

Zeitschrift für angewandte Chemie

und

Zentralblatt für technische Chemie.

XXIV. Jahrgang.

Heft 49.

8. Dezember 1911.

Der naturwissenschaftliche Unterricht auf praktisch-heuristischer Grundlage.

Von Dir. Dr. Fr. Dannemann.

(Eingeg. d. 11./10. 1911.)

Die Wuppertaler Ortsgruppe des Vereins deutscher Chemiker veranlaßte mich, im Sommer 1911 an einem Vereinsabend einen Vortrag über die neuen Bestrebungen auf dem Gebiete des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu halten. Auf Wunsch des Vorstandes haben meine damaligen Ausführungen an dieser Stelle Platz gefunden. Es handelt sich im wesentlichen um eine gedrängte Darstellung der von mir an manchen anderen Stellen gegebenen Anregungen. Da ich mich hierbei fast ausschließlich auf pädagogische Zeitschriften beschränkte, so ist die Annahme wohl gestattet, daß mein Bericht dem Leserkreis dieser Z. manches Neue bieten werde. Auch der Umstand, daß alle Kreise, die sich mit der Anwendung der Naturwissenschaften in der Heilkunde und in der Technik befassen, seit Jahren den Fortschritten des naturwissenschaftlichen Unterrichts das größte Interesse entgegenbringen und sogar eine kräftige Initiative zur Förderung dieses für die moderne Kultur so wichtigen und trotzdem solange vernachlässigten Unterrichtes entfalten, ermutigt mich, meinen Vortrag einem weiteren Kreise zur Kenntnis zu bringen.

Einen auf Anschauung gegründeten naturwissenschaftlichen Unterricht sehen wir erst im 19. Jahrhundert aus bescheidenen Anfängen heraus sich entwickeln. Wie es im 18. Jahrhundert in dieser Hinsicht bestellt war, ersieht man aus einer Mitteilung Goethes in der Geschichte seiner botanischen Studien. Goethe sagt dort, man habe in seiner Jugend gar nicht daran gedacht, Naturgeschichte in der Schule zu lehren. Geschah es dennoch hier und dort, so bestand das Verfahren darin, durch geeignete Lesestücke „gemeinnützige Kenntnisse“ zu vermitteln. Erst im Laufe des 19. Jahrhunderts wagt sich der Gedanke hervor, daß der naturwissenschaftliche Unterricht berufen sei, als wertvolles Erziehungsmittel den Unterricht in der Literatur, Geschichte, Sprachwissenschaft und Mathematik zu ergänzen. Und um die Anerkennung, daß die Naturwissenschaften nach Inhalt und Wirkung jenen Lehrgegenständen gleich zu achten seien, hat bis in die neueste Zeit gerungen werden müssen.

Die Einführung der Naturwissenschaften als ein für alle Schulen verbindlicher Lehrgegenstand erfolgte in Preußen erst durch die Lehrpläne vom Jahre 1816. Die Durchführung scheiterte indessen

fast überall daran, daß es an geeigneten Lehrkräften fehlte. Solche ließen sich nur durch eine Hebung des Universitätsunterrichtes heranbilden. Für diesen erfolgte seit den zwanziger Jahren durch die Gründung von Laboratorien ein ähnlicher Schritt, wie man ihn jetzt für die höheren Schulen durch die allgemeine Einführung der Schülerübungen zu unternehmen beabsichtigt. In dem Maße, in dem sich die Universitäten und die technischen Schulen des neuen Bildungsmittels bedienten, haben die wissenschaftliche Forschung und die Technik sich in Deutschland weiter entwickelt. Dagegen hat der naturwissenschaftliche Unterricht an den höheren Schulen zunächst keine rechten Früchte gezeitigt. Erst durch das Emporblühen der Realschulen trat hier eine auch das Gymnasium beeinflussende Wandlung zum Besseren ein.

