einem annähernd quantitativen Resultat gelangt man, wenn man nach Eindampfen den Rückstand mit der heißen Lösung von etwa 1 g Ammonoxalat in ganz wenig Wasser übergießt und stark kühlt. Es scheidet sich dann das Harnstoffmonoxalat $2 \text{CO}(\text{NH}_2)_2$, $\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2$ als schönes schneeweißes Salz aus, das man auf einem kleinen Filter sammeln, trocknen und wägen kann.

Beispiel: 100 ccm Cl + 100 ccm CO 18°/765 mm trocken
 94,5 ccm Cl + 94,5 ccm CO 0°/760 mm trocken
 0,299 g Cl + 0,127 g CO = 0,426 g Phosgen
 Entsprechend Harnstoff $\left(\times \frac{60}{99}\right) = 0,258 \text{ g}$
 Entsprechend Harnstoffoxalat $\left(\times \frac{21}{12}\right) = 0,451 \text{ g}$.

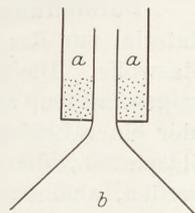
Gefunden wurde 0,31 g Oxalat. Die Differenz rührt zum weitaus größten Teile daher, daß das Harnstoffoxalat zwar schwer löslich, aber durchaus nicht unlöslich ist. Hierzu vgl. RISCBIETH, Quantitative chemische Versuche, S 98.



Für die Praxis.

Umkehrung der Natriumlinie. Von Georg Weidhaas in Greiz. — Zu diesem Versuche sind schon eine Menge Ausführungsformen bekannt geworden, so daß es sich erübrigen sollte, diese um eine neue zu vermehren. Wenn es dennoch geschieht, so weise ich darauf hin, daß es sich um einen Schauversuch handelt, der sicher zum Ziel führt.

Unmittelbar über die Luftzuführungsöffnungen eines Bunsen- oder Mekerbrenners befestigt man einen Trichter von etwa 8 cm Öffnung, den man sich aus Schablonenkupfer schneidet und mit Draht fest an das Brennrrohr bindet. Um von der Gasleitung unabhängig zu sein, kann man eine ähnliche Vorrichtung als Spiritusbrenner herstellen, bestehend aus einem oben offenen Messingzylinder *a* (s. Figur) von etwa 5 cm Länge und 3 cm Durchmesser. In den Boden des Zylinders ist ein einfacher Blechtrichter *b* von gleichem Durchmesser, wie oben angegeben, eingelötet. Das Ausflußrohr des Trichters soll etwas unter der Öffnung des Zylinders



zu liegen kommen. Der Behälter *a* wird zum Teil mit in Spiritus getränkter Watte gefüllt. Die ganze Vorrichtung wird durch Stiel und Reiter auf der optischen Bank befestigt und in den Strahlengang des Projektionsapparates so gesetzt, daß der Rand des Gefäßes *a*, bzw. die Mündung des Bunsenbrenners mit dem unteren Rande des Spaltes abschneidet. Der Spalt wird in üblicher Weise durch das Objektiv abgebildet, unmittelbar darauf folgt das Prisma. Nun wird die Flamme entzündet, darüber ein kleiner Porzellantiegel mit einem nicht zu kleinen Stück blanken Natriummetalls gebracht und so lange erhitzt, bis der „Silberblick“¹ zu sehen ist. Aus der Flamme herausgenommen, fängt das Natrium an zu glimmen und entwickelt starke Na_2O_2 -Dämpfe. Sogleich wird der Tiegel so unter die Öffnung des Trichters gehalten, daß die Dämpfe durch die Flamme angesogen werden und diese intensiv gelb färben. Auf dem Schirm erscheint die dunkle Natriumlinie in einer Stärke, die für den größten Hörsaal ausreicht. Irgendwelche AbblendeVorrichtungen sind nicht erforderlich. Durch Verdecken des direkten Lichtes tritt an Stelle der dunklen die helle Natriumlinie. Der Vorgang dauert einige Minuten an.

Die Herstellung des Apparates hat die Firma M. Kießling in Greiz übernommen.

Ultraviolettfilter. Von **Georg Weidhaas** in Greiz. — Die Firma Leybolds Nachf., Köln, bringt neuerdings ein Filter der Sendlinger Optischen Werke in den Handel, bestehend aus dunklem Glas, das die sichtbaren Strahlen absorbiert und die ultravioletten zwischen 400 und 300 $\mu\mu$ durchläßt. Das Filter ist zur Verwendung mit der Quarzlampe bestimmt, ist aber auch mit Bogenlicht brauchbar, nur stören hierbei die äußersten roten Strahlen, die vom Filter noch durchgelassen werden. Um diese zu beseitigen, empfehle ich eine Verwendung des Dunkelfilters mit dem neuen farblosen Ultraviolettglas der Sendlinger Werke, vertrieben durch die Ultraviolettglas-Vertriebsgesellschaft m. b. H., Berlin NW 7, Friedrichstr. 100. Dieses Glas ist sehr billig und gut durchlässig bis zu 310 herab. Eine Scheibe dieses durchsichtigen Glases wird mit dem erwähnten dunklen Glas zu einer Küvette zusammengestellt, bestehend aus einem Holzrahmen mit Nuten zu beiden Seiten, worin die beiden Glasplatten unter Zwischenschaltung eines Gummischlauches eingesetzt werden. Es entsteht dadurch ein Zwischenraum von etwa 10 mm, der mit einer konzentrierten Kupfervitriollösung ausgefüllt wird. Dieses Kombinationsfilter verschluckt auch die roten Strahlen, und es lassen sich damit alle Versuche wie mit dem früheren LEHMANNschen Filter ausführen, am glänzendsten natürlich bei Verwendung von Quarzkondensator und Eisendohtkohlen, doch ist auch der aplan. Kondensator von ZEISS für diese langwelligen Ultraviolettrahlen noch gut durchlässig. Das Kombinationsfilter bietet außerdem noch einen vollkommenen Schutz für das Dunkelglas, das, da es auch die Wärmestrahlen absorbiert, leicht dem Zerspringen ausgesetzt ist.

Darstellung elektrischer Kraftfelder. Von **Georg Weidhaas** in Greiz. — Als Material zur Erzeugung elektrischer Kraftfelder empfehle ich im Mörser zerriebene Glaswolle. Die Zurichtung der Platten ist die übliche, die Figuren werden aus Stanniol ausgeschnitten, auf Glasplatten geklebt, feine Drähte führen zu einem Minosverdichter oder einer Leidener Flasche, die mit einer Influenzmaschine in Verbindung steht. Die Glasplatten, die durch kurzes Durchziehen durch eine Flamme unelektrisch gemacht werden, kommen auf eine weiche dunkle Unterlage zu liegen, und die pulverisierte Glaswolle wird in feiner Schicht aufgestäubt. Nach dem Laden des Minosverdichters erschüttert man die Platte durch einige leichte Schläge mittels eines Glasstabes, und sofort ordnen sich die Glassplitter zu feinen Fäden, die das Kraftfeld in äußerst zarter

¹ Vgl. O. OHMANN, Diese Zeitschr. 36, 220; 1923.

Weise zeigen. Zwei Versuche nach R. W. POHL, Einführung in die Elektrizitätslehre, Modellversuche zur Erläuterung der Dielektrizitätskonstante (Fig. 1), und Modellversuche zur Erläuterung der Influenz in einem Leiter (Fig. 2) geben ein Bild von der Anordnung der Glasfäden. Betrachtet man die Fäden unter dem Mikroskop, so erkennt

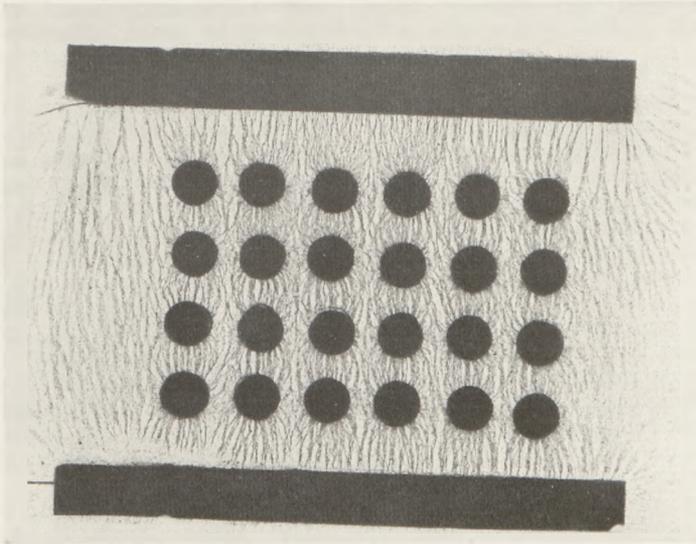


Fig. 1.

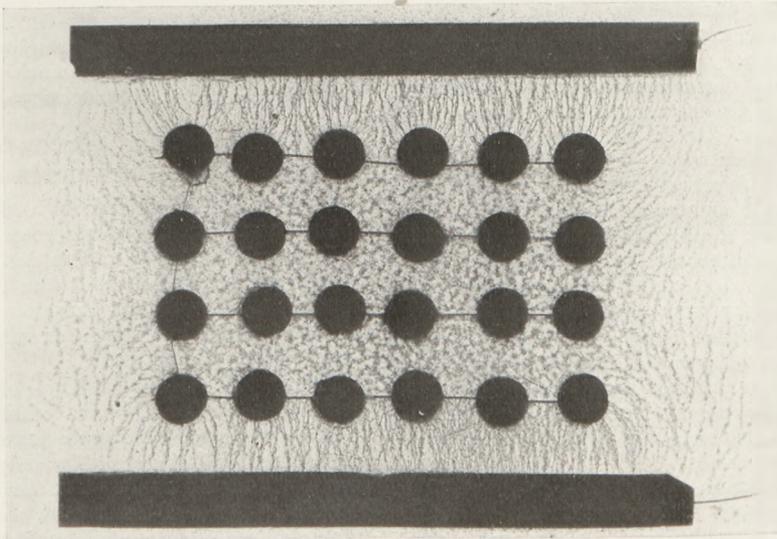


Fig. 2.

man auch die Ursache, weshalb pulverisierte Glaswolle für diese Versuche geeignet ist, denn alle Glasstäbchen bilden kleine Zylinder, die aneinander hängend, die Fäden der Kraftfelder bilden. Das feine Fadengeflecht haftet verhältnismäßig fest auf der Glasplatte, so daß man sie senkrecht stellen und durch Vorhalten vor den Kondensator eines Projektionsapparates vorführen kann. Das Verfahren zeichnet sich durch Sauberkeit und absolute Zuverlässigkeit aus. M. Kießling in Greiz liefert pulverisierte Glaswolle in Streubüchse.

Berichte.

4. Unterricht und Methode.

Die Ackererde. Ein Beitrag zur Ausgestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts hinsichtlich der Forderung der Lebensnähe. Von R. NELKENBRECHER in Berlin-Spandau.

Probenahme von Ackererde.

Versuch: Man nehme ein Stück Gasrohr von etwa 1 m Länge, versehe es unten mittels einer Feile mit Zähnen und bringe am oberen Ende einen Griff an. Dann suche man sich eine Holzstange, welche in das Gasrohr hineinpaßt und binde über das eine Ende einen Lederlappen.

In einer solchen Vorrichtung hat man einen Probebohrstock zur Probenahme von Ackererde vor sich¹.

Zur Entnahme von Bodenproben entferne man die Stange aus dem Rohr und stoße das Rohr, den Griff ein wenig rechts herum drehend, in senkrechter Richtung in den Boden. Dann ziehe man den Bohrstock heraus, stecke die Stange in das Rohr und stemme sie, während man mit den Händen das Rohr umfaßt und zu sich hin schiebt, gegen den Körper. Auf diese Weise presse man aus dem Bohrstock einen Erdpfropf heraus, lege diesen vor sich hin auf den Boden und betrachte ihn genau.

Es empfiehlt sich, Probebohrungen nur bei nassem Wetter auszuführen. Unter Umständen gieße man einige Eimer Wasser auf die Erde oder in das Bohrloch.

Man benutzt den Bohrstock hauptsächlich zur oberflächlichen Orientierung über die Beschaffenheit eines Feldes. Zwecks Entnahme von Erdproben zu einer weitergehenden Untersuchung verfähre man folgendermaßen: Man hebe mit einem Spaten je Morgen an 8 bis 10 Stellen ein viereckiges Loch von 30 bis 35 cm im Quadrat aus. Dieses Loch muß senkrechte Seitenwände haben und bis zur Tiefe der Ackerkrume herunterreichen. Dann nehme man von einer Seitenwand einen 3 cm breiten Abstich heraus, sammle die Einzelproben auf einer Karre und mische sie gründlich darin. Von dem Gemisch entnehme man darauf mit einem Löffel an den verschiedensten Stellen kleine Proben, bis man eine Durchschnittsprobe von 3 bis 4 kg erhält.

Man kann auch von jeder Seitenwand mit einem Löffel durch senkrecht Hochziehen ein Bodenprisma ausschneiden. Es ist aber dabei darauf zu achten, daß von der oberen meist gelockerten Kante des Einschlags nicht zu viel auf den Löffel fällt.

Unter dem Erdboden versteht man die oberste Schicht der Erdrinde, welche fähig ist, eine Vegetation hervorzubringen. Der Erdboden

¹ Ein einfacher und billiger Bohrstock ist Siats Erdborner. Preis: 9.— RM. Bezugsquelle: Friedhold Koch, Werkstätten für Optik und Mechanik (Inh.: Reichmann & Hoffmann), Hildesheim, Hoher Weg 9.

eignet sich nicht überall zum Anbau von Nutzpflanzen. Die Ernährung der Menschheit sichert nur der Erdboden, welcher vom Landwirt gepflegt und zum Anbau von Kulturpflanzen benutzt wird. Dieser Boden wird noch besonders als Ackerboden bezeichnet.

Man unterscheidet an jedem Boden die Ackerkrume und den Untergrund. Die Ackerkrume ist die oberste Schicht des Ackerbodens, die Erdschicht, welche der Landmann bearbeitet und welche die Kulturpflanzen ernährt. Sie reicht so weit, wie die Ackergeräte und die flachwurzelnden Gewächse, z. B. die Gräser, in den Boden eindringen. Je nach ihrer Mächtigkeit nennt man die Ackerkrume flach (10 bis 12 cm), mittelflach (13 bis 20 cm), tief (20 bis 30 cm) und sehr tief (über 30 cm). An einem Bohrpfropfen erkennt man, daß die obere Erdschicht, die Ackerkrume, dunkler als die darunter liegende Schicht gefärbt ist. Die heller gefärbte Schicht heißt Untergrund. Beide heben sich meist deutlich voneinander ab.

Der Ackerboden ist ein Gemenge der verschiedenartigsten Stoffe. Er ist keine tote Masse, sondern ein höchst beweglicher und lebendiger Organismus mit den mannigfaltigsten Lebensäußerungen. Die im Boden stattfindenden Vorgänge sind Wechselwirkungen der Bodenbestandteile. Man kann die Bodenbestandteile nach drei Gesichtspunkten ordnen, nämlich in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht.

I. Physik des Ackerbodens.

Körnung mit dem Sieb, Schlämmanalyse.

Versuch 1: Man verschaffe sich drei Pappdosen. In den Boden der einen stanze man runde Löcher zu 5 mm Durchmesser und in den Boden einer zweiten runde Löcher zu 2 mm Durchmesser. Den Boden der dritten Pappdose durchsteche man gleichmäßig von innen her mit einer Nadel (Durchmesser 0,5 mm).

Man hat in diesen so hergerichteten Pappdosen einen Bodensiebsatz erhalten¹.

Man trockne eine Erdprobe durch Ausbreiten an der Luft und wäge die Gesamtprobe. Dann siebe man die Erdprobe durch das 5 mm-Sieb hindurch, wäge den Rückstand, siebe den hindurchgelaufenen Bodenanteil durch das 2 mm-Sieb und wäge abermals das Abgesiebte. — Der erhaltene Bodenanteil enthält nur noch Bodenpartikelchen unter 2 mm Durchmesser. Man nennt ihn Feinboden.

Versuch 2: Man verschaffe sich einen Glaszylinder von 30 cm Höhe und 8,5 cm Weite, welcher, am oberen Ende enger, mit einem Hals versehen ist. Man stecke durch den Hals einen

¹ Ein billiger Siebsatz ist der von WAHNSCHAFFLE. Bezugsquelle: P. Muencke, Berlin. Preis: 25.— RM.

Gummistopfen mit doppelter Bohrung und befestige darin ein heberartiges, knieförmig gebogenes Rohr und ein kürzeres Knierohr, ähnlich dem bei einer Spritzflasche. Das senkrechte Rohr des Hebers biege man nach unten zu um, so daß die Ausflußöffnung nach oben zu geöffnet ist. Der Gummistopfen ist so tief einzustecken, daß die Heberöffnung genau 22 cm von dem Halsansatz entfernt ist. — Eine solche Vorrichtung heißt Schlämmzylinder¹.

Man wäge eine Porzellanschale von 250 ccm Inhalt, bringe 50 g Feinboden hinein, übergieße die abgewogene Ackererde mit 6 bis 7 Eßlöffeln voll Wasser und lasse den Erdbrei 2 bis 3 Tage stehen. Ab und zu rühre man mit einem kleinen Holzstäbchen den Erdbrei um und zerdrücke etwaige Klümpchen. Danach spüle man die eingeweichte Ackererde mit Hilfe von Wasser restlos in den Zylinder. Man fülle nunmehr den Zylinder bis zum Halse mit Wasser, rühre eine Minute mit einem glatten Holzstab tüchtig um und lasse den Zylinder 10 Minuten ruhig stehen. Dann setze man den Stopfen mit den beiden Rohren ein, blase durch das kurze Knierohr in den Zylinder hinein und hebere das trübe, tonhaltige Wasser ab. — Das Wasser fließt bis zur Ausflußöffnung des Heberrohres aus. — Alsdann nehme man den Stopfen wieder ab, fülle in den Zylinder Wasser bis zum Halse nach, rühre 1 Minute gründlich durch, lasse 10 Minuten ruhig stehen, setze den Stopfen auf und hebere die trübe Flüssigkeit abermals ab. Dies wiederhole man so lange, bis die Flüssigkeit nach dem Stehen nicht mehr trübe erscheint. Man spüle darauf den aus Sand bestehenden Rückstand im Zylinder mit Hilfe einer Spritzflasche ohne Verlust in die Porzellanschale und gieße nach einiger Zeit das überstehende Wasser von dem Sande ab. Hiernach trockne man den Sand durch Erhitzen auf dem Wasserbad und wäge nach dem Erkalten die Schale mit dem Sand. Zuletzt berechne man den prozentualen Gehalt der Ackererde an Sand und Ton.

Die abgeschlammten Teilchen sind vorwiegend Tonteilchen. Daneben finden sich, wie man unter dem Mikroskop erkennt, auch ganz feiner Sand und Humusteilchen vor.

In physikalischer Hinsicht teilt man die Bodenbestandteile nach ihrer Größe ein. Man nimmt an, daß sie annähernd die Gestalt einer Kugel haben und wählt daher als Maß den Durchmesser. Deshalb spricht man auch von Bodenkörnern. Man unterscheidet die Bodenkörner nach folgenden Korngrößen:

- Körner mit einem Durchmesser
- über 5 mm heißen Steine;
- von 5 bis 2 mm Kies;
- von 2 bis 0,05 mm Sand und
- unter 0,05 mm Feinerde, Abschlammbares oder Ton.

¹ Obiger Zylinder ist dem KÜHN-WAGNERSCHEN Schlämmzylinder nachgebildet. Bezugsquelle: Eberhardt & Metzger, Darmstadt.

Die Feinerde darf nicht mit dem Feinboden verwechselt werden. Der Feinboden ist der Bodenanteil, welcher durch ein 2 mm-Sieb hindurchgeht, also die Gesamtheit aller Bodenkörner unter 2 mm Durchmesser.

Die Ackererde ist, physikalisch betrachtet, ein Gemisch kleinerer und größerer Bodenkörner. Auf dem Mischungsverhältnis der gröberen und feineren Bodenbestandteile baut sich eine Klassifikation der Böden auf. Auch kann man sich daraus ein Urteil über gewisse landwirtschaftlich wichtige, mechanische Bodeneigenschaften, wie z. B. Bearbeitbarkeit, Gefüge, wasserhaltende Kraft, Durchlüftung und Erwärmung, bilden.

Man ermittelt den Gehalt der Ackererde an den einzelnen Bodenkorngrößen durch Körnung mit dem Sieb (Versuch 1) und durch eine Schlämmanalyse (Versuch 2). Die Schlämmanalysen beruhen auf der verschiedenen Fallgeschwindigkeit der einzelnen Bodenkörner (Schlammgeschwindigkeit) in Wasser, wenn nach dem Umrühren der Zylinder ruhig stehen bleibt. Die im Wasser aufgeschlammten Bodenteilchen werden durch die Schwerkraft gezwungen, sich allmählich wieder zu Boden zu setzen. Dies geschieht um so früher, je größer und schwerer die Bodenkörner sind, und um so später, je kleiner und leichter sie sind. Die ganz feinen Sandteilchen und vor allem die Ton- und Humusteilchen bleiben daher am längsten im Wasser schweben. — Man nennt die oben beschriebene Art des Schlammens auch Dekantierverfahren. Vom praktischen Landwirt werden Schlammapparate bevorzugt, welche nach dem Sedimentierverfahren arbeiten, sog. Schlammflaschen. Vor allem die STATTSCHESCHE gestattet bei sehr einfacher Arbeitsweise in kurzer Zeit angenähert den Sand- und Tongehalt des Bodens zu ermitteln. — Man schüttelt in einer solchen Schlammflasche 10 g Feinboden mit Wasser durch, hängt die Schlammflasche senkrecht auf und liest nach $\frac{3}{4}$ Std. die Kubikzentimeter für groben und feinen Sand am Schlammrohr ab. Daraus läßt sich dann der prozentische Gehalt berechnen. Es wiegen 65 ccm Grobsand 100 g und 85 ccm Feinsand 100 g. — In den landwirtschaftlichen Versuchsstationen benutzt man einen Apparat, mit dem man genau die Schlammgeschwindigkeit der einzelnen Bodenanteile feststellen kann. Dieser Apparat ist der SCHÖNESCHESCHE Schlammapparat.

Man kann den beim Schlämmen erhaltenen Sand noch durch Sieben im 0,5 mm-Sieb in groben und feinen Sand zerlegen.

Klassifikation der Böden.

Man klassifiziert die Böden nach den darin vorwaltenden Gemengteilen. Man unterscheidet danach Steinböden (bis etwa 80% Steine), Sandböden (80 bis 100% Sand), Lehm Böden (50 bis 80% Sand) und Tonböden (50 bis 100% Ton). Hinzu kommen noch Kalk- und Humusböden (siehe später). Bei den einzelnen Boden-
gruppen unterscheidet man wieder Untergruppen:

- I. Steinböden: bis etwa 80% Steine;
- II. Sandböden:

1. gewöhnlicher Sandboden: bis 10% Abschlämmbares, bis 90% Sand; 2. lehmiger Sandboden: bis 20% Abschlämmbares, bis 80% Sand.

III. Lehmböden:

1. sandiger Lehmboden: bis 30% Abschlämmbares, bis 70% Sand; 2. gewöhnlicher Lehmboden: bis 40% Abschlämmbares, bis 60% Sand; 3. toniger Lehmboden: bis 50% Abschlämmbares, bis 50% Sand.

IV. Tonböden:

1. lehmiger Tonboden: bis 60% Abschlämmbares, bis 40% Sand; 2. gewöhnlicher Tonboden: bis 70% Abschlämmbares, bis 30% Sand.

Man sieht hieraus, daß man bei dieser Klassifikation einseitig nur das Mengenverhältnis der gröberen und feineren Bodenkörnchen berücksichtigt hat. Hinsichtlich ihrer Ertragsfähigkeit hat man vom rein praktischen Standpunkt aus die Bodenarten in verschiedene Klassen, Bonitätsklassen, eingeteilt. Man sagt: der Boden gehört hinsichtlich seiner Bonität in die erste, zweite, dritte usw. Klasse. Diese Einteilung wird zur Ermittlung des Bodenreinertrages für die Grundsteuer angewandt.

Physikalische Bodeneigenschaften.

Von der prozentualen Verteilung der Bodenkörnchen sind eine ganze Anzahl von Bodeneigenschaften abhängig. Besteht ein Boden vorwiegend aus abschlämmbaren Teilchen, dann ist er schwer zu bearbeiten, dicht, naß und schlecht durchlüftet. Besteht der Boden vorwiegend aus nicht abschlämmbaren Teilchen, dann ist er leicht zu bearbeiten, lückig, trocken, warm und gut durchlüftet. Man nennt erstere Böden auch schwere Böden und letztere leichte Böden. Schwere Böden sind Ton- und Lehmböden, leichte Böden die sandigen Böden.

Versuch 3: Man nehme einen Meßzylinder von 100 ccm Inhalt und 2 bis 3 cm lichter Weite, wäge diesen Zylinder und fülle den Feinboden in drei Portionen in den Meßzylinder. Nach jeder Füllung stoße man den Meßzylinder 300 mal auf eine Filzplatte und 200 mal auf die Tischplatte. — Die letzte Füllung muß so bemessen werden, daß die Erde genau bis zur Marke reicht. — Man wäge den Zylinder mit der Erde und ermittle durch Rechnung das Raumgewicht der Erde.

Versuch 4: Man nehme einen Lampenzylinder von etwa 3 cm Weite und etwa 17 cm Länge, biege um den oberen Rand ein Drahtnetz und binde es fest. Darauf lege man auf den Boden des Zylinders ein angefeuchtetes Stück Leinwand, so daß dieses das Drahtnetz gerade bedeckt und wäge den Zylinder. Nunmehr fülle man den Zylinder mit Feinboden, indem man jedesmal mit dem Zylinder auf eine weiche Unterlage aufklopft, um eine genügend feste Lagerung des Bodens zu erreichen. Man fülle den Zylinder bis zu einer Höhe von 17 cm mit Erde und wäge den Zylinder mit der Erde. Nun tauche man den Zylinder in ein Becherglas mit Wasser, befestige ihn an einem Stativ so, daß er $\frac{1}{2}$ cm tief in das Wasser eintaucht und warte, bis das Wasser an der Oberfläche des Erdinhalts erscheint. — Dann

ist die Erde ganz durchfeuchtet. — Man trockne das untere Ende des Zylinders mit einem Tuche ab und wäge ihn wiederum. — Die Gewichtszunahme bedeutet die wasserhaltende Kraft des Bodens. Sie wird in Prozent Feinboden umgerechnet.

Versuch 5: Man verschaffe sich einige 100 cm lange und 2 cm weite Glasröhren, umbinde sie an einem Ende mit Leinwand und beschrifte sie mit dem Feinboden, jedoch nicht mit einem Male, sondern in kleinen Portionen. Nach jedesmaligem Einschütten stoße man die Röhren wiederholt auf eine weiche Unterlage auf. Man befestige die Röhren in senkrechter Stellung in einem besonderen Gestell oder in Stativen und stelle eine flache Wanne mit Wasser darunter. — Die Röhren müssen immer 1 cm tief in das Wasser dieser Wanne hineinragen. Das Wasser wird von der Erde aufgesogen und steigt in den Röhren empor. Das vom Boden aufgenommene Wasser ist immer wieder zu ersetzen. — Man notiere sich die Zeit, in welcher man den Versuch angestellt hat, und stelle nach 1, 2, 3 usw. Tagen fest, wie hoch das Wasser in den Röhren gestiegen ist. — Man ermittelt auf diese Weise das kapillare Wasseraufsaugungsvermögen des Bodens.

Zum Vergleich fülle man Röhren mit Sand-, Lehm-, Ton-, Kalk- und Humusboden.

Aus der Körnigkeit des Bodens ergeben sich einige weitere Bodeneigenschaften, z. B. die Lückigkeit, die wasserhaltende Kraft, das Wasseraufsaugungsvermögen und die Bindigkeit. Auch das Raumgewicht steht dazu in Beziehung. Die Lückigkeit ist unmittelbar eine Folge der Körnigkeit. Die Bodenkörnchen berühren sich zufolge ihrer abgerundeten Gestalt nicht allseitig und überall, sondern nur an einigen Punkten. Zwischen den Körnern verbleiben Hohlräume oder Lücken. Jeder Boden, auch der dichteste, enthält solche Lücken. Sie sind in der Natur mit Luft oder Wasser ausgefüllt. Die Zahl und Größe der Lücken richtet sich nach der Zahl und Größe der Bodenkörnchen. Ein grobkörniger Boden z. B. enthält wenig, aber große Lücken, ein feinkörniger viel, aber kleine Lücken. Je nach der Größe unterscheidet man zwei Arten von Lücken, kapillare Poren und nicht kapillare Hohlräume. Die kapillaren Poren sind die ganz kleinen Hohlräume des Bodens. Sie sind mit bloßem Auge nicht sichtbar. In ihnen bleibt das Wasser durch Adhäsion haften und steigt durch kapillare Anziehung von unten nach oben empor, wenn sie miteinander in Verbindung stehen. Durch die nicht kapillaren Hohlräume, die größeren Lücken des Bodens, fließt oder fällt das Wasser hindurch.

Je nach der Anzahl seiner kapillaren Poren vermag jeder Boden eine gewisse Wassermenge in seinen Poren zu fassen und festzuhalten. Sind sämtliche kapillaren Poren des Bodens mit Wasser angefüllt, dann heißt der Boden mit Wasser gesättigt. Die nicht kapillaren Hohlräume enthalten dann immer noch Luft. Man nennt die Wassermenge, die ein bestimmter Gewichts- oder Volumteil Erde festzuhalten vermag, die wasser-

haltende Kraft des Bodens. Sie wird auch als Wasserkapazität bezeichnet (Versuch 4).

Die Wasserkapazität ist bei den einzelnen Bodenarten verschieden. Sie beträgt für Sandboden 0 bis 30%; für Lehmboden etwa 40%; für Tonboden 60 bis 80%; für Kalkboden etwa 90% und für Humusboden 160 bis 200%.

Für den Ackerbau ist eine wasserhaltende Kraft von 25 bis 40% am günstigsten. Zwar hängt die Fruchtbarkeit der Böden in erster Linie von ihrem Verhalten zum Wasser ab. Indes hat die Bestimmung der Wasserkapazität nur wenig praktischen Wert, da die Wasserversorgung der Felder noch dem Himmel überlassen werden muß.

Der Boden hat auch die Fähigkeit, Wasser aus den unteren Schichten durch Anziehung in den kleinen Kapillarröhrchen nach oben zu leiten (Versuch 5). Die Schnelligkeit, mit der die Wasseraufsaugung erfolgt, und die Höhe, bis zu welcher das Wasser gehoben wird, sind bei den einzelnen Bodenarten verschieden. Außerdem stehen Schnelligkeit und Hubhöhe in umgekehrtem Verhältnis zueinander. In grobkörnigen Böden steigt das Wasser schnell, aber nur bis zu geringer Höhe; in feinkörnigen Böden langsam, aber zu großer Höhe. Je mehr ein Boden Ton und Humus enthält, desto langsamer steigt in ihm das Wasser. Es steigt aber schließlich höher als in ton- und humusarmen Böden. Man fand z. B. bei einigen Bodenarten folgende Zahlen¹:

Zeit	Steighöhe in mm				
	feiner Sandboden	Lehm	Ton	feinkörniger sandiger Lehm	humoser, mergeliger lehmiger Sand
in 1 Tg.	440	285	35	370	270
„ 2 „	460	430	50	500	360
„ 3 „	510	528	110	580	415
„ 4 „	—	—	—	650	445
„ 5 „	—	—	—	690	465

Für die Wasserversorgung der Kulturpflanzen sind solche Böden am günstigsten, in denen das Wasser in 1 Tag 250 bis 400 mm emporsteigt. Im übrigen kann der Landwirt durch geeignete Bodenbearbeitung den Wasseraufstieg im Boden innerhalb gewisser Grenzen beeinflussen. Läßt der Landwirt einen lockeren Boden festwalzen, dann werden die kapillaren Poren vermehrt und die nicht kapillaren Hohlräume verkleinert. Durch diese Maßnahmen wird mithin ein langsames, aber um so höheres Ansteigen des Wassers bewirkt. Läßt der Landwirt andererseits den Boden hacken oder umpflügen, so werden die Kapillarröhrchen erweitert oder ganz zerstört. Das Aufsteigen des Wassers hört auf oder wird herabgesetzt. Letztere Maßnahme ist hervorragend geeignet, um dem Boden die Winter-

feuchtigkeit zu erhalten. — Man betrachte auch die Fußstapfen auf einem gepflügten Felde. Die Fußstapfen sind feucht, die andere lockere Erde trocken.

Die Bindigkeit des Bodens äußert sich in dreierlei Weise; einmal in der Festigkeit, mit der die Bodenbestandteile in trockenem Zustande zusammenhalten; dann in der Klebrigkeit, mit der die Ackererde in feuchtem Zustande z. B. an den Stiefeln oder am Spaten haftet und endlich in der Rissigkeit und Raumverminderung, mit welcher der feuchte Boden beim Austrocknen sich auf einen kleineren Raum zusammenzieht. Die einzelnen Bodenarten verhalten sich in dieser Hinsicht ganz verschieden. Der Tonboden z. B. hat die größte Festigkeit und größte Klebrigkeit; auch schwindet er beim Austrocknen sehr stark. Humusboden schwindet beim Austrocknen am stärksten, seine Festigkeit und Klebrigkeit ist aber klein. Bei Sandboden ist Festigkeit, Klebrigkeit und Volumenverminderung gering. Man unterscheidet demgemäß mehrere Stufen der Bündigkeit. Die Abstufung richtet sich vor allem nach dem Verhalten des Bodens bei der Bearbeitung. Der Landwirt unterscheidet danach z. B. folgende Stufen der Bindigkeit: leicht, bindig, schwer und streng. Man kann die verschiedenen Grade der Bindigkeit aus gewissen Merkmalen, z. B. durch Aufstoßen mit dem Stock oder unter dem Fußtritt, erkennen.

Mit dem Raumgewicht des Bodens darf das spezifische Gewicht des Bodens nicht verwechselt werden. Das Raumgewicht ist das Gewicht einer Volumeneinheit, etwa von $\frac{1}{2}$ Liter, des Bodens in seiner natürlichen Lagerung. Das spezifische Gewicht oder vielmehr die Dichte des Bodens ist die Zahl, welche man erhält, wenn man das Gewicht einer Bodenprobe durch den Rauminhalt, welchen die Bodenteilchen einnehmen, teilt. Diese Zahl hat praktisch keine Bedeutung. Wohl aber das Raumgewicht (Versuch 3)! Letzteres hängt sehr vom Gefüge des Bodens ab. Es ist im allgemeinen niedrig, wenn der Boden ein sog. Krümelgefüge besitzt. Das Raumgewicht ist bei den einzelnen Bodenarten verschieden. Es schwankt meist zwischen 1,2 und 1,5.

Raumgewicht einiger Bodenarten¹:

Sandboden	1,39
lehmiger Sandboden	1,31
sandiger Lehmboden	1,16
strenger Tonboden	1,15
humusreicher Sandboden	1,00
Moorboden	0,45.

Kennt man das Raumgewicht des Bodens, dann kann man sein Hektargewicht berechnen. Letzteres ist bei gewissen Bodenverbesserungen, Meliorationen, z. B. der Kalkung, wichtig. Man ermittelt das Hektargewicht als Gewicht eines Hektars Ackerfläche bis zur Tiefe der Ackerkrume.

¹ STATs: Anleitung zur einfachen Untersuchung landwirtschaftlich wichtiger Stoffe. 7. Aufl., S. 179, 1922.

¹ WIESSMANN: Quantitatives agrikulturnchemisches Praktikum. S. 231.

II. Chemie des Ackerbodens.

Chemische Zusammensetzung des Ackerbodens.

Versuch 1: Man übergieße in einem Glaskolben von 2 Liter Inhalt 50 g Feinboden mit 1 Liter destillierten Wassers, verschließe den Kolben mit einem Gummistopfen und lasse ihn zwei Tage lang unter häufigem Umschütteln stehen. Dann hebere man einen Teil der überstehenden Flüssigkeit ohne Aufrühren des Bodensatzes ab, filtriere diese Flüssigkeit durch ein trockenes Filter und behandle den Bodenauszug nach den Regeln der qualitativen chemischen Analyse.

Es lassen sich in dem wässerigen Bodenauszug die Basen Natron, Kali, Kalk und Magnesia und die Säuren Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure nachweisen.

Versuch 2: Man übergieße 50 g Feinboden in einem Erlenmeyerkolben mit 100 ccm konzentrierter chemisch reiner Salzsäure (spez. Gew. 1,15) und koche den Boden eine Stunde lang auf dem Sandbad mit der Säure. Darauf füge man $\frac{1}{2}$ bis 1 Liter destillierten Wassers hinzu, rühre den Inhalt mit einem Glasstab um und lasse den Boden sich absetzen. Hat sich die überstehende Flüssigkeit geklärt, dann gieße man sie durch ein Filter ab.

Im Filtrat lassen sich außer den bereits oben nachgewiesenen Basen und Säuren noch die Basen

Eisenoxyd, Tonerde und oft Mangan und die Säuren Phosphorsäure und Kieselsäure nachweisen.

Versuch 3: Man wiederhole obige Versuche mit Sandboden, Tonboden und Komposterde.

Welche Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung sind zu bemerken?

Versuch 4: Man trockne zwei bis drei Eßlöffel voll Feinboden im Trockenschrank bei 100 bis 110° C. Dann bringe man etwa 10 g dieser Erde in einen Porzellantiegel, bedecke den Tiegel mit einem Deckel und erhitze den Tiegel bis zur schwachen Rotglut. Darauf nehme man den Deckel ab und rühre den Boden mit einer Stahlnadel oder einem Platindraht um.

Beim Abheben des Deckels erblickt man im Tiegel schwarze, kohlige Teilchen, die beim Umrühren erglühen und verbrennen, sobald sie mit der Luft in Berührung kommen.

Die organischen verbrennlichen Stoffe im Boden heißen Humusstoffe.

Man wiederhole den Versuch mit sandiger oder lehmiger Ackererde und Komposterde. Welcher Unterschied ist zu bemerken?

In chemischer Hinsicht ist der Ackerboden ein Gemenge von Stoffen der verschiedensten chemischen Zusammensetzung. Die Zusammensetzung der Ackererde ist kompliziert und schwankt sehr.

Nährstoffgehalt im großen Durchschnitt (%).

Bodenart	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali	Kalk
Sandboden	0,04 bis 0,05	0,00 bis 0,05	0,00 bis 0,09	0,05 bis 0,13
Lehmboden	0,12 bis 0,14	0,06 bis 0,11	0,30 bis 0,45	0,30 bis 3,50
Tonboden	0,15 bis 0,19	0,09 bis 0,19	0,30 bis 0,70	0,40 bis 9,20
Hochmoorboden	1,30	0,08	0,05	0,20
Niederungsmoorboden	3,35	0,39	0,06	4,06

Aufgabe 1: Man stelle aus obiger Übersicht die Unterschiede der einzelnen Bodenarten im Nährstoffgehalt fest.

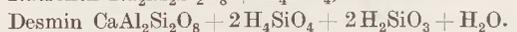
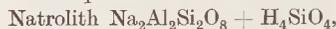
Der Ackerboden enthält immer feste, flüssige und gasförmige Stoffe. Die festen Stoffe sind teils anorganischen, teils organischen Ursprungs. Die ersteren heißen bodenbildende Mineralien. Ihre Zahl ist verhältnismäßig gering. Die praktisch wichtigsten sind der Quarz, die Feldspate und die aus ihnen hervorgehenden zeolithähnlichen Silikate, der Ton und der Kalkstein.

Der Quarz ist chemisch sehr widerstandsfähig. Er nimmt im allgemeinen an den chemischen Umsetzungen im Boden nicht teil und kommt deshalb für die Ernährung der Pflanzen nicht in Betracht. Er ist jedoch für die physikalischen Bodeneigenschaften wichtig (Abschnitt I).

Aufgabe 2: Man stelle die Formeln für die Feldspate auf und ermittle das Verhältnis zwischen den Molekülen der Basen Natron, Kali oder Kalkerde, der Tonerde und der Kieselsäure (SiO_2).

Aufgabe 3: Man ermittle diese Verhältnisse bei einigen Zeolithen.

Beispiele:



Versuch 5: Man bringe etwas Desmin in ein Glasröhrchen und erhitze es. Es setzen sich an den kälteren Stellen des Gläschens Wassertröpfchen ab.

Versuch 6: Man erhitze ein Stück Desmin auf Kohle vor dem Lötrohr. Der Desmin schmilzt unter heftigem Schäumen.

Versuch 7: Man zerreiße etwas Desmin, bringe das Pulver in einen Kolben, übergieße es mit einer 7,5%igen Chlorkaliumlösung und lasse es zwei bis drei Tage unter öfterem Umschütteln stehen. Dann gieße man die überstehende Flüssigkeit durch ein Filter.

Es läßt sich im Filtrat Calcium nachweisen.

Versuch 8: Man wiederhole den Versuch mit Natrolith und einer 7,5%igen Chlorcalciumlösung. Dann filtriere man den Bodensatz von der überstehenden Flüssigkeit ab, wasche ihn sorgfältig mit destilliertem Wasser aus und behandle ihn wie anfangs mit einer 5,5%igen Salmiaklösung.

Es läßt sich im Filtrat Calcium nachweisen.

Von großer Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit sind die Feldspate, vor allem der Orthoklas. Die Feldspate sind Silikate, in deren Formel auf 3 bis 6 Moleküle Kieselsäure (SiO_2) und 1 Molekül Tonerde 1 Molekül Base (Natron, Kali oder Kalkerde) kommt. Die Feldspate werden in der Ackererde bald zersetzt; sie „verwittern“ verhältnismäßig leicht. Dabei entstehen Neubildungen, von denen die landwirtschaftlich wichtigsten Zeolithe bzw. zeolithähnliche Silikate sind. Zeolithähnliche Silikate entstehen dadurch, daß die Feldspate sich beim Verwittern unter Wasseraufnahme teilweise zersetzen und halbverwittert wieder Basen aufnehmen. Natürliche Zeolithe sind z. B. Natrolith (Spreustein) und Desmin (Strahlsiedestein). Ein zeolithähnliches Mineral ist der Permutit (etwa 43% SiO_2 , 22% Al_2O_3 , 14% Na_2O und 22% Wasser). Die Zeolithe heißen auch noch Siedesteine und sind wasserhaltige Aluminiumsilikate mit Natrium oder Calcium. Sie schmelzen vor dem Lötrohr unter Aufschäumen (Name!) und verlieren dabei ihr Kristallwasser (Versuche 5 u. 6). Bei den Zeolithen und den zeolithischen Silikaten entfällt auf 3 bis 6 Moleküle Kieselsäure und 1 Molekül Tonerde auch annähernd 1 Molekül Base. Die zeolithischen Silikate zeichnen sich durch die Fähigkeit aus, Basen aus Lösungen zu binden (Versuch 7) und dafür andere gebundene an die Lösung abzugeben (Versuche 7 und 8). Man nennt diese Wechselwirkung Basen- oder Ionenaustausch.