Die Lehrpläne von 1882 umgrenzten für sämtliche Arten der höheren Schulen den Stoff für den naturwissenschaftlichen Unterricht in einer Weise, die bis heute im großen und ganzen maßgebend geblieben ist. Dem Gymnasium wurde die Aufgabe zuteil, die Naturkunde während der ersten fünf Jahre wöchentlich zwei Stunden zu lehren und in den höheren Klassen die gleiche Zeit auf die Naturlehre zu verwenden. Auch das Realgymnasium und die Oberrealschule wurden 1882 mit der im allgemeinen noch geltenden Stundenzahl für den naturwissenschaftlichen Unterricht bedacht. Für die realistischen Anstalten brachten die Pläne von 1882 eine einschneidende Änderung dadurch, daß der Unterricht in der Biologie für die oberen Klassen beseitigt wurde. Die heutigen Bestrebungen laufen vor allem darauf hinaus, diese Maßregel, die sich in Anbetracht der außerordentlichen Entwicklung, welche die Biologie während der letzten Jahrzehnte erfahren hat, als ein bedauerlicher Rückschritt erwies, wieder aufzuheben. In den Lehrplänen von 1882 begegnen uns ferner zum ersten Male Vorschläge über den Betrieb von Schülerübungen. Zehn Jahre später wurden solche Übungen zunächst für die Oberrealschulen zu einem verbindlichen Bestandteile des Chemieunterrichtes der Prima gemacht. Auch wurde schon damals die Möglichkeit ins Auge gefaßt, derartige Übungen auf das Gebiet des physikalischen Unterrichtes auszudehnen.

Eine grundsätzliche Änderung in dem Betriebe und hinsichtlich der Ausdehnung solcher Übungen wurde im Laufe des letzten Jahrzehntes in Deutschland an einigen Schulen, in England und Amerika dagegen ganz allgemein zur Durchführung gebracht. Nach dem vorher und auch jetzt noch an den meisten Schulen üblichen Verfahren sei nämlich der naturwissenschaftliche Unterricht lediglich ein Demonstrationsunterricht. Der Lehrer stellt die Versuche an, er sichert sich durch Fragen die Anteilnahme

der Schüler an dem Verlauf der Versuche und nötigt zu Schlüssen, die neue Versuche erforderlich machen. Auch diese stellt der Lehrer an. Und so schreitet der Unterricht vorwärts. Man hat schon oft empfunden, daß die Rolle der Schüler bei diesem Verfahren eine recht passive ist. Kleine Mittel, wie die Anregung, die in der Schule gesehenen Versuche im Hause nachzumachen, können hierin wenig ändern. Der entscheidende Schritt, der sich leider in Deutschland viel zu langsam vollzieht, besteht darin, daß man den Unterricht auf die Selbsttätigkeit, auf praktische Übungen der Schüler gründet. Geht man dieser, zuerst in England einsetzenden Bewegung nach, so erkennt man, daß sie auf die Einsicht der großen Forscher zurückzuführen ist. In den Werken eines *Spencer*, *Faraday*, *Huxley*, *Tyndall* findet sich eine Reihe von Aussprüchen, welche dringend eine Änderung der bisherigen Lehr- und Erziehungsmethode fordern. „Sowohl für die Verstandesbildung, als auch für die sittliche und die religiöse Erziehung,“ sagt *Spencer*, „ist das Studium der uns umgebenden Erscheinungen außerordentlich viel wertvoller als das Erlernen von Grammatik und Vokabeln.“ Und *Huxley* schreibt: „Das bloße Erlernen aus Büchern bedeutet in den Naturwissenschaften eine Schmach und eine Verirrung. Wirkliches Wissen entspringt nur aus dem unmittelbaren Bekanntwerden mit den Tatsachen, seien es viele oder wenige.“ Auch in Deutschland haben Philosophen und Forscher in ähnlichen Ausdrücken auf die Notwendigkeit einer Fortentwicklung des Unterrichts auf Grund größerer Selbsttätigkeit hingewiesen. Allein es scheint, daß in England, wo die Pietät für geistige Bedeutung ganz besonders groß ist, solche Stimmen mehr und schneller Beachtung finden, als bei uns. Die Anregung, die Schülerübungen nicht auf die Chemie zu beschränken, sondern sie auch auf das physikalische Gebiet auszudehnen, erfolgte in Deutschland auch auf der Naturforscherversammlung vom Jahre 1890. Seitdem hat sich die Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte in stetig wachsendem Maße mit der Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts beschäftigt. Die Vorschläge der Gesellschaft wurden in mehreren Kundgebungen veröffentlicht. Die erste erfolgte im Jahre 1901. Sie ist unter dem Namen der Hamburger Thesen bekannt und befaßt sich in der Hauptsache mit dem biologischen Unterricht. Die Hamburger Thesen gipfeln in der Forderung, diesen Unterricht, wie es vor 1882 am Realgymnasium der Fall war, wieder auf alle Klassen auszudehnen. Angeregt durch die fast allgemeine Zustimmung, welche die Hamburger Thesen erfuhren, setzte die Naturforscherversammlung eine besondere Unterrichtskommission ein. Der Bericht, den diese im Jahre 1905 über die wichtigsten Fragen des naturwissenschaftlichen und des mathematischen Unterrichts erstattete (der sog. Meraner Bericht¹⁾), ist die bei weitem wichtigste ihrer Kundgebungen. Der Meraner Bericht, an dem hervorragende Schulmänner mitgearbeitet haben, fordert für den mathematischen Unterricht vor allem Stärkung des räum-