Versuch 9: Man nehme zwei etwa 2 cm weite und 50 bis 60 cm lange Glasröhrchen, verschließe sie an dem einen Ende mit einem Korkstopfen, fülle in sie 10 cm hoch vom Kork aufwärts Feinboden (Lehm- oder Tonboden) und gieße in die eine Röhre Wasser und in die andere eine 1%ige Salmiaklösung, so daß die Röhrchen etwa zu drei Viertel gefüllt sind. Darauf verschließe man die oberen Öffnungen mit einem Korkstopfen, schüttele die Röhrchen zwei bis drei Minuten kräftig durch und stelle sie senkrecht hin oder spanne sie in ein Stativ ein.

In der Röhre, in welcher die Erde mit der Salmiaklösung geschlämmt worden ist, hat sich nach einiger Zeit die Erde vollständig abgesetzt; die überstehende Flüssigkeit ist völlig klar. In der anderen Röhre erfolgt dies erst nach zwei bis drei Tagen. Man beachte auch die Raumzunahme des Bodens in den Röhren.

Als Endprodukt bei der Verwitterung der Feldspate entsteht an der Erdoberfläche der Ton. Die meisten Tonarten sind durch Eisenverbindungen grau-grün (Eisenoxydulverbindungen) oder braun-gelb (Eisenoxydverbindungen) gefärbt. In letzterem Falle nennt man den Ton Lehm. Mit Wasser angerührt bilden die Tonarten unter Aufquellen eine weiche formbare Masse, welche beim Trocknen zusammenschrumpft und hart und rissig wird (vgl. Abschnitt I, Bindigkeit). In reinem Wasser verteilen sich die Tonteilchen und bleiben lange darin schweben (Tonsuspension). Bei Zusatz von Salzlösungen, z. B. einer Salmiaklösung, treten die Tonteilchen zu Flocken zusammen, welche zu Boden sinken, und die trübe

Suspension klärt sich bald (Versuch 9). Der Ton gilt als kennzeichnendes Beispiel für ein Kolloid (Quellkörper). Man bezeichnet deshalb auch die Tonarten und die ihnen chemisch ähnlichen Mineralien als Tonkolloide.

Bedeutung und Bestimmung des Kalkes im Boden.

Versuch 10: Man blase durch Kalkwasser einen Kohlendioxidstrom und beobachte das Lösen des zuerst ausgefallenen Calciumcarbonats.

Versuch 11: Man bringe zwei bis drei Eßlöffel voll Erde in eine Porzellanschale und lasse verdünnte Salzsäure (1:2) darauf tropfen.

Wenn die Ackererde kalkhaltig ist, schäumt sie unter Entwicklung von Kohlendioxid auf.

Man wiederhole den Versuch mit Ackererde, der ein wenig Schlammkreide beigemischt ist.

Versuch 12: Man nehme ein Kochfläschchen von 50 bis 75 ccm Inhalt, bringe in dieses genau 10 g lufttrockenen Feinboden, stecke durch einen dazu passenden doppelt durchbohrten Gummistopfen ein Gasableitungsrohr und den Hals einer kleinen Retorte von 25 bis 30 ccm Inhalt, fülle letztere mit Hilfe einer Pipette mit 20 ccm verdünnter Salzsäure (1:2) und befestige den Gummistopfen unter Schräghalten des Kochfläschchens im Hals des letzteren, so daß von der Salzsäure nichts aus der Retorte herausfließt. Man verseehe darauf das Gasableitungsrohr mittels eines Gummischlauches mit einem Knierohr und befestige über dessen Öffnung in einer mit Wasser gefüllten kleinen pneumatischen Wanne ein mit Wasser gefülltes kalibriertes Rohr von 25 bis 40 ccm Inhalt. Nach Fertigstellung der Versuchsanordnung bringe man durch Neigen des Fläschchens oder Umdrehen der Retorte im Gummistopfen die Salzsäure mit der Ackererde in Berührung und fange das sich entwickelnde Kohlendioxid im kalibrierten Rohr auf. Entwickeln sich auch nach kräftigem Schütteln keine Gasblasen mehr, dann lese man die Anzahl Kubikzentimeter Kohlendioxid ab und berechne daraus unter Zuhilfenahme der Umsetzungsgleichung und Berücksichtigung der Zimmertemperatur den Kalkgehalt der Ackererde.

Das Kochfläschchen darf beim Schütteln nur am Gummistopfen, nicht am Glas, angefaßt werden.

Aufgabe 4: Man stelle die Umsetzungsgleichung zwischen Salzsäure und Calciumcarbonat auf, berechne, wieviel Gramm Kalkstein 1 ccm Kohlendioxidgas bei Zimmertemperatur entspricht und stelle eine Tabelle des prozentischen Kalkgehalts für 10 g Ackererde auf, berechnet als CaO .

Der Kalk kommt in der Ackererde zumeist als kohlen-saurer Kalk CaCO_3 (Kalkstein) vor. Daneben enthält die Ackererde etwas Magnesiumcarbonat. Der Kalkstein ist in reinem Wasser so gut wie unlöslich (1000:0,03); er löst sich aber beträchtlich in kohlendioxidhaltigen Wässern, Grund- und Tageswasser, auf. Dabei geht er als Calciumdicarbonat (doppeltkohlen-saurer Kalk) in Lösung (Versuch 10). Der Kalk ist ein unentbehrlicher Pflanzennährstoff. Mit jeder Ernte werden dem Acker ganz erhebliche Mengen Kalk entzogen. Bei kalkliebenden Pflanzen, z. B. Luzerne, kann

man mit einer jährlichen Kalkentnahme von 250 kg je Hektar rechnen. Der Kalk beteiligt sich ferner an wichtigen Umsetzungen im Boden. Er nimmt an der Ausflockung der Bodenkolloide teil und macht den Boden krümelig. Er bindet schädliche Säuren und fördert die Entwicklung nützlicher Bodenbakterien und die Verwesung organischer Stoffe. Er ist somit ein Pflanzen- und Bodendünger.

Deshalb muß der Landwirt dem Kalkvorrat der Äcker seine besondere Aufmerksamkeit zuwenden. Die Prüfung eines Ackers auf Kalkgehalt erfolgt ganz roh und oberflächlich durch Übergießen mit verdünnter Salzsäure. Man nennt dieses Verfahren Mergelprobe (Versuch 11). Braust der Boden bei der Mergelprobe nicht oder nur ganz schwach auf, dann ist der Kalkgehalt unter 1%. Bei schwachem Aufbrausen wird der Kalkgehalt 1 bis 2% betragen. Erst, wenn der Kalkgehalt über 5% ist, braust der Boden stark und langanhaltend auf.

Zwecks genauere Ermittlung des Kalkgehaltes fängt man das sich aus einer abgewogenen Erdmenge entwickelnde Kohlendioxyd auf und mißt sein Volumen (Versuch 12). Auf Grund dieser volumetrischen Kalkbestimmung sind für die Praxis des Landwirts eine ganze Reihe von Apparaten in den Handel gebracht worden. Sie heißen Kalkmesser. Bekannt und gebräuchlich sind der PASSONSche Kalkmesser, Kalkmesser Triumph, Kalkmesser Krone, der WOLFFSche Bodenprüfer¹ und das Universal-Gasvolumeter nach KOOPER-GERBER². Alle diese Apparate bestehen aus zwei Teilen, dem Gasentwicklungsgefäß und dem Meßrohr (vgl. Anordnung beim Versuch 12). Das Meßrohr ist meist nicht in Kubikzentimeter, sondern in Prozent Kalk (Kalkerde CaO) eingeteilt, so daß man an diesen Apparaten nach Beendigung des Versuchs sofort den Kalkgehalt in Prozenten Calciumoxyd ablesen kann. 40 ccm Kohlendioxyd entsprechen z. B. bei Zimmertemperatur 1,7% Kalk (CaO) (s. Aufgabe 3).

Mit einem Kalkmesser kann man selbst bei sachgemäßer Innehaltung der Arbeitsvorschrift den Kalkgehalt nur angenähert ermitteln. Bei genaueren Messungen, in bodenkundlichen Laboratorien oder in landwirtschaftlichen Versuchstationen, bestimmt man den Kalkgehalt vielfach durch Ermittlung der Kohlensäure durch Wägung aus dem Gewichtsverlust oder durch Bestimmung des Calciumcarbonats durch Maßanalyse.

Bestimmung der Kohlensäure durch Wägung aus dem Gewichtsverlust.

Bei diesem Verfahren treibt man in einem gewogenen Apparat das Kohlendioxyd durch verdünnte Salzsäure aus, wägt den Apparat wieder und berechnet den Kohlendioxydgehalt der Ackererde aus dem Gewichtsverlust. Besonders zweckmäßig ist der von WAHNSCHAFFE verbesserte

MOHRsche Kohlensäurebestimmungsapparat¹. Er besteht aus einem kleinen Glaskölbchen mit kurzem weitem Hals. Der Hals dient zur Aufnahme eines eingeschlifften Glasstopfens, welcher hohl und mit zwei Röhrenansätzen versehen ist. In die Röhrenansätze sind zwei Glasröhren verschiedener Form eingeschlifft. Das eine Rohr ist rechtwinklig um- und dann wieder aufwärts gebogen und oberhalb der Biegung erweitert. Es dient zur Aufnahme von Chlorcalcium. Das andere Rohr besitzt oben einen Glashahn zwecks Einlassen der Säure und reicht unten fast bis zum Boden des Gefäßes herab.

Aufgabe 5: Man baue sich aus einfachen Hilfsmitteln (Kochflaschen, Quetschhähnen, Gummistopfen, Glasröhren) einen ähnlichen Apparat zusammen.

Versuch 13. Vorbereitung: Man fülle das Chlorcalciumrohr, indem man zuerst einen kleinen Wattepfropfen lose hineinschiebt, darauf linsengroße Chlorcalciumstücke schichtet und einen zweiten Wattepfropfen darauf legt. Dann setze man den eingeschlifften Glasstopfen ein und ziehe über den oberen Röhrenansatz ein Stückchen mit einem kleinen Glasstab versehenen Gummischlauch.

Man fülle das Säuregefäß, indem man das birnenförmige Gefäß umkehrt, in die Säure (1 Teil konzentrierte Säure und 10 Teile destillierten Wassers) eintaucht und diese bei geöffnetem Hahn so weit emporsaugt, daß die Birne nahezu gefüllt ist. Dann schließe man den Hahn, trockne den Röhrenansatz mit Fließpapier ab und setze den Glasstopfen, welcher ebenso wie das Chlorcalciumrohr mit Gummischlauch und Glasstab zu versehen ist, auf.

Man trockne den zu untersuchenden Feinboden eine Stunde lang, auf einem Uhrschälchen flach ausgebreitet, im Trockenschrank bei 100° C, fülle ihn noch heiß in ein ebenfalls bei 100° C getrocknetes Wäggläschen und verschließe letzteres. Nach dem Erkalten wäge man das Gläschen, schütte 2 bis 3 g in das Glaskölbchen des Apparates und wäge das Gläschen zurück. Der Unterschied der beiden Wägungen ergibt das Gewicht der zur Untersuchung kommenden Erdmenge.

Ausführung: Man übergieße die Substanz im Kölbchen mit etwas destilliertem Wasser, setze alle Röhren fest ein und wäge den Apparat. Danach entferne man die Glasstabverschlüsse und lasse die Säure tropfenweise zufließen. Wenn das Kohlendioxyd ausgetrieben ist, erwärme man das Kölbchen längere Zeit bei geschlossenem Säurerohr auf dem Wasserbade (Grund?). Dann lasse man den Apparat erkalten, verbinde das Chlorcalciumrohr mit einem Aspirator und sauge nach Öffnen des Säurerohres einen langsamen Luftstrom durch den Apparat. Alsdann verschließe man den Apparat mit den Glasstabverschlüssen und wäge ihn abermals.

Berechnung: Der Gewichtsverlust ist gleich dem Gewicht des ausgetriebenen Kohlendioxyds.

¹ Bezugsquelle: Funke & Co., Berlin N 4, Chausseestr. 11.

² Bezugsquelle: Dr. N. Gerbers Co. m. b. H., Leipzig, Karolinenstr. 13.

¹ Bezugsquelle: Dr. R. Muencke, G. m. b. H., Berlin N 4, Chausseestr. 8.

Aus diesem und dem Gewicht des Ausgangsmaterials läßt sich an Hand der Umsetzungs-gleichung leicht der prozentische Gehalt an Calciumoxyd berechnen.

Die Ermittlung des Kalkgehaltes auf Grund der Kohlensäurebestimmung gibt nur für humus-arme Böden richtige Werte. Auch die Humusstoffe geben nämlich bei Behandlung mit Säuren Kohlendioxyd ab. Diese Unsicherheit wird bei der maßanalytischen Kalkbestimmung vermieden.

Bestimmung des Kalkgehaltes durch Maßanalyse.

Versuch 14. Vorprobe: Man stelle mit Hilfe der Mergelprobe fest, ob ein Boden deutlich oder nicht aufbraust. Je nachdem nehme man 1 bis 5 oder 6 bis 10 g Feinboden zur Untersuchung.

Ausführung: Man schüttele die abgewogene Bodenprobe mit 200 cem warmen Wassers in einem größeren Erlenmeyerkolben auf, setze 20 bis 40 cem n/3 Schwefelsäure hinzu und koche eine halbe Stunde (Grund?). Danach filtriere man und titriere die überschüssige Säure durch Normal-Natronlauge zurück. Als Indikator diene Phenolphthalein.

Das Verfahren gibt nicht den Gehalt an CaO und MgO aus Calciumcarbonat bzw. Magnesiumcarbonat an, sondern den Gehalt an sämtlichen alkalischen Erden, gleichgültig, ob sie Carbonaten, leicht zersetzlichen Silikaten oder Humusstoffen angehören.

Auch nach dem Kalkgehalt hat man eine Einteilung der Bodenarten vorgenommen. Man unterscheidet kalkarme, kalkhaltige, kalkreiche, mergelige, Mergel- und Kalkböden. Bei dieser Beurteilung hat man einen Unterschied zwischen Sand- und Tonboden zu machen.

Übersicht.

	Sandboden	Tonboden
kalkarm	0 bis 0,2 ⁰ / ₀	0 bis 0,4 ⁰ / ₀
kalkhaltig . . .	0,2 „ 1,5 ⁰ / ₀	0,4 „ 4 ⁰ / ₀
kalkreich	1,5 „ 2 ⁰ / ₀	4 „ 5 ⁰ / ₀
mergelig	2 „ 5 ⁰ / ₀	5 „ 10 ⁰ / ₀
Mergelboden . .	5 bzw.	10 „ 50 ⁰ / ₀
Kalkboden . . .	über 50 ⁰ / ₀ .	

Der Kalkbedarf der Kulturgewächse ist sehr verschieden. Man unterscheidet danach kalkscheuende und kalkliebende Pflanzen. Ausgesprochen kalkfeindlich ist die Lupine. Wenig Kalk verlangen Kartoffel, Roggen und Hafer. Die Gerste und Rüben wünschen einen gewissen Kalkgehalt. Noch mehr Kalk verlangen die Kleearten, die Erbse und Bohne. Einen sehr hohen Kalkgehalt fordern Luzerne und Esparsette.

Der Humusgehalt des Bodens.

Von großer praktischer Bedeutung sind auch die organischen Stoffe im Boden (Versuch 4). Sie sind dunkel gefärbt, heißen Humusstoffe und sind die Überbleibsel in Zersetzung begriffener pflanzlicher und tierischer Reste. Das ursprüngliche Gefüge ist an ihnen nicht mehr nachweisbar. Zur Bildung der Humusstoffe liefert das Pflanzenreich den Hauptteil an organischer Substanz.

Versuch 15: Man koche eine Probe eines Torf- oder Moorbodens oder von Komposterde einige Zeit mit Ammoniakwasser oder Kalilauge, filtriere die Lösung ab und setze Salzsäure im Überschuß hinzu.

Es entsteht ein dunkelgefärbter Niederschlag. Dieser besteht aus einem Gemenge von Humusstoffen, der Humin- und Ulminsäure.

Versuch 16: Man wiederhole Versuch 8 mit Torf- oder Moorboden.

Versuch 17: Man bringe Torf- oder Moorboden in eine kleine Kochflasche, übergieße ihn mit destilliertem Wasser und lasse die Flasche unter öfterem Umrühren zwei bis drei Tage stehen. Dann gieße man die überstehende Flüssigkeit ab und prüfe sie mit blauem Lackmuspapier.

Das Lackmuspapier rötet sich.

Es gibt eine große Anzahl von Humusstoffen. Sie bestehen alle aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und enthalten meist auch Stickstoff. Ihre Zusammensetzung ist aber sehr verschieden. Sie enthalten z. B. Kohlenstoff zwischen 44 und 64⁰/₀, Wasserstoff zwischen 4 und 7⁰/₀, Sauerstoff zwischen 28 und 47⁰/₀ und Stickstoff zwischen 0 und 4⁰/₀. In chemischer Hinsicht zeigen die Humusstoffe insofern Ähnlichkeit, als sie durch den Luftsauerstoff leicht zersetzt werden und imstande sind, aus Lösungen Basen an sich zu binden (Versuch 16). Von den Oxydationsprodukten der Humusstoffe ist Kohlendioxyd am wichtigsten. Daneben entsteht noch Ammoniak. Die Humusstoffe haben entweder eine neutrale oder saure Reaktion (Versuch 17). Bei saurer Reaktion enthält der Humus freie Humussäuren. Der Landwirt nennt solchen Humus „sauren Humus“. Man nennt ihn mit Rücksicht auf seinen geringen Gehalt an Basen auch „ungesättigten Humus“. Auf saurem Humus, z. B. in Torfmooren, fühlen sich schilfige, harte Gräser wohl. Durch Zufuhr von Basen, z. B. Kalk, geht solcher Humus in sog. „milden Humus“ über. Letzterer ist an Basen gesättigt.

Die Humusstoffe haben auch physikalische Eigenschaften gemeinsam. Die Verwesung des Humus ist ein Oxydationsvorgang und mithin mit Wärmeentwicklung verbunden. Infolge der dunklen Farbe absorbieren die Humusteilchen größere Wärmemengen als die hellen Bodenteilchen. Unter gleichen Feuchtigkeitsverhältnissen ist deshalb humushaltiger Boden der weitaus wärmste. Außerordentlich wichtig ist vor allem das hohe Wasseraufsaugungsvermögen des Humus (Teil I, Versuch 5). Er bildet im Boden den Feuchtigkeitsregler. Er nimmt bei anhaltenden Niederschlägen den Wasserüberschuß auf und gibt ihn bei Trockenheit gleichmäßig wieder ab. Die Humusstoffe sind auch Kolloide. Man bezeichnet sie im Gegensatz zu den Tonkolloiden als Humuskolloide. Endlich beeinflußt der Humus das Gefüge des Bodens in günstiger Weise. Er wirkt bodenverbessernd und ausgleichend, indem er zähe Tonböden lockert und leichte Sandböden bindiger macht.

Der Humus ist ferner der Wirt für die Bodenbakterien (Teil III).

Der Humus beeinflusst die Fruchtbarkeit des Bodens sehr wesentlich. Daher muß der Landwirt den Humusgehalt seiner Äcker kennen. Man ermittelt den Humusgehalt als Glühverlust des zuvor getrockneten Bodens (Versuch 4). Beim Glühen des Bodens verbrennen die Humusstoffe. Durch das Glühen werden nicht bloß die Humusstoffe zerstört, sondern z. B. auch Oxydulverbindungen in Oxydverbindungen übergeführt. Ferner wird aus Carbonaten ein Teil des Kohlendioxyds ausgetrieben. Außerdem verdampft das im Ton chemisch gebundene Wasser.

Aufgabe 6: Wie kann der durch Glühen hervorgerufene Kohlendioxydverlust wieder ersetzt werden?

Aufgabe 7: Für welche Böden ist der Glühverlust nur dem Humusgehalt gleichzusetzen?

Humusbestimmung durch Glühen des Bodens.

Versuch 18: Man bringe zwei bis drei Eßlöffel voll Erde in eine Porzellanschale und lasse diese drei bis vier Stunden im Trockenschrank bei einer Temperatur von 100° bis 110° C stehen.

Dann wäge man einen Porzellantiegel (besser einen Platintiegel), bringe genau 10 g getrocknete Erde in den Tiegel, stelle ihn schräg in ein Dreieck aus Eisendrähten, welches auf dem Ring eines eisernen Gestells ruht, wärme dann den Tiegel vorsichtig mit dem Bunsenbrenner an, bedecke ihn mit dem zuvor angewärmten Deckel und erhitze bis zur schwachen Rotglut. Danach nehme man den Deckel ab und rühre den Boden tüchtig mit einer Stahlnadel (Platindraht) so lange um, bis das Glimmen aufhört und alle kohligen Teile verbrannt sind. Darauf lasse man den Tiegel erkalten, befeuchte nach dem Erkalten die Erde mit einer Ammoniumcarbonatlösung, erhitze den Tiegel nochmals mäßig, bis der Ammoniakgeruch verschwunden ist, lasse den Tiegel etwas abkühlen und wäge ihn noch heiß.

Der prozentische Humusgehalt ist gleich dem Zehnfachen des Gewichtsverlustes des Tiegels vor und nach dem Glühen.

Gleichsetzung von Glühverlust und Humusgehalt ist nur bei Sand- und Humusböden zulässig. Bei Ton-, Lehm- und lehmigen Böden muß man einen Teil des Glühverlustes als ausgetriebenes Wasser in Abzug bringen. Man bringt bei Ton- und schweren Lehm Böden die Hälfte, bei gewöhnlichem Lehm Boden ein Drittel und bei sandigem Lehm und lehmigem Sand ein Viertel des Glühverlustes in Abrechnung.

Nach dem Humusgehalt bezeichnet man einen Boden als humusarm, humushaltig, humos, humusreich, anmoorig und als Humusboden.

Übersicht.

Bezeichnung:	humusarm	humushaltig	humos
Humusgehalt:	0 bis 2%	2 bis 5%	5 bis 10%
Bezeichnung:	humusreich	anmoorig	Humusboden
Humusgehalt:	10 bis 15%	15 bis 20%	20 bis 100%

Für Sandböden gelten die Hälften der angegebenen Zahlen.