lichen Anschauungsvermögens und Erziehung zum funktionalen Denken. Ferner sei dahin zu wirken, daß der den Naturwissenschaften innewohnende Bildungswert auf den Oberklassen voll zur Geltung komme. Die Physik sei nicht als mathematische Wissenschaft, sondern als Naturwissenschaft zu betreiben. Für die physikalische und die chemische Ausbildung der Schüler seien planmäßig geordnete Übungen im eigenen Beobachten und Experimentieren erforderlich; kurz, die Erziehung der Schüler zur Selbsttätigkeit sei als die wichtigste Aufgabe zu betrachten.

Den Bemühungen, den naturwissenschaftlichen Unterricht auf Schülerübungen zu gründen, standen anfangs und stehen auch heute noch an manchen Schulen nicht geringe Schwierigkeiten entgegen. An vielen deutschen Schulen fehlt es bei den heutigen Lehrplänen an Zeit. Wie sollen sich z. B. die Gymnasien, die in der Zahl noch immer überwiegen, mit zwei Wochenstunden Naturlehre auf Schülerübungen einrichten; Günstiger stehen die realistischen Anstalten da. Lähmend wirkt hier wieder die Befürchtung, daß die Einrichtung von Übungen bedeutende Kosten für besondere Räume und Apparate, sowie die Teilung stark besetzter Klassen verursachen könne. Vor allem aber fehlt es an Übereinstimmung darin, nach welchen Gesichtspunkten Schülerübungen zu betreiben sind. Die einen wollen sie nur mit besonders strebsamen oder praktisch veranlagten Schülern vornehmen, andere wünschen, daß die Schüler nur messende Versuche anstellen; wieder andere erblicken den Hauptzweck der Übungen darin, daß die Schüler die Versuche, welche der Lehrer im Unterricht anstellte, nachmachen. Doch ist die zuletzt erwähnte Art durchaus zu verwerfen. Der Schüler soll doch zu selbständigem Denken und Handeln erzogen werden. Deshalb muß der Versuch, so einfach wie er sei, auch in der Hand des Schülers eine Frage sein, die sich an die Natur richtet. Will man also Übungen, so muß man sich über eins zunächst klar sein: Die Übungen müssen die Grundlage für den Unterricht bilden; es haben daher alle Schüler daran teilzunehmen. Und zwar muß dies, weil sich der Unterricht darauf gründen soll, von der ersten naturwissenschaftlichen Lehrstufe an geschehen. Diese tiefgreifende Reform ist ferner durchzuführen, ohne dadurch die ohnehin schon hohen Ausgaben für das Schulwesen wesentlich zu steigern. Es darf aber auch nicht dem Schüler ein Mehr an Stunden zugemutet werden. Mit anderen Worten: der sprachlich historische Unterricht ist zugunsten des naturwissenschaftlichen einzuschränken.