Bodenwasser und Bodenluft.

Der Menge nach verhältnismäßig gering sind die flüssigen und gasförmigen Stoffe im Ackerboden. Man bezeichnet sie als Bodenwasser und Bodenluft. Unter dem Bodenwasser versteht man das im Boden kapillar gebundene Wasser. Diese Flüssigkeit ist eine stark verdünnte Lösung gasförmiger Stoffe und fester Salze. Sie enthält in erheblicher Menge Kohlendioxyd gelöst und kann deshalb als verdünnte Kohlensäure betrachtet werden. In geringer Menge kommen auch Stickstoff und Sauerstoff und Spuren von Ammoniakgas, welches Fäulnisvorgängen im Boden entstammt, darin vor. Die Menge der gelösten Salze ist sehr gering und sehr wechselnd. Salze, welche immer im Bodenwasser gelöst sind, sind Ammoniumnitrat und -nitrit, Calcium-, Kalium- und Ammoniumdicarbonat und Kochsalz. Die Ammoniumsalze entstehen bei der Zersetzung der stickstoffhaltigen organischen Substanz im Boden, die anderen Salze durch die Wechselwirkung zwischen Boden und Bodenwasser (vgl. Zeolithe). Das Bodenwasser stellt den Nährstoffbehälter für die Pflanzen dar.

Die Bodenluft enthält dieselben Bestandteile wie die atmosphärische Luft; nur ist das Mengenverhältnis ein anderes. Sie ist ärmer an Sauerstoff, etwas reicher an Stickstoff und um ein Vielfaches (bis 100mal so viel) reicher an Kohlendioxyd als die atmosphärische Luft. Sie ist auch reicher an Wasserdampf als letztere und hat deshalb einen niedrigeren Taupunkt. Daher entstehen in der Bodenluft tropfbar flüssige Wasserausscheidungen sehr leicht. Dies ist im Hinblick auf die zarten Faserwurzeln der Gewächse, die gegen trockene Luft außerordentlich empfindlich sind, von großer Bedeutung.

Die Absorption.

Versuch 19: Man übergieße in einem 1 Liter fassenden Kochkolben 100 g trockene gute Gartenerde mit 250 ccm verdünnter Jauche (1:5) (oder Lösung von Schwefelammonium), schüttele den Kolben ein Stunde gut durch und filtriere nach dem Schütteln.

Das Filtrat ist klar und fast farb- und geruchlos.

Versuch 20: Man verdünne eine Pottaschelösung so stark, daß sie eben noch von Phenolphthalein gerötet wird. Dann übergieße man in einem Kölbchen 20 g humushaltigen Lehm Boden mit 50 ccm dieser Lösung, schüttele eine Stunde gründlich durch und filtriere die überstehende Flüssigkeit ab.

Mit Phenolphthalein geprüft, reagiert sie nicht mehr alkalisch.

Versuch 21: Man wiederhole den Versuch mit einer Sodalösung.

Das Filtrat reagiert noch alkalisch.

Versuch 22: Man übergieße 40 g trockene gute Ackererde in einer Kochflasche mit 100 ccm einer Chlorammoniumlösung, schüttele das Gemisch eine Stunde lang kräftig durch und filtriere die überstehende Flüssigkeit ab. Man nehme dann von dem Filtrat 20 ccm und treibe mit Hilfe der in

Versuch 12 beschriebenen Vorrichtung durch 20 ccm Bromnatronlauge aus dem Filtrat Stickstoffgas aus.

Man ermittle die Anzahl Kubikzentimeter Stickstoffgas. Es entstehen weniger als 40 ccm.

Herstellung der Chlorammoniumlösung: Man löse in 208 ccm destillierten Wassers 2,0 g chemisch reines Chlorammonium auf und verdünne oder verstärke diese Lösung so, daß bei Zimmertemperatur die Bromnatronlauge aus 20 ccm dieser Lösung 40 ccm Stickstoffgas austreibt.

Herstellung der Bromnatronlauge: Man löse 100 g Ätznatron in destilliertem Wasser zu 1250 ccm und setze zu dieser Lösung unter Abkühlung und fortwährendem Umschütteln 25 ccm chemisch reines Brom hinzu. Die Bromnatronlauge ist vor jeder Versuchsreihe frisch zu bereiten.

Versuch 23: Man verdünne eine Natronsalpeterlösung so stark, daß sie eben noch mit Diphenylamin und konzentrierter chemisch reiner Schwefelsäure Blaufärbung ergibt. Dann übergieße man in einem Kölbchen 20 g Ackererde mit 50 ccm dieser Lösung, schüttele eine Stunde kräftig durch und filtriere. Im Filtrat ist noch Salpeter nachweisbar.

Versuch 24: Man stelle sich eine Lösung von Monocalciumphosphat her, indem man in Kalkwasser Phosphorsäure tropft, bis der anfänglich entstandene weiße Niederschlag sich gelöst hat. Dann übergieße man in einem Kochfläschchen 20 g kalkhaltigen Lehmboden mit 50 ccm dieser Lösung, schüttele eine Stunde gut durch und filtriere.

Man prüfe 5 ccm der Lösung und des Filtrats mit Ammoniummolybdat und Salpetersäure auf Phosphorsäure. Die Lösung gibt einen gelben Niederschlag von Ammoniumphosphormolybdat, das Filtrat nur eine gelbe Färbung.

Man wiederhole den Versuch mit Sandboden und kalkarmen Böden¹.

Von den Düngemitteln, die der Landwirt auf seinen Äckern austreut, sind die Stickstoff- und Kalisalze sämtlich in Wasser leicht löslich. Sie sickern, mit Ausnahme der Salpeterarten, jedoch nicht durch die Ackerkrume hindurch. Vielmehr werden sie, abgesehen von den Salpetersalzen, von der Ackererde festgehalten. Man nennt diesen Vorgang Absorption. Das Wort Absorption ist eine Sammelbezeichnung für eine große Anzahl von Vorgängen, die teils physikalischer (Versuch 19), teils chemischer Natur (Versuche 20 bis 24) sind.

Bekanntlich vermögen poröse Stoffe, wie Holzkohle, Tierkohle, Farb- und Riechstoffe an sich zu reißen. Dies ist eine Folge ihrer großen inneren Oberfläche und eine Wirkung der Adhäsion. Die Feinerde und die Humusstoffe sind ebenfalls so poröse Stoffe. Sie vermögen auf ihrer Oberfläche nicht bloß Farb- und Riechstoffe, sondern auch

die Ionen gelöster Salze anzuhäufen. Man nennt diesen Vorgang Adsorption (Versuch 19).

Wie die Versuche 20 bis 24 zeigen, entfernt die Ackererde das gelöste Salz aus einer verdünnten Salzlösung. Diese Eigenschaft gründet sich auf chemische Umsetzungen zwischen dem gelösten Salz und gewissen Bodenbestandteilen. Man nennt letztere Absorptionsverbindungen und hat als solche vor allem die Zeolithe, Tonarten und die Humusstoffe anzusehen. Eine Ausnahme bildet die Absorption der Phosphorsäure (Versuch 24). Zwischen den Absorptionsverbindungen und den Kationen der gelösten Salze findet ein Ionenaustausch statt. Die Metallkationen treten in verwitterte Silikatreste ein und bilden mit diesen unlösliche oder schwerlösliche Verbindungen, während gleichzeitig aus dem Silikatrest ein anderes Kation abgestoßen wird. Absorption eines Kations und Abstoßen eines zweiten gehen Hand in Hand. Da diese Fähigkeit vor allem den Zeolithen eigen ist, heißen sie auch Austauschzeolithe. Die ausgetauschten Kationen wirken rückwärts wieder auf die entstandene Verbindung ein, so daß die Absorption eines Nährstoffes nie restlos stattfindet, sondern nur bis zur Erreichung eines chemischen Gleichgewichts geht. Ein geringer Rest des ursprünglich gelösten Salzes bleibt immer zurück. Nach welcher Richtung die Absorption oder Rückbildung vor sich geht, wird durch das Massenwirkungsgesetz bedingt. Die Stärke der Absorption ist verschieden. Stark absorbiert wird das Kali, schwächer das Natron, noch schwächer Kalkerde und Magnesia. Die Absorption des Ammoniums beruht auf einem ähnlichen Austauschvorgang. Jedoch wird das Ammonium hauptsächlich von Humusstoffen absorbiert. Die Anionen nehmen nicht an der Absorption teil. Sie sickern mit den ausgetauschten, abgestoßenen Kationen in den Untergrund. Die Nitrate werden deshalb von der Ackererde nicht absorbiert. Der Landwirt streut daher Salpeter nicht auf einmal, sondern in mehreren Gaben aus.

Man faßt heute die an der Absorption beteiligten Vorgänge kolloidchemisch auf. Die absorptionsfähigen Bestandteile haben kolloidalen Charakter (Ton- und Humuskolloide). Die Kolloide bestehen wenigstens immer aus zwei Stoffen, dem Einbettungsstoff (Dispersionsmittel) und dem zerteilten Stoff (dispergierten Stoff). Bei den Bodenkolloiden, insbesondere den Austauschzeolithen, ist der Einbettungsstoff ein Gel, bestehend aus einer innigen Mischung von Aluminiumhydroxyd und wasserhaltiger Kieselsäure, und der zerteilte Stoff ist die Bodenlösung. Die Bodenlösung füllt alle Zwischenräume der Gele (Flocken, Krümel) aus und tritt so in innigste Berührung mit den Austauschzeolithen. Durch die Oberflächenanziehung haben deshalb die Bodenkolloide die Fähigkeit, in ihren Einbettungsstoff, wie in einem Gewebe, Kationen der Bodenlösung festzuhalten. Man nennt dies adsorptive Sättigung der Bodenkolloide. — Kali- und Ammoniumsalze können daher bereits im Herbst ausgestreut werden.

¹ Bei Versuch 19 bis 24 kann man auch die Kochflaschen, anstatt eine Stunde lang zu schütteln, zwei bis drei Tage unter öfterem Umschütteln stehen lassen.

Von den Säuren wird nur die Phosphorsäure stärker absorbiert. Die Absorption der Phosphorsäure ist ein ganz anderer Vorgang als die Absorption des Kalis und Ammoniums. Sie ist ein rein chemischer Vorgang und besteht in einer Umsetzung zwischen Monocalciumphosphat und Kalk. Auch Eisenoxyd und Tonerde nehmen an dem Vorgang teil. Das Monocalciumphosphat geht dabei in Di- und teilweise in Tricalciumphosphat über und wird dadurch schwer- bzw. unlöslich. Man nennt diesen Vorgang Zurückgehen der Phosphorsäure.

Versuch 25: Man tröpfele etwas Phosphorsäure in einen Überschuß von Kalkwasser, bis eine Trübung entsteht. Dann leite man Kohlendioxyd in die Aufschwemmung.

Die Trübung verschwindet nach und nach. Das unlösliche Tricalciumphosphat ist in lösliches Monocalciumphosphat umgewandelt worden; es ist „aufgeschlossen“ worden.

Versuch 26: Man mische die Erde (Rückstand) des Versuches 24 gut durch, bringe sie in einen Kochkolben und setze eine Kohlensäurelösung (Selterswasser) hinzu. Man lasse das Ganze einige Tage stehen, filtriere ab und prüfe auf Phosphorsäure.

Es entsteht ein gelber Niederschlag.

Durch die Absorption werden die Pflanzennährstoffe im Boden schwer löslich und für die Pflanzenwurzeln schwerer zugänglich. Ihre Wiederlöslichmachung vollzieht sich hauptsächlich durch Ionenaustausch mit der Bodenlösung, verursacht durch gelöste Salze, vor allem Calciumdickarbonat (Versuche 7 und 8). Hierdurch gehen die Kali- und Ammoniumsalze wieder in Lösung. Die absorbierte Phosphorsäure wird durch Kohlensäure aufgeschlossen (Versuche 25 und 26). Auch die Pflanzen selbst nehmen durch ihre Wurzelabscheidungen daran teil. Das Aufschließungsvermögen der Leguminosen, z. B. für Phosphate, ist sehr groß.

III. Biologie des Ackerbodens.

Lebewesen im Boden.

Versuch 1: Man nehme zwei ausgekochte Kochflaschen von 750 ccm Inhalt, schüttele in jede einen Eßlöffel voll Ackererde und füge $\frac{1}{2}$ Liter abgekochtes (1 Stunde) Wasser hinzu. Darauf setze man jedem Kolbeninhalt $\frac{1}{2}$ Liter frisch gekochte, gut filtrierte Fleischbrühe zu und verschließe die Glasflaschen mit einem Wattebausch. Nachdem man dann den Inhalt der einen Flasche noch 1 Stunde gekocht hat, stelle man beide Flaschen an einen dunklen, warmen Ort.

Nach ein bis drei Tagen beobachte man die Flaschen. In der ungekochten, nicht sterilisierten, ist die Flüssigkeit trübe; es hat sich auf ihre eine Kahlhaut gebildet. Gleichzeitig bemerkt man, daß Verwesungs- und Fäulnisgase entweichen. Der gekochte Kolben zeigt diese Erscheinungen nicht.

In der Ackererde kommen auch Lebewesen (Versuch 1), sowohl pflanzlicher als auch tierischer Art, vor. Man findet im Boden vor allem die niederen Lebewesen stark vertreten. Die Gesamt-

masse an Lebewesen gut bearbeiteter Ackererde ist sehr beträchtlich. LÖHNIS berechnet die Lebewelt eines Hektars Kulturlandes an Bakterien zu etwa 40 kg, an Algen und Protozoen zu etwa 200 bis 400 kg, an Pilzen zu etwa 400 kg und an Würmern zu etwa 200 kg. Im Vergleich dazu beträgt das Gewicht der obersten 30 cm dicken Bodendecke etwa 4500000 kg. Für die Lebewesen im Boden hat FRANCE das Wort Edaphon geprägt. Man mißt heute dem Edaphon die größte Bedeutung für die Fruchtbarkeit der Böden bei. Nach dem Gehalt an Edaphon kann man die Böden in Naturböden mit etwa 1 Million, Wiesenböden mit 3 bis 16 Millionen, Waldböden mit 1 bis 30 Millionen, Ackerböden mit 10 bis 100 Millionen und Gartenböden mit 20 bis 200 Millionen lebender Keime in 1 g Erde einteilen. (Zum Vergleich: Blumentopferde enthält 25 bis 400 Millionen lebende Keime in 1 g Erde.)

Je intensiver ein Boden durchgearbeitet und gedüngt wird, desto größer ist sein Reichtum an Lebewesen und um so höher seine Fruchtbarkeit. Von großem Einfluß auf den Gehalt an Organismen ist die Feuchtigkeit. Man hat festgestellt, daß in feuchten Sommern viermal so viel Lebewesen im Boden vorhanden waren als in trockenen.

Der Stickstoffumsatz im Boden.

Versuch 2: Man bringe je 50 ccm einer Nährlösung für Nitritbakterien in zwei Erlenmeyerkolben von 250 ccm Inhalt, dann einen Teelöffel voll Ackererde und sterilisiere den einen Kolben unter Watteverschluß.

Alle 8 Tage prüfe man einen Tropfen der Nährlösung auf etwa entstandene salpetrige Säure.

Zum Nachweis der salpetrigen Säure benutze man eine Jodzinkstärkelösung. Man nehme die Reaktion am besten in einem kleinen Porzellannapf vor. Man bringe einen Tropfen der Nährlösung in den Porzellannapf, setze einen Tropfen verdünnter Salpetersäure (1:3) hinzu und füge einen Tropfen der Jodzinkstärkelösung zu. Die Reaktion ist sehr empfindlich. Es tritt noch dann Blaufärbung ein, wenn salpetrige Säure in einer Verdünnung von 1:100 000 vorhanden ist.

Vorschrift für die Herstellung der Nährlösung für Nitritbakterien: Man löse in einem Liter destillierten Wassers 2 g Ammoniumsulfat, 2 g Chlornatrium, 1 g Dikaliumphosphat, 0,5 g Magnesiumsulfat und 0,4 g Eisenvitriol auf. Außerdem gebe man eine Messerspitze voll Magnesium- oder Calciumcarbonat hinzu. Die Nährlösung darf nicht sauer werden.

Vorschrift für die Herstellung der Jodzinkstärkelösung: Man mische 4 g Stärke mit etwas Wasser und setze dieses Gemisch zu einer kochenden Lösung von 20 g Zinkchlorid in 100 ccm Wasser. Dann koche man, bis die Lösung klar ist, verdünne mit Wasser, löse 2 g Jodzink darin auf, fülle bis auf 1 Liter auf und filtriere. Die Lösung ist im Dunkeln in Glasstopfenflaschen aufzubewahren.

Versuch 3: Man stelle denselben Versuch mit einer Nährlösung für Nitratbakterien an.

Vorschrift für die Herstellung der Nährlösung für Nitratbakterien: Man löse in einem Liter destillierten Wassers 1 g Natriumnitrit, 1 g Natriumcarbonat, 0,5 g Dikaliumphosphat, 0,5 g Chlornatrium, 0,4 g Eisenvitrol und 0,3 g Magnesiumsulfat auf.

Es läßt sich nach 8 Tagen in dem einen Kolben Salpetersäure nachweisen.

Zum Nachweis der Salpetersäure benutze man eine Diphenylaminlösung.

Vorschrift für die Herstellung der Diphenylaminlösung: Man löse $\frac{1}{2}$ g Diphenylamin in 100 ccm chemisch reiner konzentrierter Schwefelsäure auf und gebe 20 ccm destillierten Wassers und 10 ccm Salzsäure hinzu.

Man nehme den Nachweis der Salpetersäure folgendermaßen vor: Man bringe in ein Reagenzglas 1 ccm der zu untersuchenden Flüssigkeit, setze dazu 3 bis 4 Tropfen Diphenylaminreagens und 2 ccm konzentrierte Schwefelsäure und schüttele um. Salpetersäure gibt sich durch Blaufärbung zu erkennen. Der Nachweis ist sehr empfindlich. Es tritt bei dieser Ausführung noch Blaufärbung ein, wenn die Salpetersäure in einer Verdünnung von 1:100000 zugegen ist.

Bei Vornahme der Probe ist zu berücksichtigen, daß Diphenylamin auch mit salpetriger Säure Blaufärbung gibt. Deshalb muß man in den Lösungen das Nitrit vor der Prüfung zerstören. Zu diesem Zwecke füge man zu der Lösung Harnstoff und verdünnte Schwefelsäure hinzu und erwärme vorsichtig. Dann findet eine Reaktion nach folgender Gleichung statt:



Der Stickstoff entweicht in Form von Gasblasen. Man prüfe nach Beendigung der Gasentwicklung mit Jodzinkstärkelösung, ob alles Nitrit zerstört ist.

Versuch 4: Man nehme die Versuche 2 und 3 anstatt mit Ackererde mit Mistbeeterde vor.

Die Nitrit- und Nitratbildung erfolgt rascher. Nach 8 Tagen läßt sich bestimmt salpetrige bzw. Salpetersäure nachweisen.

Versuch 5: Man nehme zwei Suppenteller und bringe darauf 500 g Ackererde. Auf den einen Teller streue man dann genau 1 g Ammoniumsulfat und vermische es gut mit der Ackererde. Darauf füge man zu jedem Teller so viel Wasser hinzu, daß der Boden gut durchfeuchtet ist, und überdecke jeden Teller mit einem zweiten. Man lasse die so hergerichteten Teller 6 Wochen bei Zimmertemperatur stehen, indem man von Zeit zu Zeit durch Nachgießen von Wasser dafür sorgt, daß die Erde gut durchfeuchtet bleibt.

Das schwefelsaure Ammoniak wird im Boden in Salpeter (Kalksalpeter) umgewandelt. Man vergleiche die Menge des gebildeten Salpeters im gedüngten und ungedüngten Teller.

Zur Nitratbestimmung verfähre man folgendermaßen: Man bringe die Erde in einen großen Kolben, füge 1 Liter destillierten Wassers hinzu, lasse zwei Stunden unter häufigem Umschütteln stehen, gebe zu dem Gemisch einige Körnchen Alaun und filtriere durch ein Faltenfilter ab. Man messe von dem klaren Filtrat

250 ccm ab und gebe dazu in mehreren Portionen 150 ccm 30%ige Natronlauge, erhitze das Filtrat zum Sieden und erhalte es so lange im Sieden, bis noch Ammoniakgas entweicht. Man prüfe zu diesem Zwecke die entweichenden Dämpfe mit rotem Lackmuspapier.

Nach dem Abkühlen der Lösung stumpfe man die alkalisch reagierende Flüssigkeit durch Zusatz von Schwefelsäure ab und fülle das Filtrat mit destilliertem Wasser wieder bis auf 250 ccm auf. Danach bringe man 5 ccm chemisch reine konzentrierte Schwefelsäure in einen Erlenmeyerkolben von 30 ccm Inhalt und lasse vom Rande her 5 ccm des Filtrats zufließen. Hierauf lasse man in das Kölbchen aus einer Bürette so lange Indigolösung zutropfen, bis sich der Inhalt blaugrün färbt und lese die verbrauchte Anzahl Kubikzentimeter Indigolösung ab.

Man findet, daß im ungedüngten Teller weniger Salpeter gebildet worden ist als im gedüngten.

Vorschrift für die Bereitung der Indigolösung: Man löse reinen Indigocarmin in destilliertem Wasser und verdünne die Lösung so, daß sie anfängt, durchsichtig zu werden. Man löse ferner in 1 Liter destillierten Wassers 1,874 g Kalisalpeter. 1 ccm dieser Lösung entspricht 1 mg N_2O_5 . Mit Hilfe dieser Lösung stelle man die Indigolösung so ein, daß auf 1 mg N_2O_5 ungefähr 5 ccm verbraucht werden.

Versuch 6: Man wiederhole den Versuch 5, indem man beide Teller düngt, zu dem einen aber noch 5 g Ätzkalk hinzufügt.

In der gekalkten Erde hat sich mehr Nitrat gebildet als in der ungekalkten.

Versuch 7: Man nehme einige Reagenzgläser und bringe in jedes 10 ccm nachstehender Nährlösung. Dann versetze man ein Reagenzglas mit etwas Ackererde und eines mit Pferdemit.

In den Nährlösungen läßt sich bald Nitrit nachweisen, am ehesten in dem Pferdemit enthaltenden Glas. Der Salpeter wird zu Nitrit reduziert. Die Reduktion schreitet unter Bildung von Stickstoff weiter vor. Außerdem entweicht Kohlendioxyd. Letzteres entwickelt sich aus der Zitronensäure, welche als Energiequelle für die Bakterien zugesetzt wurde. Das bei der Zerstörung des Natronsalpeters frei werdende Natron verbindet sich mit dem Kohlendioxyd. Es entsteht Natriumcarbonat, welches die Flüssigkeit alkalisch macht. Infolge dieser alkalischen Reaktion scheiden sich nadelförmige Kristalle von saurem Magnesiumphosphat $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ in Büscheln aus.

Man prüfe die Kulturen nach einigen Tagen auf Nitrit, dann auf Verschwinden von Nitrat, dann auf Verschwinden von Nitrit, danach auf alkalische Reaktion und beobachte zuletzt die Kristallbildung.

Vorschrift für die Herstellung der Nährlösung: Man löse in 1 Liter destillierten Wassers 2 g Natronsalpeter, 2 g Magnesiumsulfat, 2 g Dikaliumphosphat, 0,2 g Chlorcalcium und 5 g zitronensaures Natron.

Versuch 8: Man führe denselben Versuch aus, indem man in der Nährlösung das zitronensaure

Natron wegläßt, dafür aber der Erde auf 1 kg 5 g Rohrzucker oder 5 g Traubenzucker hinzufügt.

Versuch 9: Man wiederhole den Versuch ohne Zuckersatz und mit Zuckersatz, aber ohne Nitratzusatz zur Nährlösung.

Von besonderem Interesse ist die Kleinlebewelt des Bodens. Praktisch am wichtigsten sind die Bakterien, welche die Stickstoffumsetzungen im Boden bewerkstelligen. Die Hauptgruppen dieser Bakterien sind 1. Fäulnisbakterien, 2. Nitritbakterien, 3. Nitratbakterien, 4. Salpeterzerstörer und 5. die stickstoffbindenden Bakterien.

Die Entwicklung der Pflanzen hängt vor allem von ihrer Ernährung mit Stickstoff ab. Als Stickstoffquelle bevorzugen die meisten Pflanzen die Nitrate. Nitrate bzw. Salpetersäure werden in der Natur durch Bakterien aus Ammoniak gebildet. Ammoniak wiederum entsteht durch die Tätigkeit der Fäulnisbakterien aus Eiweiß und Amiden, z. B. Harnstoff (Versuch 1). Nach HILTNER beteiligen sich an der Umwandlung der Eiweißstoffe in Ammoniak folgende Bakterien: *Bacillus subtilis*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus vulgaris* und *Bacillus mesentericus vulgatus*. Alle diese Bakterien sind luftliebend. Sie üben ihre Tätigkeit besonders im Stalldünger aus. Während des Fäulnisprozesses löst eine Bakterienart die andere ab.

Bei der Umwandlung des Ammoniaks in Salpetersäure treten zwei Gruppen in Tätigkeit, die Nitrit- und die Nitratbakterien. Die Umwandlung ist chemisch betrachtet eine Oxydation. Man nennt diesen Vorgang Nitrifikation (Versuche 2, 3 und 4). Die Nitritbakterien oxydieren das Ammoniak unter Bildung salpetriger Säure, und die Nitratbakterien vollenden die Oxydation. Beide Bakterienarten sind stark luftliebend. Starke Durchlüftung und hinreichender Kalkgehalt des Bodens begünstigen die Nitrifikation. Zu ihrer Ernährung und zum Aufbau ihres Körpers brauchen die Bakterien organischen Kohlenstoff. Die Nitritbildner sind längliche Zellchen, ähnlich einer Null. Eine Nitratbakterie, welche sich überall im Erdboden vorfindet, ist *Bacterium nitrobacter*. Der Nitrobakter ist eine länglich ovale, mit Schleimkapsel umgebene Bakterie. Die Umsetzung der Nitrite in Nitrate geht im Boden sehr schnell vor sich. Die genannten Bakterien sind nicht bloß bei der Umwandlung organischer Dünger (Stallmist) im Boden zu Nitraten tätig, sondern auch bei der Umwandlung der Ammoniumsalze, z. B. des schwefelsauren Ammoniaks. Letztere Umwandlung geht besonders rasch dann vor sich, wenn der Boden hinreichend viel Kalk enthält. Der Bodenkalk treibt vermutlich aus dem Ammoniumsulfat das Ammoniakgas aus, welches aber sofort vom Humus und der Feinerde adsorbiert und nun langsam in Nitrate umgewandelt wird (Versuche 5 und 6).

Im Boden findet auch der umgekehrte Vorgang statt, Reduktion der gebildeten Nitrate zu Nitriten bzw. gasförmigem Stickstoff. Man nennt diesen Vorgang Denitrifikation (Versuche 7, 8 und 9). Die Reduktion des Salpeters ist vielen Bakterien möglich. Teils führen sie diese nur bis zur Nitritbildung (*Bacterium Stutzeri*,

Bacterium pyocyanum), teils aber auch bis zur Stickstoffbildung (*Bacterium Stutzeri*, *Bacterium denitrificans*). Alle diese Bakterien sind anaerob. Die Denitrifikation würde praktisch nur dann einen größeren Umfang annehmen können, wenn auf ein mit frischem, strohigem Stallmist gedüngtes Feld oder auf frisch gestürzte Stoppel Salpeter gestreut wird. Diese Maßnahmen haben zu unterbleiben.

Stickstoffsammelnde Bakterien.

Versuch 10: Man nehme einen Erlenmeyerkolben von 300 ccm Inhalt, fülle 50 ccm einer Mannitnährlösung hinein und gebe 5 g lufttrockene Ackererde hinzu. Man besorge sich hierzu Erde von einem gut gedüngten Feld. Man verschließe darauf den Kolben durch einen Wattebausch und stelle ihn bei 25° C in einen Trocken- oder Brutschrank. Nach einigen Tagen entwickelt sich auf der Flüssigkeit eine dicke, weiße, rahmartige, runzelige Haut, eine Kahlhaut, welche bald braun bis schwarzbraun wird.

Man lege etwas von dieser Haut unter das Mikroskop. Sie besteht aus dicken kurzen Stäbchen oder ungefähr kugelligen Kokken. Man bringe einen Tropfen einer wässrigen Jodlösung dazu. Die Bakterien färben sich schön goldbraun.

Gibt die Erde keine Bakterienentwicklung, dann setze man 2% Rohrzucker zur Erde und halte sie 8 Tage bei Zimmertemperatur feucht. Von dieser Erde nehme man dann 5,5 g.

Vorschrift für die Bereitung der Nährlösung (Nährlösung I): Man löse in 1 Liter destillierten Wassers 20 g Mannit und 0,2 g Dikaliumphosphat auf.

Versuch 11: Man wiederhole den Versuch unter Verwendung nachstehender Nährlösung (Nährlösung II): Man löse in 1 Liter destillierten Wassers 20 g Mannit, 0,2 g Chlorkalium und 0,3 g Kaliumsulfat auf.

Versuch 12: Man fülle zwei Teller mit gut gedüngter Erde und gieße zu dem einen Teller eine Lösung von 10 g Rohrzucker in 100 ccm Wasser und zu dem anderen nur 100 ccm Wasser. Beide Teller werden 14 Tage lang bei etwa 30° C aufbewahrt, während dieser Zeit feucht gehalten und gelegentlich die Erde gründlich umgerührt.

Nach einiger Zeit entnehme man dem mit Zucker gedüngten Teller eine kleine Erdprobe, ziehe sie mit Wasser aus und prüfe mit FEHLINGS Lösung auf Zucker. Sobald der Zucker verschwunden ist, nehme man in beiden Tellern eine Bestimmung des Gesamtstickstoffs vor. Dies ist ziemlich schwierig und geschieht folgendermaßen:

Man trockne die Erde, wäge von jedem der beiden Teller je 25 g Erde ab, schütte diese Erde in Kjeldahlkolben von 800 ccm Inhalt, bringe auf die Erde 25 ccm Phenolschwefelsäure und lasse eine Stunde stehen. Dann füge man 2 bis 3 g Zinkstaub hinzu und lasse wiederum zwei Stunden unberührt stehen. Danach setze man einen Tropfen Quecksilber (oder ein Stückchen dünnen Kupferdraht oder etwas Kupfersulfat) und weiterhin 50 ccm Phosphorschwefelsäure hinzu und fange an, das Gemisch langsam zu erhitzen. Dies wird so

lange fortgesetzt, bis der Inhalt des Kolbens ganz weiß geworden ist. Der im Boden vorhandene Stickstoff ist dann vollkommen in Ammoniak übergeführt. Nun setze man 300 ccm schwefelkaliumhaltiger Natronlauge hinzu und destilliere das Ammoniak in 1/10 n-Schwefelsäure über. Die überschüssige Säure wird mit Barytwasser zurückeritriert und der Stickstoff berechnet.

Man findet, daß der mit Zucker gedüngte Teller gegenüber dem Teller ohne Zucker an Stickstoff gewonnen hat.

Im Gegensatz zu den Stickstoffzersettern gibt es im Ackerboden stickstoffsammelnde Bakterien (Versuch 12). Diese haben die Fähigkeit, den Stickstoff, den sie zu ihrer Ernährung und zum Aufbau ihres Körpers benötigen, direkt aus der Luft zu entnehmen. Es gibt zwei Gruppen solcher Bakterien, solche, welche in Gemeinschaft mit Pflanzen den Luftstickstoff binden, und solche, welche frei im Boden lebend den Luftstickstoff zu binden vermögen. Zur ersten Gruppe gehören die Knöllchenbakterien der Leguminosen und Kleearten. Die Knöllchenbakterien stellen scharf voneinander getrennte Arten dar, welche durch besondere Wuchsformen mit besonderen biologischen Leistungen gekennzeichnet sind. Sie besitzen allgemein die Fähigkeit, große Mengen Luftstickstoff zu binden und in Eiweiß umzuwandeln. Sie sind luftliebend. Im ersten Wachstumsstadium der Wirtspflanze wirken diese Schmarotzer hemmend auf die Entwicklung. Sobald aber die Blüte- und Reifezeit beginnt, sterben die Bakterienkolonien ab, und die Pflanze benutzt die festgelegten Eiweißstoffe zur eigenen Vollendung. Trotzdem verbleibt aber in den Wurzelteilen der abgeernteten Frucht noch soviel Stickstoff, daß die nachgebaute Frucht nur ganz geringe Gaben an mineralischen Stickstoffsalzen benötigt. Man rechnet mit einer Bereicherung des Bodens mit 1 bis 2 Zentner Salpeter auf den Morgen.

Um auf bakterienarmen Äckern die stickstoffsammelnden Pflanzen anzuregen, soviel wie möglich Luftstickstoff festzulegen, impft man das Saatgut vor der Aussaat mit Kulturen von Knöllchenbakterien. Es sind eine große Anzahl solcher Impfstoffe in den Handel gebracht worden. Besonders bewährt hat sich das Azotogen. Im Azotogen sind die Bakterien in Erde verteilt. 1 g Azotogen enthält bis zu 4000 Millionen Bakterien. Jede Hülsenfruchtart benötigt ihre besondere Bakterienart. Deshalb muß jeweils ein bestimmtes Azotogenpräparat Verwendung finden. Auch Nitragin ist ein solches Präparat. Nach LINDNER werden alljährlich durch die Knöllchenbakterien 5000000 Zentner Bodenstickstoff in Deutschland gewonnen.

Von ganz besonderem Wert für den Landwirt sind die stickstoffsammelnden Bakterien, welche frei im Boden leben. Es gibt mehrere Gruppen solcher Organismen. Für die Anreicherung des Bodens an Stickstoff sind die Azotobakter-Bakterien die wichtigsten. Die Azotobakter-Organismen sind überall im Boden vorhanden. Reich daran sind gut gedüngte und gut bearbeitete Böden. Bei weitem am kräftigsten

assimiliert die von BELJERINCK als *Azotobacter chroococcum* beschriebene Bakterienart den Luftstickstoff. Diese Bakterien bestehen aus dicken, kurzen Stäbchen oder kugeligen Kokken und sind dadurch gekennzeichnet, daß sie von einer wässrigen Jodlösung goldbraun gefärbt werden (Versuche 10 und 11). Sie sind stark luftliebend und stellen an den Nährstoffgehalt des Bodens, vor allem hinsichtlich Kalk und Phosphorsäure, große Ansprüche. In kalkarmen und phosphorsäurearmen Böden entwickeln sie sich nicht, oder sie sterben ab. Man benutzt aus diesem Grunde die sog. Azotobakterprobe zur Feststellung des Düngbedürfnisses eines Bodens für Kalk oder Phosphorsäure. Die Azotobakter-Organismen binden etwa im Jahr und auf ein Hektar bezogen 30 bis 40 kg Luftstickstoff. Dies entspricht einer Menge von 100 bis 130 Pfund Natronsalpeter auf den Morgen.

Biologischer Nachweis der Kalk- und Phosphorsäurebedürftigkeit.

Mit Hilfe der Azotobakter-Verfahren gelangt man auf biologischem Wege zu einer qualitativen Beurteilung eines Bodens hinsichtlich seines Düngbedürfnisses für Kalk oder Phosphorsäure. Nachweis der Kalkbedürftigkeit: Man bringe in mehrere 300 ccm fassende Erlenmeyerkolben 50 ccm Mannitnährlösung (Lösung I, Versuch 10) und gebe in jeden Kolben 5 g der zu prüfenden, lufttrockenen Bodenprobe. Zur Kontrolle versetze man einen oder mehrere Kolben außerdem mit einer Messerspitze voll ($\frac{1}{4}$ g) kohlen saurem Kalk. Darauf impfe man die Kolben. Die Impfung hat mit einer guten und frischen Azotobakter-Rohkultur zu erfolgen. Zwecks Herstellung einer solchen Rohkultur impfe man täglich vor Ausführung der Probe mehrere Kolben mit Nährlösung mit Erde von einem Acker, welche eine sehr kräftige Azotobakter-Vegetation gegeben hat. Man kann auch die Azotobakter-Haut mit solcher Erde vermischen und zur Herstellung neuen Impfmateri als benutzen. Beim Impfen übertrage man mit Hilfe einer ausgeglühten Platinoöse ein Stückchen einer Azotobakter-Haut in den mit Erde beschickten Kolben. Man stelle die Kolben fünf Tage lang in einen Wärmeschrank und halte die Temperatur auf 25° C. Man beobachte vom zweiten bis zum fünften Tag den Grad der Azotobakter-Entwicklung. Die Entwicklung hat ihr Maximum erreicht, wenn die ganze Oberfläche der Flüssigkeit von einer schleimigen, runzeligen, braunen Haut bedeckt ist. Anfangs ist die Haut hellfarbig.

Beim Kontrollieren dürfen die Kolben nicht geschüttelt werden. Die Haut sinkt sonst leicht zu Boden, und die Beobachtung wird erschwert. Es kommt auch mitunter vor, daß am zweiten oder dritten Tage eine kräftig entwickelte Haut auf der Oberfläche der Flüssigkeit vorhanden ist, daß aber die Haut am vierten oder fünften Tage niedergeschlagen ist. Deshalb ist es wichtig, vom zweiten Tag ab die Entwicklung zu beobachten. Mitunter tritt auch eine starke Mannitvergärung ein, die die Beobachtung erschwert. Man beseitigt Schaumbildung durch Zusatz einiger Tropfen Schwefeläther.

Beurteilung: Entwickelt sich auf der geimpften kalkfreien Nährlösung eine kräftige Azotobakter-Rohkultur, dann ist der Boden nicht kalkbedürftig. Entwickelt sich die Azotobakter-Rohkultur nur schwach, so steht der Boden auf der Grenze der Kalkbedürftigkeit. Entwickelt sich keine Azotobakter-Kultur, so ist der Boden kalkbedürftig. Im Kontrollkolben mit Kalk muß sich der Azotobakter nach der Impfung stets entwickeln.

Die Ermittlung der Phosphorsäurebedürftigkeit erfolgt auf entsprechende Weise. Man benutze Erlenmeyerkolben von 50 bis 75 ccm Inhalt, 5 g lufttrockene Erde und 20 ccm Mannitnährlösung (Lösung II, Versuch 11).

Falls der Boden kalkarm war (Teil II, Versuch 11), füge man eine Messerspitze voll (0,1 bis 0,2 g) kohlen-sauren Kalk hinzu.

Man setze Kontrollkolben mit Trimagnesiumphosphat an.

Schädliche Lebewesen im Acker.

Versuch 13: Man steche eine gesunde Kartoffel an, bringe etwas Erde in das Loch und über-schichte die Kartoffel mit Wasser.

In der Kartoffel beginnt bald eine Buttersäuregärung. Dabei entwickeln sich Gase, die Kartoffel erweicht allmählich immer mehr und steigt nach einiger Zeit im Wasser empor.

Man bringe etwas von der Kartoffel unter das Mikroskop und färbe mit Jodlösung. Man erblickt die korrodierten Stärkekörnchen und dunkle braunviolette Stäbchen. Dies ist der Bacillus amylobacter.

Neben nützlichen finden sich im Acker auch schädliche Lebewesen vor. In der Erde ist z. B. der Buttersäuregärung hervorrufende Bacillus amylobacter weit verbreitet. Die Amylobacter-Organismen sind anaerob. Sie zeigen sich unter dem Mikroskop als große, längliche Stäbchen und färben sich in einer wässrigen Jodlösung dunkelbraunviolett, enthalten also im Innern einen Bestandteil, der eine ähnliche Jodreaktion wie Stärke gibt. Sie können bei der Kartoffel die sog. Naßfäule verursachen, wenn die Knollen irgendwie verletzt werden und Luftmangel im Boden herrscht. Das Kartoffelgewebe wird dabei in eine breiige, überriechende Masse verwandelt. Eingangsstellen der Bakterien, Beschädigungen der Oberhaut, werden im Boden durch den Fraß von Insekten und bei der Ernte durch Quetschungen oder Schnitte erzeugt.

Auch Schädlinge tierischer Art kommen in der Ackererde vor, z. B. die Rüben-nematoden oder Rübenälchen. Sind Rüben von ihnen befallen, dann nehmen die Wurzeln eine sehr struppige Beschaffenheit an, und die Blätter welken an warmen Tagen, während sie sich in der kühleren Nacht wieder aufrichten. Das ältere Kraut vertrocknet, und die Herzblätter bleiben übrig. Die Rübenälchen leben nur als Larven im Boden. Die Bekämpfung der Rüben-nematoden ist sehr schwierig. Auf Äckern, auf denen Nematoden aufgetreten sind, dürfen Zuckerrüben oder Futter-

rüben nicht öfter als in vier Jahren einmal angebaut werden.

Bodenzymen.

Versuch 14: Man lasse mit Hilfe der in Versuch 12 des Teiles II beschriebenen Anordnung 5 g Erde auf 20 ccm einer 3^o/₁₀igen Wasserstoffsperoxydlösung einwirken und bestimme nach $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ und 1 Stunde die freigemachten Kubikzentimeter Sauerstoffgas.

Versuch 15: Man zerstöre den Humus einer Bodenprobe durch Glühen und wiederhole Versuch 14.

Versuch 16: Man mache eine Bodenprobe durch $1\frac{1}{2}$ stündiges Erhitzen bei 120° C im Dampfraum eines Autoklaven (PAIRISCHEN Topfes) keimfrei und wiederhole Versuch 14.

Für die biologische Kennzeichnung eines Boden ist auch sein Enzymgehalt wichtig. An Enzymen hat man im Boden vor allem Katalasen vorgefunden. Katalasen sind imstande, Wasserstoffsperoxyd in Wasser und Sauerstoff zu zerlegen. Die Katalasen werden durch die Bodenbakterien ausgeschieden. Neben den Katalasen zersetzen noch gewisse anorganische Bodenbestandteile, Eisenoxyd und Manganoxyde (Versuch 15) und die Humusstoffe (Versuch 16), Wasserstoffsperoxyd. Man bezeichnet die Eigenschaft des Bodens, Wasserstoffsperoxyd zu zersetzen, als seine katalytische Kraft. Ackerböden in guter Kultur entbinden aus 20 ccm einer 3^o/₁₀igen Wasserstoffsperoxydlösung in einer Stunde mindestens 40 ccm Sauerstoffgas.

Erdgeruch.

Versuch 17: Man trockne einen Boden scharf bei mäßiger Temperatur und feuchte ihn darauf reichlich an. Der Boden erhält einen eigentümlichen kräftigen Geruch, den Erdgeruch.

Der Erdgeruch rührt von Bakterien, Actinomyces odorifer (Erdgerucherzeuger), her. Diese Bakterien vermögen Trockenheit und Frost zu widerstehen. Sie gelangen zu kräftiger Entwicklung, wenn der warme Boden sich mit Feuchtigkeit sättigt und sondern dabei einen würzigen Duftstoff ab.

Benutzte und empfehlenswerte Literatur.