Um den Schüler zum selbständigen Handeln und denken zu erziehen, muß nicht nur praktisch, sondern gleichzeitig heuristisch verfahren werden. Der Grundgedanke dieses Verfahrens läßt sich in folgende Sätze fassen:

1. Lehre nie zuerst in Worten, sondern begründe das Wissen auf die eigenen Versuche der Schüler.

2. Gib einem Schüler gerade so viel Anleitung, als zur Ausführung jedes Versuches erforderlich ist.

3. Teile dem Schüler das Ergebnis seines Versuches nicht zuvor mit.

Für dies Verfahren, das ich als das naturgemäße seit einer Reihe von Jahren erprobt habe,

¹⁾ Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte, Leipzig 1906, bei F. C. W. Vogel, auch besonders bei B. G. Teubner erschienen.

finden sich zahlreiche Beispiele in dem von mir veröffentlichten Lehrgang²⁾. Es liegt auch meinem Leitfaden für den Unterricht im chemischen Laboratorium zugrunde. (4. Auflage. Hannover 1910. Hahnsche Buchhandlung.) Als Beispiel seien zwei Versuche aus dem Abschnitt über Schwefel und Sulfidbildung mitgeteilt:

1. Man wäge 5,6 g Eisenpulver und 3,2 g Schwefelblumen ab. Beide Stoffe werden innig gemengt. Sind die Gemengteile unter dem Mikroskop nebeneinander erkennbar? Vermag man das Eisen von dem Schwefel mittels eines Magnets zu trennen? Ein wenig vom Gemenge übergieße in Reagensglase mit verd. Salzsäure. Welcher Bestandteil wird gelöst? Ist das Gas, das sich dabei entwickelt, brennbar? Verpufft es mit Luft?

2. Wie verhält sich das Gemenge, wenn man es im Reagensglase zu einer zusammenhängenden Schicht ausbreitet und eine Stelle erhitzt? Tritt eine Reaktion ein, so entferne man das Glas aus der Flamme und beobachte, ob sich die Reaktion durch die ganze Masse ausbreitet. Nach dem Erkalten wird die Masse gepulvert (Farbe?). Kann man auch jetzt noch unter dem Mikroskop Schwefel und Eisen nebeneinander erkennen?

Schon die erste Chemiestunde spielt sich beim praktisch-heuristischen Verfahren nicht im Lehrzimmer, sondern im Laboratorium ab. Übungen und Unterricht werden dann in der Weise verbunden, daß letzterer an die in den Übungen angestellten Beobachtungen und Versuche anknüpft und die Schüler zu tieferer Einsicht und zu übersichtlich geordneter Kenntnis des betreffenden Teilgebietes führt.

Übersteigt die Schülerzahl einer Klasse zwanzig, so ist die Klasse für die Übungen zu teilen. Im Unterricht sind die beiden Abteilungen dagegen wieder zu vereinigen. Es muß nämlich daran festgehalten werden, daß sich Übungen mit mehr als zwanzig Schülern nicht gut anstellen lassen, und daß ferner die Übungen nur dann ihre volle Bedeutung entfalten können, wenn sie für den Unterricht grundlegend und somit für alle Schüler verbindlich ist.

Nehmen wir an, daß jeder Abteilung zwanzig Schüler angehören, so sind daraus zehn Gruppen zu bilden. Daß je zwei Schüler einen Arbeitsplatz erhalten und bei der Anstellung von Versuchen aufeinander angewiesen sind, hat sich in mancher Hinsicht als ein Vorteil herausgestellt. Erhebliche Nachteile sind jedenfalls mit einer Gruppenbildung nicht verbunden. Ist die Zahl der Schüler nicht größer als diejenige der Arbeitsplätze, so wird man allerdings jedem Schüler einen Platz zuweisen.