- STATS: Anleitung zur Untersuchung und Beurteilung landwirtschaftlich wichtiger Stoffe. Verlag A. Lax, Hildesheim.
- BIEDENKOPF: Leitfaden für einfache landwirtschaftliche Untersuchungen. Verlag P. Parey, Berlin.
- METGE: Laboratoriumsbuch für Agrikulturchemiker. Verlag W. Knapp, Halle (Saale).
- WIESSMANN: Quantitatives agrikulturchemisches Praktikum. Verlag P. Parey, Berlin.
- WAHNSCHAFFTE-SCHUCHT: Wissenschaftliche Bodenuntersuchung. Verlag P. Parey, Berlin.
- FLEISCHER: Die Bodenkunde. Verlag P. Parey, Berlin.
- STINY: Leitfaden der Bodenkunde. Verlag C. Gerold's Sohn, Wien.
- WIEGNER: Boden und Bodenbildung. Verlag Th. Steinkopf, Dresden.
- KOCH: Mikrobiologisches Praktikum. Verlag J. Springer, Berlin.
- PRESCHER-RABS: Bakteriologisch-chemisches Praktikum. Verlag C. Kabitzsch, Leipzig.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von H. GEIGER und K. SCHEEL. Band 24: Negative und positive Strahlen. Zusammenhängende Materie. Redigiert von H. GEIGER. X und 604. Seiten, 374 Abbildungen. Berlin 1927, Julius Springer. Geh. RM 49.50; geb. RM 51.60.

Der Band gehört innerlich mit den beiden vorhergehenden zusammen. Er greift stark auf das Grenzgebiet zwischen Physik und Chemie über. Das erste der 6 Kapitel, von W. BOTHE-Charlottenburg, behandelt den Durchgang der Elektrizität durch Materie. Die Elektronen können zerstreut und absorbiert werden; ersteres bedingt eine Richtungsänderung, die durch die Abstoßungskräfte des Atomkerns verursacht wird. Die Absorption erfolgt durch die Atomelektronen; sie bewirkt ein Aussenden von Elektronen und von Strahlung, meist der charakteristischen Strahlung. Einzelstreuung (einmalige Ablenkung) findet in festen Körpern nur bei sehr geringen Schichtdicken statt (für Gold $2 \cdot 10^{-5}$ bis $8 \cdot 10^{-6}$ cm); in dickeren Schichten erfolgt Mehrfach- und Vielfachstreuung. Verfasser bespricht nacheinander die Zerstreung, die Geschwindigkeitsabnahme und Absorption, die Ionisation und Sekundärstrahlung, und zwar werden stets Theorie und Experiment in gleicher Weise berücksichtigt. Das 2. Kapitel über den Durchgang der Kanalstrahlen durch Materie ist zum Teil von E. RÜCHARDT-München, zum Teil von H. BAERWALD-Darmstadt bearbeitet. Wir werden zunächst mit den Methoden zur Erzeugung und zur Messung der Strahlen bekannt gemacht (zur magnetischen Ablenkung sind Felder von mehreren Tausend Gauß nötig; für das Photographieren sind besondere Platten nötig, da die Empfindlichkeit gegen Kanalstrahlen nichts mit der Empfindlichkeit gegen Licht zu tun hat). Es folgen die e/m -Messungen nach J. J. THOMSON, ASTON, DEMBSTER u. a., die Untersuchungen über Reflexion, über Zerstreung und Absorption in Gasen und festen Körpern, ferner der Dopplereffekt bei Kanalstrahlen und die Untersuchungen über die Natur der Strahlen. Hierbei werden auch die sog. Rücklauf- oder K_1 -Strahlen herangezogen, die aus negativen Ionen bestehen. Den Durchgang von α -Strahlen durch Materie behandelt H. GEIGER, der ja selbst bei der Erforschung der α -Strahlen eine hervorragende Rolle gespielt hat, und von dem eine Reihe grundlegender Versuche und Erkenntnisse stammen. Wir lernen zuerst die Beobachtungsmethoden kennen: die elektrische Zählung der α -Teilchen in Ionisationskammern, insbesondere in sog. Spitzenzählern, die Szintillationszählmethode (bei intermittierender Bestrahlung, hervorgerufen mit Hilfe einer rotierenden Scheibe mit radialem Schlitz, lassen sich noch 200 Szintillationen pro Minute zählen, während sonst 30—40 Szintillationen pro Minute die obere Grenze bilden), die WILSONsche Nebelmethode und die Sichtbarmachung in der photographischen Schicht. Den Zusammenhang zwischen

Geschwindigkeit v und Reichweite R in Luft und Substanzen geringen Atomgewichts vermittelt das GEIGERSche Gesetz $v^3 = C \cdot R$, das durch die Versuche gut bestätigt wird. Die Verwandtschaft mit den Kanalstrahlen zeigt sich nicht bloß im Ionisierungsvermögen, sondern auch in der Fähigkeit der Teilchen zu Umladungen; besonders bei langsamen Strahlen verwandeln sich He^{++} -Ionen durch Aufnahme (und Wiederabgabe) von Elektronen in He^+ und He. Die Untersuchungen über die Streuung von α -Strahlen haben Aufschluß über die Abweichungen vom COULOMBSchen Gesetz in der Nähe des Atomkerns gegeben. Interessant sind auch die Untersuchungen über die Rückstoßstrahlen: sendet ein radioaktives Atom bei seinem Zerfall ein α -Teilchen aus, so erfährt es selbst einen Rückstoß, der es ihm ermöglicht, bei Atmosphärendruck eine Luftschicht von 0,1 mm Dicke zu durchsetzen; bei experimentellen Untersuchungen muß naturgemäß die Substanz in sehr dünnen Schichten vorliegen. Die folgenden Kapitel beschäftigen sich mit dem Aufbau der Materie, Kapitel 4 (von P. P. EWALD-Stuttgart) mit dem Aufbau der festen Materie und seiner Erforschung durch Röntgenstrahlen. Verfasser bietet zunächst eine sehr hübsche, kurze und doch übersichtliche Einführung in die verschiedenen Kristallklassen, wobei durch zahlreiche Abbildungen das Verständnis unterstützt wird. Die Bezeichnungen verschiedener Autoren werden in Tabellen zusammengestellt. Es folgen allgemeine Untersuchungen über Raumgitter, sodann die Theorie der Röntgeninterferenzen und ihrer Intensitäten, wobei man einen guten Einblick in die Schwierigkeiten der Theorie für nichtideale Kristalle gewinnt. Die experimentellen Verfahren und die Diskussion der Ergebnisse schließen sich an. Hier wird gezeigt, wie man aus den geometrischen Daten und den Intensitätsverhältnissen auf die Struktur der untersuchten Körper schließen kann. Die Strukturen einer Reihe von Stoffen (Elemente und anorganische, danach auch organische Kristalle) werden besprochen und durch gute Abbildungen erläutert. Den Schluß des Kapitels machen Untersuchungen über kristalline Kolloide (die kleinsten Kolloidteilchen bei Gold haben z. B. 18,6 Å Kantenlänge) und amorphe Kolloide (Gelatine, Glas), ferner über natürliche Fasern und Metalle, bei denen Korngröße und Lagerung, Verfestigung, Reckung, Walzung usw. eine wichtige technologische Rolle spielen. M. BORN und O. F. BOLLNOW-Göttingen geben die theoretischen Grundlagen für die Lehre vom Aufbau der festen Materie. Zunächst wird gezeigt, was man aus der Gittertheorie ohne Kenntnis des Kraftgesetzes erschließen kann, allein aus der Annahme, daß die Lagerung der Atome im Kristall eine stabile Gleichgewichtslage darstellt. Diese Annahme erlaubt bereits, das allgemeine Verhalten des Körpers zu charakterisieren und verschiedene Eigenschaften miteinander in Zusammenhang zu bringen

(elastisches Verhalten, Elektrostriktion, dielektrische Erregung, Reststrahlenfrequenz, Doppelbrechung, thermisches Verhalten u. a.). Als sicherstes Ergebnis springt heraus, daß der Kristall als eine einzige, riesige Molekel aufzufassen ist. Der zweite Teil des Kapitels ist dann der elektrostatischen und der elektromagnetischen Gittertheorie und der Theorie des polarisierbaren Ions gewidmet.

Das letzte Kapitel endlich (von H. G. GRIMM-Würzburg) ist betitelt: Atombau und Chemie (Atomchemie). Aufgabe der Atomchemie ist es, die Änderungen im Bau des Atoms zu erforschen, die bei der Bindung mit anderen Atomen eintreten. Nach einer Untersuchung über die Eigenschaften der Verbindungen aufbauenden Atome und Ionen folgen die beiden Hauptteile des Kapitels: der Aufbau der chemischen Verbindungen und die Zusammenhänge der Eigenschaften von Elementen und Verbindungen mit dem Bau der Atome und Moleküle. Im ersten Hauptteil werden vor allem die Begriffe Wertigkeit und Bindung eingehend erörtert, und zwar bei polar und bei unpolar aufgebauten Verbindungen. Diejenigen Verbindungen, bei denen man keine Anzeichen dafür hat, daß die verbundenen Atome polar, also Ladungsträger sind, heißen unpolar oder nichtpolar (auch homöopolar oder unitarisch), hierzu gehören die abgeschlossenen Molekeln der Nichtmetalle, wie H_2 , N_2 , $SiCl_4$ u. a., diamantartige Stoffe mit „Tetraederbindungen“ wie $[C]$, $[AlN]$ u. a., Metalle und Metallverbindungen wie $[Na]$, $[Cu_2Mg]$ u. a. Bei diesen Verbindungen kann man nach unserer heutigen Kenntniss zwischen innermolekularen und zwischenmolekularen Kräften nicht unterscheiden. Modelle für die Wasserstoffmolekel u. a. werden ausführlich erörtert, ebenso Übergänge und Grenzen zwischen den verschiedenen Bindungsarten. Der zweite Hauptteil des Kapitels zeigt die Zusammenhänge zwischen Eigenschaften der Atome und Ionen und Eigenschaften der Verbindung auf (Farbe, Leitfähigkeit, Bildungswärmen, Löslichkeit, Kristallstruktur usw.). Zum Schluß werden noch interessante Untersuchungen gegeben über die Häufigkeit der einzelnen Elemente im Nickel-Eisen-Kern der Erde (Radius etwa 2900 km), in der folgenden aus Sulfiden und Oxyden der Schwermetalle bestehenden Schicht (Dicke etwa 1700 km) und in der äußeren Silikathülle der Erde und über den Zusammenhang dieses Vorkommens mit den Atomeigenschaften der betreffenden Elemente.

Die Inhaltsangabe läßt bereits erkennen, daß der vorliegende Band nicht nur für den Physiker, sondern auch für den Chemiker von höchstem Interesse ist. Die 3 Bände 22, 23 und 24 geben einen so vorzüglichen und so fesselnden Überblick über unsere heutige Kenntnis von der Welt der Atome und Elektronen, über Probleme also, die heute im Brennpunkt des Interesses stehen, daß ihre Lektüre nicht nur dem Physiker, sondern jedem Naturwissenschaftler auf das allerwärmste zu empfehlen ist. Insbesondere wird auch der Lehrer an höheren Schulen immer wieder zu diesen Bänden greifen, wenn er sich über den Stand der Forschung unterrichten will.

E. Lamla.

Vorlesungen über technische Mechanik. Von AUGUST FÖPPL. 3. Bd.: Festigkeitslehre. 10. Aufl. Bearbeitet von OTTO FÖPPL. XIV und 451 Seiten, 114 Abbildungen. Leipzig und Berlin 1927, B. G. Teubner. Geb. RM 16.60.

Der dritte Band der wohlbekannteren „Vorlesungen über technische Mechanik“ von AUGUST FÖPPL liegt in 10. Auflage vor. Die Tatsache, daß das Buch in 30 Jahren 10 Auflagen erlebt hat, spricht mehr als alles andere für die Brauchbarkeit und die Güte des Buches. Die neue Auflage ist von OTTO FÖPPL-Braunschweig herausgegeben, dem Sohn des ersten Herausgebers. Der Charakter des Buches ist geblieben, doch sind eine Reihe von Paragraphen neu verfaßt, andere umgearbeitet oder ergänzt. Entsprechend dem Wort aus der Vorrede zur ersten Auflage: „Die Lehren des Buches sind keineswegs allein am Schreibtisch zusammengestellt, sondern ganz wesentlich auf eigener Erfahrung aufgebaut“ beziehen sich die Änderungen vor allem auf solche Gebiete, in denen der Neubearbeiter selbst eingehend gearbeitet hat: Festigkeitsversuche verschiedener Art (Dauer- und Schwingungsversuche, Kerbschlag, Dämpfungsfähigkeit u. a.), Biegung eines Stabes, Verhalten von Stäben starker Krümmung u. a.

Wie die früheren kann auch diese Auflage allen Studenten der technischen Fächer bestens empfohlen werden.

E. Lamla.

Festigkeitslehre auf Grund der Anschauung. Für den Schul- und Selbstunterricht dargestellt von E. SCHNACK. Mit 238 Abb., 78 gelösten und 100 ungelösten Aufgaben. Leipzig und Berlin 1928, B. G. Teubner. Preis kart. RM 3.40.

Das Buch behandelt auf 108 Seiten die Hauptgebiete der Festigkeitslehre in der im allgemeinen üblichen Anordnung und Reihenfolge. Die Einteilung des Stoffes, wie sie sich aus der Überschrift der einzelnen Kapitel ergibt, läßt jedoch einen einheitlichen Gesichtspunkt etwas vermissen. So sind z. B. die ersten Kapitel überschrieben: I. Zug, II. Druck, III. Kessel und Rohre! usw. Entsprechend dieser Art Disposition geht es in dem ganzen Buch auch etwas bunt durcheinander. Der Verfasser schreibt selbst im Vorwort, daß das Buch dem Unterricht dienen wolle und nur eine einfache Schulbildung voraussetze, und deshalb überall vom Gegenständlichen ausgehen und sich in besonders hohem Maße auf die Anschauung stützen müsse. Deshalb sei in den Mittelpunkt der Darstellung die Abbildung gestellt. Dieser letzte Grundsatz der Betonung des Gegenständlichen und der Anschauung scheint mir der Hauptvorteil des Buches zu sein; er ließe sich mit Nutzen durchaus auch auf nicht elementare Bücher ausdehnen. Denn elementar ist das Buch teilweise bis zur Grenze des Möglichen. Im Hinblick auf die Aufgabe, die sich der Verfasser selbst gestellt hat, darf man diese Tatsache eher als einen Vorzug denn als einen Nachteil ansehen. Wie bei allen ganz elementaren Darstellungen, die schwierige Materien mit einfachsten Mitteln zu meistern suchen, gelingt es auch hier nicht

immer, die zahlreichen Klippen sicher zu umschiffen. Wenn eine noch so anschauliche Darstellung die ursächlichen Zusammenhänge nicht klarzustellen vermag, verliert sie wesentlich an Wert. Das ist z. B. der Fall bei der Veranschaulichung der Widerstandsfähigkeit eines Balkens gegen Biegung im VII. Kapitel durch die einbeschriebene Walze. Man kommt nun einmal trotz aller Kniffe nicht um die mathematische Definition der Widerstands- und Trägheitsmomente herum. In Erkenntnis dieser Tatsache folgt deshalb noch am Schluß des Buches das ausführliche XII. Kapitel über das Trägheitsmoment. Die Analogie zwischen Luftwirbel und polarem Widerstandsmoment oder „Drehwiderstandsmoment“ scheint mir nicht glücklich gewählt zu sein. Bei einem Wirbelfaden nehmen die absoluten Geschwindigkeiten, von einem verhältnismäßig kleinen Wirbelkern abgesehen, nach der Mitte hin zu, wohingegen die Spannungen bei einer auf Drehung beanspruchten Welle nach außen hin größer werden! Es ist hier also gerade umgekehrt wie dort. Die Kapitel über die Kerbe, den Dauerbruch, das Gefüge bringen an Hand entsprechender Abbildungen hübsche, anschauliche Erklärungen für das teilweise sehr merkwürdige Verhalten fester Körper bei verschiedenartigen Beanspruchungen.

Am Schluß des Buches, das im ganzen 134 Seiten stark ist, folgt noch eine umfangreiche Aufgabensammlung, Tafeln, Formeln und Stichwortverzeichnis. Als Lehrbuch dürfte das Werk in seiner Anwendung im wesentlichen auf Gewerbeschulen beschränkt bleiben. *O. Holm.*

Lehrbuch der Optik. Von Dr. KARL FÖRSTERLING, o. ö. Professor an der Universität Köln. 610 S. in Gr. Oktav mit 193 Abbildungen. Leipzig 1928, S. Hirzel. Geh. RM 38.—; geb. RM 40.—.

Das Werk soll an die Stelle von P. DRUDES Lehrbuch der Optik treten, das im gleichen Verlage erschien und seit einiger Zeit vergriffen ist. Im Aufbau zeigen beide Werke erhebliche Unterschiede. DRUDE geht im wesentlichen synthetisch vor, fängt mit der geometrischen Optik an und entwickelt die Eigenschaften des Lichts zunächst noch aus der Wellentheorie; erst bei der Einwirkung der Körper geht er zur elektromagnetischen Theorie über. FÖRSTERLINGS Methode ist mehr deduktiv; er betrachtet gleich anfangs das Licht als elektromagnetischen Vorgang und leitet aus den MAXWELLSCHEN Gleichungen die Gesetze der Dispersion, Reflexion und Brechung, der magnetischen Einwirkungen ab. Die Optik bewegter Körper führt zu dem MICHELSONSchen Versuch und der Relativitätstheorie. Der dritte Abschnitt enthält die Theorie der Serienspektren, die RUTHERFORD-BOHRsche Atomtheorie und die Gesetze der Strahlung. Die geometrische Optik und die Theorie der optischen Instrumente finden sich im vierten Abschnitt am Schluß des Werkes. Die Beispiele zur Bestätigung der theoretischen Folgerungen könnten etwas reichhaltiger sein. So z. B. wird wohl die Theorie der Einwirkung des Magnetfeldes auf Spektrallinien gegeben, im

Anhang sogar die VOIGTSche Theorie der komplizierteren Zeemaneffekte, aber von den von ZEEMAN angestellten Versuchen werden nur einige Fälle besprochen. Das Experimentelle tritt überhaupt völlig in den Hintergrund. Die Einführung in einige wichtige Theorien, wie Quanten- und Relativitätstheorie ist etwas knapp gehalten und muß von dem Leser aus anderen Quellen ergänzt werden. Gründliche mathematische Kenntnisse sind für das Verständnis Voraussetzung, auch solche in der Vektorenrechnung, die gleich anfangs beim Aufstellen der MAXWELLSCHEN Gleichungen benutzt wird. Als Lehrbuch für Studierende erscheint uns die DRUDESche Darstellung zweckmäßiger, und es ist doch zu bedauern, daß dieses Werk eines anerkannt vorzüglichen akademischen Lehrers nicht in moderner Erweiterung neu aufgelegt werden konnte.

Einen eigenen Reiz gewährt es, das FÖRSTERLINGsche Werk nicht nur mit DRUDES Lehrbuch, sondern auch mit der Darstellung des Altmeisters KIRCHHOFF zu vergleichen. Die nach KIRCHHOFFS Tode von seinen Schülern herausgegebenen Vorlesungen beruhen hauptsächlich auf einer Niederschrift des Winters 1883/84. DRUDES Buch erschien in 2. Auflage 1906, FÖRSTERLINGS Werk 1928. Zwischen je zweien liegt also jedesmal ein Zwischenraum von 22 Jahren. KIRCHHOFF führt seine hocheleganten Entwicklungen — denen der Referent noch begeistert gelauscht hat — allein zurück auf die Annahme des Äthers als eines starren, elastischen Körpers. Obwohl die elektromagnetische Lichttheorie schon bestand, KIRCHHOFF erwähnt sie noch nicht. Der Weg von KIRCHHOFF über DRUDE zu FÖRSTERLING kennzeichnet ihren Siegeszug. Auch im Inhalt bringt DRUDE gegenüber KIRCHHOFF schon viel Neues. Zwischen 1906 und 1928 aber liegt die ganze moderne Entwicklung der Optik, die umfassend dargestellt zu haben ein großes Verdienst FÖRSTERLINGS bildet. *Schk.*

Grundzüge der Starkstromtechnik für Unterricht und Praxis. Von Dr. Ing. K. HOERNER. Zweite, durchgesehene und erweiterte Auflage mit 347 Textabbildungen und zahlreichen Beispielen. VI, 114 Seiten. Berlin 1928, Julius Springer. Preis RM 7.—; geb. RM 8.20.

Der Verfasser schreibt im Vorwort zur ersten Auflage, daß er bestrebt gewesen sei, mit einem möglichst geringen Aufwand theoretischer Ableitungen einen Einblick in die verschiedenen Gebiete der Elektrotechnik zu geben und aus der Mannigfaltigkeit die Einheit im Wesen der Erscheinungen herauszuarbeiten. Man kann wohl behaupten, daß es dem Verfasser in weitgehendster Weise gelungen ist, das Ziel zu erreichen, das er sich selbst gesteckt hat. Teilweise liest sich das Werk wie ein interessanter Bericht, ohne im geringsten seicht und „populärwissenschaftlich“ zu werden. Man lernt auf jeder Seite sehr viel dazu und verliert trotz äußerster Beschränkung in der Anwendung mathematischer Hilfsmittel und Ableitungen niemals den wesentlichen Zusammenhang der Dinge. Dabei ist sehr viel Wert

auf den praktischen Gebrauchsnutzen gelegt worden; zahlreiche Beispiele, die der Praxis entsprechend genau durchgerechnet werden, sagen mehr als anderswo viele Seiten Text und liefern einem vor allen Dingen dort, wo man sie sucht, die nötigen Erfahrungszahlen und Koeffizienten, so daß sich der Gebrauch eines Handbuchs daneben in den meisten Fällen erübrigt. Bei einzelnen Gebieten, deren speziellere Behandlung allein Bände erfordern würde, wie beispielsweise den Motoren und Stromerzeugern, geht die Beschränkung in der Behandlung des Stoffes bewußt so weit, daß im wesentlichen nur eine Übersicht über die Bauarten gegeben wird. Aber auch hier werden mit kurzen, einleuchtenden Erklärungen die Vorzüge, Nachteile und Haupteigenschaften, sowie vor allem die Anwendungsgebiete der einzelnen Bauarten angegeben. Man kann sich infolgedessen gut orientieren. Beispiele erläutern auch hier den Text, und Literaturhinweise erleichtern ein mehr ins einzelne gehendes Studium.

Auf etwas über 200 Seiten bringt das Buch nach einer sehr ausführlichen Einführung in die Grundgesetze des Gleich- und Wechselstromes das für den Fachmann und vor allem den angehenden Fachmann Wissenswerteste über die „elektrische Beleuchtung“, Gleich- und Wechselstrommaschinen, Transformatoren. Auf den letzten Seiten sind Festwerte für Leiter und Nichtleiter, Formelzeichen und ein Sachverzeichnis zu finden. Das Buch kann warm empfohlen werden.

O. Holm.

Physik und Technik der Röntgenstrahlen.
Von Dr. WERNER GERMERSHAUSEN. Leipzig 1928, Hachmeister und Thal. 67 Seiten, 75 Abbildungen. Preis geheftet RM 3.60.

Die vorliegende Schrift, die einen Sonderdruck einer Artikelserie darstellt, die in der Zeitschrift „Helios“, Fach- und Exportzeitschrift für Elektrotechnik erschien (1927, Nr. 26—29), gliedert sich in zwei Teile: Der erste Teil behandelt die physikalischen Grundlagen der Röntgenstrahlen, der zweite die Röntgentechnik.

Neben dem kontinuierlichen Spektrum der Bremsstrahlung wird das Linienspektrum der „charakteristischen Strahlung“ oder „Fluoreszenzstrahlung“ behandelt, wobei Gelegenheit ist, auf die Zusammenhänge zwischen den elektrischen Größen und den optischen Größen wie auf den Einfluß des Materials (Atomnummer) einzugehen. Selbstverständlich ist es, daß die BOHRsche Theorie und die Quantentheorie die ihnen hier zukommende Berücksichtigung finden. In dieser Hinsicht geht die Darstellung nicht über das hinaus, was jedes moderne Lehrbuch der Physik bietet. Eine Ausnahme macht der Abschnitt über die Grundlagen der Röntgenspektroskopie mit der zusammenhängenden Behandlung der Methoden von BRAGG, H. SEEMANN und dem Verfahren von DEBYE, SCHERRER und HULL sowie der Absatz über die Absorption und Streuung der Röntgenstrahlen.

Der Hauptwert des Buches liegt im zweiten Teil über die Röntgentechnik. Hier erfährt man

das Wichtigste über die Röntgenröhren (Ionenröhren, Elektronenröhren, Metallröntgenröhren) wie die zu ihrem Betrieb notwendigen Hochspannungsanlagen. Für diese sind im Zusammenhang mit der als Ventil wirkenden Elektronenröhre Wechselstromtransformatoren geeignet, während die anderen Arten von Röntgenröhren nur unter Zwischenschaltung einer Gleichrichteranlage verwendet werden können, deren verschiedene Typen besprochen werden. Interessant ist der Abschnitt über die Meßtechnik und über die Anwendungen der Röntgenstrahlen in der Medizin und der Materialuntersuchung.

Die Schrift zeichnet sich durch eine große Zahl von Abbildungen aus, die allerdings hinsichtlich der drucktechnischen Wiedergabe zuweilen recht zu wünschen übrig lassen. Ein Verzeichnis der vom Verfasser benutzten Literatur gestattet ein Zurückgehen auf Originalabhandlungen bzw. ausführlichere Werke.

Dr. Carl Heinrich.

Das Gesicht der deutschen Heimat. Von E. EWALD. 160 Seiten, 125 Abbildungen. Weimar 1928, Alexander Duncker. Preis brosch. RM 5.50; geb. RM 8.—

Dieses neue Buch von EWALD enthält 125 sehr gut ausgewählte und ausgeführte Aufnahmen aus Deutschland. Diesmal verteilen sie sich zu etwa gleichen Teilen auf Erd- und Luftaufnahmen. Das gibt eine willkommene Gelegenheit, sich über die Grenzen der Verwendungsmöglichkeit der beiden Bildarten klar zu werden.

Das ist aber nicht die eigentliche Aufgabe des Buches. Was es will, deutet mehr als der Haupttitel der Untertitel an: „Landschaft und Baukunst“. Der Verfasser geht von dem Gedanken aus, daß das Gesicht der Heimat aufs stärkste bestimmt wird durch die Werke der Menschen: „Am nachdrücklichsten wird das Gesicht der Landschaft durch die Siedlungen beeinflußt.“ Was die Bilder also zeigen sollen, ist nicht die „Naturlandschaft“, sondern die durch den Menschen geschaffene Kulturlandschaft. Damit ist das Buch auch ein wichtiger Beitrag zur sog. „Kulturgeographie“.

Aber auch das ist noch nicht die Hauptaufgabe, die sich der Verfasser gestellt hat. Er will das Verhältnis zwischen Landschaft und Bauwerk tiefer fassen. Er unterscheidet zwei Gruppen von Bauten. Für die eine Gruppe ist die natürliche Gestaltung des Geländes das Bestimmende; diese Bauten sind organisch entstanden, sie schmiegen sich in die Landschaft ein, der künstlerische Gedanke tritt zurück. Bei der zweiten Gruppe von Bauten ist der künstlerische Gedanke der Ausgangspunkt, die Berücksichtigung der örtlichen Umgebung tritt zurück, das „Kunstwerk steht häufig als ein Fremdkörper in der Landschaft“. Diese beiden Gruppen bedeuten dem Verfasser den Ausdruck volklicher Verschiedenheit: die erste soll Ausdruck germanischen, die zweite Ausdruck romanischen Wesens sein.

Obwohl ich mich diesen Gedankengängen nicht anzuschließen vermag, wird wohl jeder das

Buch mit Freude zur Hand nehmen und manche Anregung daraus empfangen.

Scheer.

Einführung in die Chemie in leichtfaßlicher Form. Von LASSAR-COHN. 7. neubearbeitete Auflage von M. MECHLING. Leipzig 1928, Leopold VoB. 247 Seiten. Geb. RM 8.—

Die vorliegende Neuerscheinung des Buches, das eine Ergänzung der weit verbreiteten „Chemie des täglichen Lebens“ von dem bekannten Verfasser darstellt, zeichnet sich wie die vorhergehenden Auflagen durch die leichtfaßliche Art ihrer Darbietung aus. Sie führt den Laien in ihm leichtverständlicher Weise in die Grundtatsachen eines Wissensgebietes ein, an dem bei seiner heutigen Bedeutung im öffentlichen Leben kein Gebildeter vorübergehen kann. Die Verbreitung und die Beliebtheit, die das Buch gewonnen hat, spricht für seine Güte.

Die 7. Auflage ist gegen die vorangehenden nicht wesentlich verändert, manches in der Form der Darstellung vereinfacht und die Kapitel über Atomtheorie, periodisches System und Radioaktivität gänzlich neu bearbeitet. Diese drei Kapitel, besonders das über die Atomtheorie, gehen aber erheblich über den volkstümlichen Rahmen des Werkes hinaus, gestatten jedoch in einfachster Weise, in ein kompliziertes Gebiet einzudringen, das heute sogar in Tageszeitungen abgehandelt wird. Auch die neue Auflage wird wie ihre Vorgänger Anklang finden. *Dr. Isberg.*

Lehrbuch der Chemie für höhere Lehranstalten. Von W. SCHMIDT und A. FRANKFURTH. I. Teil: Unterstufe, bearbeitet von Dr. W. SCHMIDT-Berlin. Dresden 1927, L. Ehlermann. 114 Seiten und 53 Tafeln. Preis RM 2.80.

Das Buch ist bemüht, dem Untersekundaner „einen Überblick über das gesamte Gebiet der Chemie“ zu geben. Der Lehrstoff ist methodisch aufgebaut, das Arbeitsprinzip in den Vordergrund gerückt, und in geschickter Weise sind zahlreiche Verbindungen zu den übrigen Naturwissenschaften, zur Geographie und Wirtschaftslehre gezogen worden. Auch in die wichtigsten Tatsachen aus der Geschichte der Chemie führt das Buch ein und zwar so, daß besonders die Arbeit deutscher Forscher und deren Bedeutung in der Chemie den Schülern nahegebracht wird. Um auch Interesse für technologische Prozesse zu wecken, sind dem Buch trotz seines geringen Preises im Anhang eine große Anzahl sehr guter Abbildungen aus allen möglichen chemisch-technischen Betrieben beigegeben worden.

Im einzelnen sei bemerkt, daß, wie es beim Anstreben eines „Überblickes“ in Untersekunda unvermeidlich ist, dem Schüler viel mehr Tatsachen oft ohne eigene Versuche geboten werden, als er verarbeiten kann. Die Schülerversuche sind gut gewählt und leicht auszuführen, nur manche, da keine besonderen Vorsichtsmaßnahmen angegeben, in der Hand des Schülers nicht ungefährlich. Das Theoretische wird nach Absicht der Verfasser auf ein Mindestmaß beschränkt,

trotzdem wird aber beständig mit Formeln und Gleichungen gearbeitet, die nur sehr unvollständig begründet werden. Wenn man aus den Volumenverhältnissen bei der Elektrolyse von Wasser und Chlorwasserstoffsäure ohne weiteres auf deren Formeln schließt, wenn die Gesetze der konstanten und multiplen Proportionen ohne Versuche angegeben werden und auf die Avogadro'sche Regel mit Recht verzichtet wird, weil sie auf dieser Stufe zu schwer ist, so sollte man nach Meinung des Referenten auf Formeln und Gleichungen lieber ganz verzichten. So ergibt sich z. B. das merkwürdige Bild, daß die Gase in fast allen Gleichungen einatomig auftreten. Außerdem leidet das sonst gut angelegte Buch bedenklich unter einer Anzahl von Fehlern, die hier im einzelnen nicht aufgezählt werden sollen.

Dr. Isberg.

Leitfaden der praktischen Chemie. Von Dr. HANS VALENTIN. Eberswalde 1927, Verlagsgesellschaft R. Müller m. b. H. 112 Seiten. Kartoniert. Preis RM 2.80.

Der Leitfaden, der als Lehrbuch mit praktischen Versuchen für den Unterricht an höheren Schulen und für den Selbstunterricht erschienen ist, geht fast durchweg systematisch vor. Im ersten Teil eines Kapitels wird eine Reihe von Versuchen angegeben, im zweiten werden diese im Zusammenhang besprochen und ausgewertet. Leider kann sich diese Anlage im Sinne eines Arbeitsunterrichts nicht auswirken, da zu der Versuchsbeschreibung gleichzeitig die Beobachtungsergebnisse und die Folgerungen aus ihnen hinzugefügt sind. Die Stoffbeschränkung, die das Buch sich auferlegt, ist im anorganischen Teil bis auf die Kapitel Atome und Moleküle, Wertigkeit und Iontentheorie, die zu kurz und ohne experimentelle Begründung geboten werden, treffend gewählt, auch die Versuche sind gut ausgelesen und mit einfachen Mitteln durchzuführen. Der organische Teil erscheint mir nach dem Rahmen, in dem der anorganische gehalten ist, in manchem zu weit zu greifen, bietet aber alles Notwendige, vor allem das praktisch Wichtigste, ausgezeichnet dar. Daß dem Buch jegliche Abbildung fehlt, macht sich weniger bei den eingehend beschriebenen Versuchsanordnungen als bei der Beschreibung technischer Anlagen (Hochofen, Bleikammerverfahren) nachteilig bemerkbar. Die Geschichte der Chemie und ihre Bedeutung in der Weltwirtschaft, insbesondere auch der deutsche Anteil an der chemischen Forschung, hat bei dem engen Rahmen, in dem das Buch gehalten ist, nur wenig Berücksichtigung finden können.

In den Einzelheiten ist der Leitfaden sehr gut durchgearbeitet. Er ist, trotzdem er methodisch einige Forderungen unbefriedigt läßt, empfehlenswert, weil das, was geboten wird, das Wichtigste ist, was der Schüler von der Chemie wissen muß, und leicht faßlich dargestellt ist. Daran ändern auch einige kleine Fehler nichts, die sich eingeschlichen haben. *Dr. Isberg.*

Handbuch der anorganischen Chemie. In vier Bänden von R. ABEGG, FR. AUERBACH und I. KOPPEL. Vierter Band, dritte Abteilung. Die Elemente der 8. Gruppe des periodischen Systems. Erster Teil: die Edelgase. Von EUGEN RABINOWITSCH, 522 Seiten. Leipzig 1928, S. Hirzel. Preis geb. RM 48.—

Wenn schon das ganze Werk auf die physikalische Chemie besonderen Wert legt, so muß sich eine Darstellung der Edelgase naturgemäß fast ganz auf die Beschreibung der physikalischen Eigenschaften beschränken. Die Lehre vom Atombau hat die Grundlage zur Stoffanordnung gegeben, derart, daß der Mechanismus der Entstehung der Edelgase den leitenden Gesichtspunkt abgibt. Auf Vorkommen, Darstellung, Nachweis und Anwendung der Edelgase folgen die Kerneigenschaften (Isotopie, Kernbau, Kernumwandlung) und dann die atomaren Eigenschaften, die der äußeren Elektronenhülle ihren Charakter verdanken, insbesondere die Spektrallinien und chemischen Eigenschaften. Darauf folgen die molekularen Eigenschaften, zu deren Verständnis das Atom der klassischen Atomtheorie ausreicht. (Gasdichte, Effusion, innere Reibung, Diffusion, Wärmeleitung, Zustandseigenschaften, Löslichkeit, Adsorption.)

Eine ganze Fülle von hochinteressanten Problemen der Atomphysik hat in diesem Bande eine hervorragend klare, auf große Zusammenhänge gerichtete Darstellung gefunden. Einige Beispiele aus dem umfangreichen Stoff mögen dem Leser als Stichproben dienen. Es wird gezeigt, daß die Existenz des hypothetischen Geokoroniums von ALFRED WEGENER, eines Edelgases, das leichter sein sollte als Neon und schwerer als Helium, aus empirischen, wie aus atomtheoretischen Gründen als ausgeschlossen betrachtet werden muß. — Bei der Verbreitung der Edelgase im Weltall wird die Theorie der Sternspektren von SAHA besprochen, die die Änderungen in den Spektren ohne die früher angenommene Änderung in der chemischen Zusammensetzung der Sterne, also ohne Elementarzerfall und -Aufbau, allein durch die Berücksichtigung der Anregungsbedingungen des Spektrums erklärt. — Besondere Beachtung verdient die durch zahlreiche Tabellen und graphische Darstellungen erläuterte Beschreibung der Edelgaspektren und ihrer Termsysteme. — Die vorübergehende Existenz einer He_2 -Molekel, die eine Verbindung zweier angeregter Heliumatome (Anregungspotential nicht unter 20 Volt) darstellt, ist sichergestellt; ziemlich sicher ist auch die Existenz eines Quecksilberhelids, denn die angeregten Heliumatome besitzen ein nur lose gebundenes Valenzelektron und verhalten sich daher chemisch etwa wie Lithiumatome. — Argon, Krypton, Xenon bilden Hydrate, deren Zusammensetzung und Stabilität derjenigen der gleichflüchtigen mehratomigen Gase entspricht. — Das über 50 Seiten einnehmende Literaturverzeichnis stellt eine nach den Abschnitten des Buchtextes geordnete Bibliographie von größter Vollständigkeit und wohlthuender Übersichtlichkeit

dar und ist bis zum Anfang des Jahres 1927 durchgeführt. — Der neue Band des ausgezeichneten Handbuchs reiht sich würdig an die früheren Bände an und führt das Werk seiner Vollendung wieder ein Stück näher. *Dm.*

Die Welt der vernachlässigten Dimensionen. Eine Einführung in die Kolloidchemie von WOLFGANG OSTWALD. 9. und 10. umgearbeitete und vermehrte Auflage. 325 Seiten mit 43 Abbildungen und 7 Tafeln. Dresden 1928, Theodor Steinkopff. Preis RM 12.—

Das in dieser Zeitschrift wiederholt besprochene weitverbreitete Buch ist einer gründlichen Neubearbeitung unterzogen worden und hat insbesondere bei den Anwendungen der kolloidchemischen Probleme in der Technik und im täglichen Leben wesentliche Erweiterungen erfahren. Dem Lehrer der Chemie kann es durch seine überaus anschauliche und lebensnahe Darstellung der Kolloidchemie ein vorbildlicher Führer für seinen Unterricht sein, der in der chemischen Handbücherei nicht fehlen sollte. *Dm.*

Das Gesetz der chemischen Massenwirkung, seine thermodynamische Begründung und Erweiterung. Von RICHARD LORENZ, Dr. phil., Dr. Ing. e. h., o. ö. Professor und Direktor des Instituts für physikalische Chemie der Universität Frankfurt a. M. X und 176 Seiten. Mit 13 Figuren im Text. Leipzig 1927, Leopold Voß. Preis geb. Rm 14.50.

Das anregend, mit Kritik und glänzenden historischen Kenntnissen geschriebene Buch zerfällt der Hauptsache nach in zwei Teile: das klassische Massenwirkungsgesetz, das die Gültigkeit der Gasgesetze voraussetzt, und seine moderne Erweiterung, namentlich auf kondensierte Systeme.

Das klassische Massenwirkungsgesetz ist, wie ohne weiteres verständlich, ein „Grenzgesetz“, das unzählig oft in Gasen (Ammoniak-, Schwefeltrioxyd-, Chlor-Darstellung!) und in verdünnten Lösungen (Verteilungsgesetz, Ionengleichgewichte bei schwachen Elektrolyten, Löslichkeitsbeeinflussung in sehr verdünnten Lösungen!) der Wissenschaft und der Technik unschätzbaren Dienst geleistet hat. Zu diesem Teil des Buches ist kaum etwas zu bemerken, als daß es leicht verständlich und geistreich geschrieben ist und jedem Lehrer eine Fülle von Anregungen gibt. Die Auswahl der Beispiele ist ganz persönliche Angelegenheit. Der Referent zieht als lehrreichstes im Gebiete der verdünnten Lösungen die Hydrolyse des Chlors ($\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$) allen anderen vor, weil man mit ganz verschiedenen einfachen Methoden, nämlich Verteilung, Leitvermögen und neuerdings mit der zum Verstehen einfachsten, nämlich Kryoskopie in verfeinerter Form, zu den gleichen Resultaten gekommen ist, und weil die Hydrolyse und Ionengleichgewichte in hübschster Weise Hand in Hand gehen. Dies lehrreiche Beispiel bringt der Verfasser nicht.

Erheblich schwieriger ist der zweite Teil des Buches mit seinen thermodynamischen Exkursen,

die auch ein Fachmann sehr langsam lesen wird, mit der zuerst vom Verfasser und seinem Freunde VAN LAAR, dem das Buch gewidmet ist, durchgeführten Erweiterung auf kondensierte Systeme und der Diskussion der Dampfdruckformeln für binäre Systeme, wo es dem Verfasser gelingt, zwei ganz verschiedene, feindliche Richtungen unter einen Hut zu bringen. Dies Gebiet ist zum guten Teil Neuland, wo erst wenig Material vorliegt; es ist das eigenste Arbeitsgebiet des Verfassers. Das geistreiche, aber im zweiten Teil nicht einfache Buch bringt für Lehrer an höheren Schulen, wo in den Oberklassen Chemie und Physik eingehender behandelt werden, eine Fülle von Anregungen.

W. A. Roth.

Leitfaden der Chemie. Von K. SCHEID. I. Teil. Unterstufe. 8. Auflage. Leipzig 1928, Quelle & Meyer. Preis geb. RM 2.60. II. Teil. Oberstufe. 6. Auflage. 1928. Preis geb. RM 4.80.

Die Neuauflage beider Teile dieses bekannten Unterrichtswerkes ist in der Gesamtanlage unverändert geblieben, einzelne Kapitel haben aber eine weitgehende Umarbeitung und Erweiterung erfahren. Es sind dies in der Unterstufe namentlich die Kapitel über die heute auch technisch-wirtschaftlich so wichtigen anorganischen Stickstoffverbindungen und einige Metalle. In der Oberstufe wurde die Bedeutung der allgemeinen Chemie noch stärker betont. Gebiete der wissenschaftlichen wie auch technischen Chemie, die in starker Entwicklung begriffen sind, wurden dem neuesten Stand der Forschung entsprechend umgearbeitet oder neu eingefügt. Große Kreul.

Grundzüge der Chemie für Gymnasien. Von SEIDELMANN-LEHMANN. 68 Seiten. Leipzig 1928. Quelle & Meyer. Preis geb. RM 1.80.

Schon aus dem Titel geht hervor, daß das Buch nur für den Gebrauch an Gymnasien bestimmt ist. Zugrunde gelegt sind die Richtlinien des Bayerischen Ministeriums für Unterricht und Kultus von 1927. Das Buch zeigt in seinem Aufbau eine große Willkür, ist rein darbietend gehalten und enthält nur eine kleine Anzahl von Demonstrationsversuchen. Für eigene Erarbeitung des Stoffes durch den Schüler ist kein Raum gelassen, die Fülle der Tatsachen muß auf ihn verwirrend wirken. Die theoretischen Kapitel über Atome und Moleküle, sowie die dahingehörenden Gesetze werden besprochen, ohne sie durch einen einzigen Versuch zu belegen. Aus dem Sinken der austarierten Waage, auf deren einen Seite sich an einem Magneten Eisenpulver befindet, beim Bestreichen des Pulvers mit dem Bunsenbrenner wird z. B. geschlossen, daß das Gewicht chemischer Verbindungen gleich der Summe der Atomgewichte ist. Auch in methodischer Hinsicht läßt das Buch zu wünschen übrig. Vor der Besprechung des Schwefels werden die Sulfate benutzt und ähnliches mehr. Auch halte ich es für verfehlt, die Begriffe Oxyde, Säuren, Basen und Salze zu bringen, bevor auch nur ein einziges Element besprochen ist.