Es hat sich ferner als sehr fördernd ergeben, daß die praktische Betätigung der Schüler mit einer Niederschrift der Ergebnisse und der Folgerungen, sowie mit selbstgefertigten Skizzen Hand in Hand geht. Auch wenn je zwei Schüler zu einer Gruppe vereinigt sind, hat dennoch jeder die Ergebnisse schriftlich zu fixieren und unabhängig von dem Nachbarn die etwa erforderlichen Berechnungen

auszuführen, schon damit Rechenfehler nach Möglichkeit vermieden werden.

Eine Schwierigkeit, die häufig überschätzt wird, ist die Kostenfrage. Sie wird vermieden, wenn man sich der einfachsten Vorkehrungen bedient und im elementaren physikalischen Unterricht vorzugsweise die sog. Freihandversuche anstellen läßt. Seit dem Jahre 1902 ist man auch in Frankreich zu Schülerübungen übergegangen. Auf die Verwendung einfacher Vorrichtungen hat hier besonders der bekannte Physiker Poincaré, der die Stelle eines Generalinspektors des öffentlichen Unterrichts bekleidet, hingewiesen. Sie reichen nach seiner Ansicht vollkommen aus, um ernsthafte Schülerübungen zu betreiben. „Alle sperrigen und zerbrechlichen Apparate,“ heißt es, „sind dabei zu vermeiden. Gase können in einem Reagensglas, das mit einem Entbindungsrohr versehen ist, entwickelt und in einem zweiten Reagensglase, das als Meßzylinder dient, aufgefangen werden. Ein Trichter, eine Abdampfschale und einige Glasstäbe vervollständigen die Ausrüstung für die chemischen Übungen.“ Hinsichtlich der Ausführung der Versuche wird, um hier ein Beispiel anzuführen, folgendes bemerkt: „Ein Versuch kann, so einfach er auch sei, stets für den Schüler von Vorteil sein, sobald er ihn mit Sorgfalt und Verständnis ausführt. So ist die Neutralisation von Schwefelsäure durch Kalilauge in Gegenwart von Lackmus ein einfacher Versuch, der schnell ausgeführt, nur geringen Wert hat. Veranlaßt man aber den Schüler, der Kalilauge die Säure Tropfen für Tropfen zuzusetzen, den Farbumschlag des Lackmus scharf zu beobachten, sowie das erhaltene Salz auskristallisieren zu lassen, so überzeugt sich der Arbeitende leicht von der sehr großen Genauigkeit dieser Neutralisation, und der Lehrer kann ohne Schwierigkeit diesen wertvoll gewordenen Versuch durch den Hinweis auf die Verfahren der Alkalimetrie und Acidimetrie ergänzen.“

Noch mehr als für die chemischen machte sich zunächst für die physikalischen Übungen der Mangel an geeigneten Apparaten bemerkbar. Man erkannte, daß die gebräuchlichen Demonstrationsapparate für die Schüler ungeeignet und vor allem viel zu kostspielig sind. Dies änderte sich, als man auf die wenig beachteten, ja von vielen verachteten Freihandversuche der Franzosen, Engländer und Amerikaner aufmerksam wurde. Manche englischen und amerikanischen Lehrbücher bauen sich ganz auf Versuchen auf, die sich jederzeit und von jedermann anstellen lassen. bezeichnend für den gesunden pädagogischen Takt der französischen Gelehrten ist es z. B., daß die Pariser Akademie ein Werk mit einem Preise krönte, das den Titel führt: „Physik ohne Apparate und Chemie ohne Laboratorium.“ So läßt sich z. B. fast die gesamte Optik auf die sog. „Stecknadelversuche“ gründen. Sie werden auf einem Zeichenbrett mit Hilfe eines Spiegelglasstreifens, eines Prismas und einiger Linsen ausgeführt. Der Gang der Lichtstrahlen wird dabei durch Ausstecken von Nadeln festgelegt.

Daß man bei den Ergebnissen der von den Schülern angestellten Messungen keinen hohen Grad von Genauigkeit erwarten darf, ja daß es sich mitunter um bloße Abschätzungen handeln wird, braucht kaum betont zu werden. Doch werden die Schüler, nachdem sie aus den Abweichungen der

²⁾ F. Dannemann, Naturlehre für höhere Lehranstalten, auf Schülerübungen gegründet. Teil I: Chemie und Mineralogie. Teil II: Physik. Hannover 1908. Hahnsche Buchhandlung.

einzelnen Ergebnisse die Schwierigkeit genauer Messungen erkannt haben, nach immer größerer Genauigkeit durch Verdopplung ihrer Sorgfalt und Umsicht streben. Gerade darin liegt ein großer Vorzug, den das praktische Verfahren in erzieherlicher Hinsicht gewährt. Zum anderen wird in den Schülern das Bewußtsein von der Schwierigkeit streng wissenschaftlicher Forschung geweckt und dadurch in ihnen jene Bescheidenheit oder richtiger Selbstbescheidung, jenes Abwägen der eigenen Hilfsmittel und Kräfte wachgerufen, das bei allen späteren Betätigungen, sei es in der Wissenschaft, sei es im Leben, nur von Vorteil sein kann. Endlich ist der unmittelbare Nutzen, den eine selbsttätig gewonnene, wenn auch noch mangelhafte Einsicht gewährt, stets höher zu veranschlagen, als die bisherige Art der Übermittlung der wissenschaftlichen Grundlagen. Dies gilt zumal, wenn diese Art im wesentlichen auf ein bloßes Erlernen von Dingen hinausläuft, die oft sehr rasch wieder vergessen werden, während der eigene Versuch sozusagen ein Erlebnis des Schülers ist, das eine viel dauerndere Wirkung ausübt.

Auf der Oberstufe werden messende Versuche einen größeren Umfang einnehmen. Doch sollten sie niemals qualitative Versuche und einfache Beobachtungsaufgaben ganz verdrängen. Wie sich ein Wechsel zwischen beiden Arten von Versuchen herbeiführen und die enge Verknüpfung mit dem Unterricht bewerkstelligen läßt, habe ich an anderer Stelle ausführlich dargetan³⁾.

In nicht geringerem Grade, als es im physikalischen und im chemischen Unterricht der Fall ist, erscheint der praktisch-heuristische Betrieb für die Beschäftigung mit der Mineralogie geboten. Der Kleinheit der Objekte wegen ist hier ein bloßer Demonstrationsunterricht, sobald es sich um etwas größere Klassen handelt, kaum durchführbar. Soll sich der mineralogische Unterricht auf Übungen stützen, so ist ein gewisser Vorrat von Mineralien nötig, die für den Verbrauch bestimmt sind. Hier kommen vor allem als typische Beispiele für die großen Gruppen des Mineralreiches, Steinsalz, Gips, Schwefelkies und Feldspat in Betracht. Der mineralogische Unterricht hat mit der im Laboratorium anzustellenden Untersuchung dieser Mineralien zu beginnen.

Wie sich die Anleitung dazu gestalten läßt, sei hier an einem Beispiele gezeigt. Den Schülern wird Steinsalz zu dem Zwecke in die Hand gegeben, folgende Fragen durch eigene Versuche zu beantworten:

Von wieviel Flächen ist das zu untersuchende Stück begrenzt? Welche Form besitzen die Flächen? Unter welchen Winkeln schneiden sie sich? Stelle Zahl und Lage der Ecken und Kanten fest (Steinsalzkrystall)!

Man setze parallel zu einer Kante auf eine Fläche senkrecht ein Messer auf und führe gegen den Rücken des Messers einen leichten Schlag. Wie ist die entstandene Bruchfläche beschaffen? Welche Lage besitzt sie zu den vorhandenen Flächen (Spaltbarkeit)? Durch wiederholtes Spalten bewirke man,

daß die Flächen des Stückes möglichst gleich werden. Welche Form erhält dann das Stück? Mit einem scharfen Messer nehme man immer weitere Spaltungen vor. Gibt es eine Grenze für die Spaltbarkeit?