Die Verfasser haben sich bemüht, das Wesentliche der anorganischen Chemie möglichst gedrängt und leicht faßlich darzubieten. Die beiden letzten Kapitel: Zellulose, Stärke und Zucker, sowie Öle und Fette, sollten besser fehlen, da jegliche Grundlage der organischen Chemie fehlt. Sehr gut sind die bunten Tafeln mit den Abbildungen der Mineralien, die allerdings aus anderen Werken übernommen sind. Dr. Isberg.

Ferdinand Hirts Tatsachen- und Arbeitshefte. Dritte Gruppe: Naturkunde. Von ERICH KLOSS und WILHELM HOPPE. Fünftes Heft: Chemie. 36 Seiten. Breslau, Ferdinand Hirt. Steif geheftet RM 0.60.

Der Verfasser WILHELM HOPPE versucht mit außerordentlich einfachen Mitteln, die vorzüglich gewählt sind und manchem, der sich in ähnlicher Weise beschränken muß, wertvolle Fingerzeige geben können, durch Schülerversuche und Denkaufgaben dem Anfänger die Grundlagen der Chemie näher zu bringen. Neben der unmittelbaren Beobachtung wird aber auch Wert auf das Einprägen gelegt, damit ein festes Wissen geschaffen wird. In der anorganischen Chemie werden die auch im täglichen Leben wichtigsten Beispiele, in der organischen Zucker, Stärke, die Gärung und das Leuchtgas behandelt. Das kleine Büchlein dürfte da, wo man mit sehr einfachen Mitteln auskommen muß, besonders empfehlenswert sein. Dr. Isberg.

Lehrbuch der organischen Chemie. Von Prof. Dr. P. KARRER. Leipzig 1928, G. Thieme. 884 Seiten. Geh. RM 34.—; geb. RM 36.—.

Das Lehrbuch der organischen Chemie von KARRER ist aus Vorlesungen entstanden, die der Verfasser viele Jahre hindurch an der Universität Zürich gehalten hat. Es ist für Studenten geschrieben und soll ihnen das Eindringen in die weitverzweigte moderne Chemie erleichtern. Zu dem Zweck ist methodisch die herkömmlichste, noch heute beste Art der Einteilung in aliphatische, karbozyklische und heterozyklische Verbindungen gewählt worden, die aber nicht zur starren Fessel wird, sondern gelegentlich durchbrochen wird, wenn verwandtschaftliche Beziehungen von Körperklassen es erfordern. Auch die Anordnung des Stoffes innerhalb der drei Gruppen ist zum Teil neuartig und rationell. Allerdings sollte man die Theorie der Gärung wohl besser bei den Kohlehydraten behandeln, wenn die mehrwertigen Alkohole, Aldehyde, Ketone und Säuren besprochen sind, anstatt beim Äthylalkohol. Dagegen müßte wegen der nahen Beziehungen zum Harnstoff und Guanidin die Puringruppe im Anschluß an diese und nicht erst bei den heterozyklischen Ringsystemen behandelt werden.

Sehr erleichtert wird das Verständnis der einzelnen Körperklassen dadurch, daß fast stets bei einem oder mehreren Vertretern die Synthese, die Konstitutions- und Konfigurationsbestimmung erörtert wird. Immerhin erscheint der Umfang des Buches es mehr zu einem Nachschlagebuch als zu einem Lehrbuch für Studenten zu stempeln,

da es stofflich viel zu weit geht, so daß darüber zuweilen die große Linie verwischt wird.

Im einzelnen bietet das Buch eine umfassende Übersicht über die organischen Verbindungen, führt in ihre Technologie und wirtschaftliche Bedeutung, die durch umfangreiche Tabellen belegt wird, ein und deutet auch hin und wieder Beziehungen zwischen chemischer Konstitution und pharmakologischer Wirkung an. Nicht genügend betont ist die allgemeine Anwendbarkeit gewisser organisch-chemischer Arbeitsmethoden, die zwar zur Darstellung vieler Stoffe benutzt werden, aber nicht als große Richtschnur, die das Einarbeiten erleichtert, dienen. Im Vergleich zu andern Lehrbüchern, deren der Student sich vorzugsweise bedient, sind die Farbstoffe und Alkaloide besonders eingehend behandelt, während die Geschichte der organischen Chemie ziemlich kurz abgetan wird. Recht wertvoll erscheinen die zahlreichen Tabellen physikalischer Konstanten, die gesetzmäßige Änderungen innerhalb homologer Reihen erkennen lassen.

Der klare Druck auf weißem Papier und die übersichtliche Anordnung macht das Buch leicht lesbar, und als kleines Nachschlagewerk für Lehrer und Studenten wird es sicher günstige Aufnahme finden.

Dr. Isberg.

Chemisches Experimentierbuch. Unter besonderer Berücksichtigung agrikulturchemischer Versuche für höhere und landwirtschaftliche Lehranstalten, von Prof. J. BÜTTNER. 64 Seiten. Leipzig 1928, Quelle & Meyer. Kartoniert RM 2.—.

Das chemische Experimentierbuch, das nach systematischen Gesichtspunkten geordnet ist, bietet eine Fülle von Versuchen, die gefahrlos von den Schülern durchgeführt werden können. Bei geeigneter Auswahl ist es wohl auch in manchen Schulgattungen zu verwenden. Für die Oberstufe der Realanstalten vermissen ich jedoch eine große Anzahl von Versuchen, die wir besonders zur Begründung allgemeiner Gesichtspunkte nicht

entbehren können. Hinzu kommt, daß die Anweisungen zum Teil zu allgemein gehalten sind, eine genauere Beschreibung der Versuchsanordnung dürfte für den Schulgebrauch insbesondere erwünschter sein. Die agrikulturchemische Seite des Buches ist seine Stärke, derartige Untersuchungen fehlen in den Anleitungen leider sonst fast stets. Für Landwirtschaftsschulen wird es daher besonders empfehlenswert sein, aber bei weiser Beschränkung und der nötigen Erweiterung, besonders auf quantitativem Gebiet, auch in höheren Schulen mit Vorteil benutzt werden können. *Dr. Isberg.*

Anleitung zur qualitativen Analyse. Von E. SCHMIDT. Herausgegeben und bearbeitet von J. GADAMER. Zehnte, verbesserte Auflage. VI, 114 Seiten. Berlin 1928, Julius Springer. Preis brosch. RM 5.60.

Eine 11 Seiten umfassende Einleitung behandelt kurz diejenigen Kapitel der allgemeinen Chemie, die für das Verständnis der analytischen Reaktionen wichtig sind: die Ionenlehre, das Gesetz der chemischen Massenwirkung sowie einiges über kolloide Lösungen. Nachdem dann in genügender Ausführlichkeit die Reaktionen der wichtigeren Kationen und Anionen besprochen sind, folgen die Methoden der qualitativen Untersuchung von Substanzen: Vorprüfungen, Aufschließung oder Auflösung usw. Auf die Klärlegung des Verhaltens der Basen und Säuren gegen die Gruppenreagenzien wird besonderes Gewicht gelegt. Der Text wird durch ausführliche und mit großer Sorgfalt zusammengestellte Tabellen ergänzt, wodurch namentlich dem Anfänger eine klare Übersicht über die Trennungsmethoden geboten wird. Zahlreiche Anmerkungen machen auf Komplikationen und die Möglichkeit von Irrtümern aufmerksam. Ein Anhang bringt dann noch die Reaktionen einer ganzen Reihe von selteneren Elementen und die Grundzüge für den Gang einer Analyse von Mineralien, die selteneren Elemente enthalten. *Große Kreul.*

Korrespondenz.

Berichtigungen zu dem Aufsatz 42, 97; 1929: F. RUSCH, Zur Dynamik der Molekularbewegung.

Auf S. 104, Zeile 2 von oben muß es heißen: wobei $v_a = \rho \omega$ die Lineargeschwindigkeit einer unendlich schmalen äquatoralen Kugelzone bedeutet. Da für irgendeinen Breitengrad φ die entsprechende Lineargeschwindigkeit

$$v = (\rho \cos \varphi) \cdot \omega = v_a \cos \varphi,$$

so wird der Wert des Integrals der ersten Zeile

$$\frac{8\pi}{3} \eta \left(\rho^3 \frac{\partial v_a}{\partial \rho} \right),$$

folglich die partielle Differentialgleichung:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\eta}{d} \frac{1}{\rho^3} \frac{d}{d\rho} \left(\rho^3 \frac{d(\rho \omega)}{d\rho} \right) = 0$$

usw. Endlich wird $v = v_0 \frac{r^2}{\rho^2} \cos \varphi$

und somit $\lambda_0 \frac{16\pi}{3}$.

Herr Studienrat Dr. H. HERMANN in Tübingen hat mich dankenswerterweise auf Ungenauigkeiten hingewiesen. Ich glaube, sie dürften behoben werden, wenn ich zu Seite 100 folgendes bemerke:

Das kolloidale Teilchen empfängt innerhalb der Zeit $t = n \Delta$ (wobei Δ die sehr kleinen Zeiten, in denen Molekülstöße ausgeführt werden), die Anfangsgeschwindigkeiten $u_0, u_1 \dots u_n$.

Für sie setzt man ein über eine große Zeit genommenes Quadrat. Mittel $U = \sqrt{M(u_0^2)}$.

Dann ist

$$s^2 = \left(\frac{U}{2\delta} \right)^2 \left[(1 - e^{-2\delta s})^2 + (1 - e^{-2\delta s})^2 + \dots \right]$$

Die Summe ersetze ich hier schon (wegen des Folgenden in meiner erwähnten Darstellung)

durch das Integral $\frac{1}{\Delta} \int_0^t (1 - e^{-2\delta t})^2 \cdot dt$.

Ebenso wird das mittlere Geschwindigkeitsquadrat des Teilchens $v^2 = \frac{U^2}{\Delta} \int_0^t e^{-4\delta t} dt$, das nach dem Satz von der gleichmäßigen Energieverteilung gleich ist $\frac{kT}{M}$ (denn das Teilchen, das mit seiner Umgebung im thermischen Gleichgewicht, besitzt pro Freiheitsgrad die mittlere Energie $\frac{kT}{2}$).

Man erhält also

$$\frac{s^2}{\frac{kT}{M}} = \frac{\int_0^t (1 - e^{-2\delta t})^2 dt}{4\delta^2 \int_0^t e^{-4\delta t} dt}$$

Das Zählerintegral wird für $t > \left(\frac{1}{2\delta} = \Theta\right)$ gleich t

und das Nennerintegral $\frac{1}{4\delta}$.

$$\text{Somit } s^2 = \frac{kT \cdot t}{M \cdot \delta} = \frac{2kT \cdot \Theta \cdot t}{M} = \frac{kT \cdot t}{3\pi r \cdot \eta}$$

$\frac{1}{2\delta} = \Theta$ ist eine für die Bewegung des Teilchens charakteristische Zeit. Sie wird z. B. für das erwähnte Gummigutt-Teilchen in Wasser bei 20°:

$$\Theta = \frac{M}{6\pi r \cdot \eta} = \frac{6 \times 10^{-13} \text{ gr}}{6\pi \times 0,5 \times 10^{-4} \text{ cm} \times 0,0103 \text{ gr cm}^{-1} \text{ sec}^{-1}} = 6,17 \times 10^{-8} \text{ sec.}$$

Es sei mir hier gestattet, noch einen störenden Rechenfehler zu berichtigen. Bei der Berechnung der mittleren Verschiebung des Gummigutt-Teilchens ist für die BOLTZMANN-Konstante ($k = \frac{R}{N}$) irrtümlich $k = 1,373 \times 10^{-6}$ statt $k = 1,373 \times 10^{-16}$ gesetzt (obwohl $N = 6,06 \times 10^{23}$ und $R = 8,316 \times 10^7$ im Text richtig angegeben sind). Infolge der Berichtigung wird daher $s = 2,88 \times 10^{-5} \text{ cm} = 0,288 \mu$.

F. Rusch.

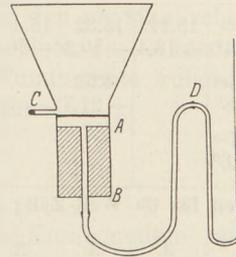
Bemerkung zu der Kleinen Mitteilung 42, 163; 1929; O. EHRHARDT, Eine Abänderung des TEEGESHEN Bodendruckapparates. Von Oberstudienrat Prof. Dr. A. SCHLAMP in Darmstadt (Ludwig-Georgs-Gymnasium).

Die von Herrn Oberrealschuldirektor Dr. O. EHRHARDT in Karlsruhe in dieser Zeitschrift beschriebene Abänderung des TEEGESHEN Bodendruckapparates veranlaßt mich, ein seit längerer Zeit von mir benutztes und bewährtes Modell zu empfehlen.

In den meisten physikalischen Sammlungen befinden sich Bodendruckapparate, bei denen der Verschluß des Druckgefäßes mangelhaft arbeitet. In unserer Sammlung fand sich ein von der

¹ Man kann die Einsteinbeziehung also auch darstellen durch $\frac{M}{2} \left(\frac{s}{t_m}\right)^2 = kT$, wobei die mittlere Zeit $t_m = \sqrt{\Theta \cdot t}$.

Firma Leybolds Nachfolger in Köln bezogener Bodendruckapparat, bei dem der wasserdichte Verschluß durch Quecksilber hergestellt wurde. Die Handhabung aller dieser Apparate ist umständlich und das Ergebnis schließlich doch nicht recht befriedigend. Ohne große Kosten ließ sich aber das vorgefundene Modell in ein sicher und bequem arbeitendes umwandeln. Der Verschluß des Druckgefäßes wird durch eine Metallkapsel gebildet, die oben durch eine Gummimembran verschlossen ist (siehe die Figur). Die Kapsel besitzt unten ein enges Metallröhrchen, das durch einen passenden Gummischlauch mit einem offenen



Wassermanometer in Verbindung steht. Die Kapsel und das Ansatzröhrchen sind mittels eines dicht schließenden Gummistopfens in dem Glasrohr AB befestigt. Die Entleerung der aufgesetzten Gefäße findet durch das seitlich angebrachte Röhrchen C statt. Bei der Ausführung der Versuche hat man darauf zu achten, daß die benutzten Wassermengen immer dieselbe Temperatur haben. Sollte das Manometer vor dem Füllen eines Gefäßes nicht auf Null zeigen, so kann durch Lösen des Schlauches bei D dieser Zustand schnell herbeigeführt werden. Die Firma Ehrhardt & Metzger Nachfolger, Inhaber: K. Friedrichs, in Darmstadt ist bereit, die Umänderung auszuführen.

Lehrgänge in Photographie der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Die Staatliche Hauptstelle veranstaltet in Hessen-Nassau, Ostpreußen, Pommern und Schleswig-Holstein fünftägige Lehrgänge in Photographie für Lehrer und Lehrerinnen aller Schularten. In Frankfurt a. M., Königsberg i. Pr., Insterburg, Allenstein und Marienwerder sind 7 Lehrgänge in den Monaten Juni und August abgehalten worden. Vom September an folgen die Lehrgänge: Köslin, 2. bis 6. September; Stettin, 9. bis 13. September und 16. bis 20. September; Greifswald, 23. bis 27. September; Kiel, 21. bis 25. Oktober; Schleswig, 28. Oktober bis 1. November; Altona, 4. bis 8. November.

Die Meldungen um Zulassung zu den Lehrgängen sind an die zuständigen Provinzialschulkollegien bzw. an die Regierungen zu richten. Diese Stellen machen die genaueren Angaben durch Verfügungen bekannt. Die Teilnahme an den Lehrgängen ist gebührenfrei.

Himmelserscheinungen im November und Dezember 1929.

W. Z.: Welt-Zeit = Bürgerl. Zeit Greenwich. 0h W. Z. = Mitternacht bürgerl. Zeit Greenwich.
 Stundenzählung von 0h bis 24h. M. E. Z. = Bürgerl. Zeit Stargard = W. Z. + 1h.

W. Z. 0h	November						Dezember						Jan.
	2	7	12	17	22	27	2	7	12	17	22	27	1
♃	AR 13h 32m	14.1	14.32	15.3	15.35	16.7	16.40	17.14	17.49	18.24	18.58	19.32	20.2
	D -7,5°	-10,7	-13,8	-16,7	-19,3	-21,5	-23,3	-24,6	-25,3	-25,5	-25,0	-23,9	-22,2
♀	AR 13h 1m	13.24	13.47	14.11	14.35	15.0	15.25	15.51	16.17	16.43	17.10	17.37	18.5
	D -4,8°	-7,1	-9,4	-11,7	-13,8	-15,8	-17,6	-19,2	-20,6	-21,7	-22,6	-23,2	-23,5
♁	AR 14h 27m	14.47	15.7	15.27	15.48	16.9	16.31	16.52	17.14	17.36	17.59	18.21	18.43
	D -14,5°	-16,1	-17,5	-18,8	-20,0	-21,0	-21,9	-22,5	-23,0	-23,3	-23,4	-23,4	-23,1
♂	AR 15h 3m	15.17	15.32	15.46	16.1	16.17	16.32	16.48	17.3	17.19	17.36	17.52	18.8
	D -17,4°	-18,4	-19,3	-20,2	-21,0	-21,7	-22,3	-22,9	-23,3	-23,7	-23,9	-24,1	-24,1
♃	AR 4h 56m		4.52		4.46		4.41		4.35		4.30		4.25
	D +21,8°		+21,7		+21,6		+21,4		+21,2		+21,1		+21,0
♃	AR 17h 47m				17.56				18.6				18.16
	D -22,6°				-22,6				-22,6				-22,6

Δ = Sternzeit für 0h Welt-Zeit; für östl. bzw. westl. Länge λ^0 v. Greenwich: $\mp \lambda \cdot 0.657^s$
 Zeitgl. = Mittl. Z. - Wahre Z.

Δ	2h	3.	3.	3.	4.	4.	5.	5.	5.	6.	6.	6.	
	Zeitgl.	43m 7s	2.50	22.33	42.15	1.58	21.41	41.24	1.7	20.49	40.32	0.15	19.58
	-16m 20s	-16.16	-15.52	-15.6	-14.0	-12.33	-10.48	-8.47	-6.33	-4.10	-1.43	+0.47	+3.13

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ©-Randes. M. E. Z.

Aufg.	6h 59m	7.9	7.18	7.27	7.36	7.44	7.51	7.58	8.4	8.8	8.11	8.13	8.14
© Unterg.	16h 28m	16.18	16.10	16.3	15.57	15.51	15.47	15.45	15.44	15.44	15.46	15.49	15.54

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ©-Randes. M. E. Z.

Aufg.	8h 1m	13.16	14.50	16.8	21.38	3.8	9.27	12.31	13.21	16.21	23.39	4.49	9.46
© Unterg.	16h 45m	20.9	1.4	7.58	13.12	14.24	16.10	21.30	2.31	9.40	12.8	13.16	17.25

Mondphasen W. Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Nov. 1. 12h 0,9m Dez. 1. 4h 48,4m „ 30. 23h 41,7m	Nov. 9. 14h 9,8m Dez. 9. 9h 41,7m	Nov. 17. 0h 14,2m Dez. 16. 11h 38,2m

Verfinsterungen der Jupitertrabanten I, II, III, IV. E: Eintritt, A: Austritt. W. Z.

I		II		III		IV
Nov. 2. 0h 0,6m E	Dez. 2. 2h 7,9m E	Nov. 2. 17h 52,1m E	Nov. 6. 0h 50,9m E			
„ 3. 18h 29,2m E	„ 3. 20h 36,7m E	„ 9. 20h 26,4m E	„ 6. 3h 7,8m A			
„ 9. 1h 55,1m E	„ 3. 22h 48,4m A	„ 16. 23h 0,8m E	„ 13. 4h 50,6m E			
„ 10. 20h 23,7m E	„ 5. 17h 17,1m A	„ 24. 1h 35,3m E	Dez. 4. 16h 49,7m E			
„ 16. 3h 49,7m E	„ 11. 0h 43,5m A	Dez. 1. 4h 9,8m E	„ 4. 19h 11,2m A			
„ 17. 22h 18,3m E	„ 12. 19h 12,2m A	„ 4. 19h 52,1m A	„ 11. 23h 13,1m A			
„ 19. 16h 47,0m E	„ 18. 2h 38,7m A	„ 11. 22h 27,1m A	„ 19. 3h 14,8m A			
„ 25. 0h 13,0m E	„ 19. 21h 7,5m A	„ 19. 1h 2,3m A				
„ 26. 18h 41,8m E	„ 25. 4h 34,1m A	„ 26. 3h 37,7m A				
	„ 26. 23h 2,9m A	„ 29. 16h 55,4m A				
	„ 28. 17h 31,8m A					

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite v. Berlin. Länge v. Stargard.

M. E. Z.	♃	♀	♂	♃	♃
Nov. 2.	A 5,4h Dm 6,2h	A 4,7h Dm 6,6h	—	A 18,0h Dm 6,0h	Da 17,7h U 18,9h
„ 12.	A 6,3h Dm 6,5h	A 5,2h Dm 6,9h	—	A 17,3h Dm 6,3h	Da 17,4h U 18,3h
„ 22.	—	A 5,8h Dm 7,2h	—	Da 17,0h Dm 6,6h	Da 17,2h U 17,7h
Dez. 2.	—	A 6,3h Dm 7,4h	—	Da 16,8h Dm 6,9h	Da 17,0h U 17,2h
„ 12.	—	A 6,8h Dm 7,7h	—	Da 16,7h Dm 7,1h	—
„ 22.	—	A 7,2h Dm 7,8h	—	Da 16,8h U 6,5h	—
Jan. 1.	Da 16,7h U 17,3h	A 7,6h Dm 7,8h	—	Da 16,9h U 5,8h	—

A = Aufgang; U = Untergang; Da und Dm = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

W. Z. Jupiter in Opposition Dez. 3. 23h. Mars in Konjunktion Dez. 3. 8h.
 Wintersonstium: Dez. 22. 7h 53m. Perigäum Jan. 1. 8h.

A. Weill.

Für die Redaktion verantwortlich: Ministerialrat Professor Dr. K. Metzner, Berlin W 8.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Univ.-Druckerei H. Stürtz A.G., Würzburg.