Die weitere in gleichem Sinne gebotene Anleitung erstreckt sich auf die Härte, die Löslichkeit, kurz, auf diejenigen Eigenschaften, die der Untersuchung durch die Schüler leicht zugänglich sind.

Eine nach diesen Gesichtspunkten von dem Schüler selbst angestellte Untersuchung eines Minerals hat einen unvergleichlich höheren Wert als das Einprägen mineralogischer Kenntnisse. In einer zweiten Übung wird Kalkspat vorgenommen. Man begnüge sich aber nicht mit der bloßen Feststellung neuer Tatsachen, sondern veranlasse den Schüler, die am Kalkspat und am Steinsalz gemachten Befunde für jede einzelne Eigenschaft miteinander zu vergleichen, weil dadurch der Wert derartiger Übungen in formaler Hinsicht sehr erhöht wird.

Über die Berücksichtigung der Geologie im Unterricht hat die Deutsche Geologische Gesellschaft in wesentlicher Übereinstimmung mit der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte ein Gutachten abgegeben und dieses den Bundesstaaten unterbreitet. Um den geologischen Unterricht fruchtbringend zu gestalten, müßte man ihn allerdings in ähnlicher Weise wie es für den physikalischen und chemischen erstrebt wird, auf die eigenen Beobachtungen und Versuche der Schüler aufbauen. Eine für die Schule recht geeignete Anleitung zu geologischen Beobachtungen und Versuchen hat J. Walter in seiner „Vorschule der Geologie“ geschaffen. Die wichtigsten geologischen Vorgänge, wie die Verwitterung, die Quellenbildung, die Erosion, die Gebirgsbildung, die Schichten- und die Zeitfolge usw. werden unter stetem Hinweis auf solche Erscheinungen erörtert, welche der Anschauung leicht zugänglich sind. An diese Erörterungen schließt sich dann jedesmal eine Reihe von Übungsaufgaben (im ganzen 132) an. Darunter findet sich manche Aufgabe, welche die Schüler allein oder gemeinsam mit dem Lehrer zu erledigen vermögen.

Viel zu wenig hat man bisher die Ausdehnung des heuristischen und zugleich auf Selbsttätigkeit sich gründenden Lehrverfahrens auf die astronomischen und die meteorologischen Vorgänge in Betracht gezogen. Und doch bieten diese Vorgänge für die denkende und messende Beobachtung ein sehr geeignetes Feld. Leider ist es nicht möglich, im Rahmen dieses kurzen Berichtes hierauf näher einzugehen.

Auch der biologische Unterricht⁴⁾ läßt sich unter der Einwirkung des praktisch-heuristischen Verfahrens erst wahrhaft fruchtbringend gestalten. Insbesondere für den biologischen Unterricht der Oberstufe ist dringend jene enge Verbindung von praktischer Tätigkeit und zusammenfassender Belehrung zu befürworten, für die auf den Gebieten der Physik und der Chemie genügend Beispiele entwickelt wurden. Wir laufen sonst Gefahr,

³⁾ Dr. F. Dannemann, Der naturwissenschaftliche Unterricht auf prakt. heurist. Grundlage. Hannover 1907. Hahnsche Buchhandlung.

⁴⁾ Vgl. den Vortrag von Bastian Schmid: „Biologische Schülerübungen“, auf der 83. Versammlung d. Naturforscher und Ärzte zu Karlsruhe 1911; Bd. 1 der Verhandlungen. Leipzig, bei F. C. W. Vogel.

durch Einführung der Biologie in die oberen Klassen den hier den Schülern in erdrückender Fülle gebotenen Wissensstoff um ein weiteres Quantum zu vermehren, anstatt den heute herrschenden Zuständen gegenüber ein heilsames Gegengewicht zu schaffen, indem wir die einseitig geistige Tätigkeit durch die gleichzeitig die Sinne und das Denken in Anspruch nehmende, praktisch-heuristische Beschäftigung mit den Vorgängen in der Natur zu ergänzen. Man wird daher das biologische Schülerlaboratorium als Seitenstück zu den Übungsstätten für Physik und Chemie einführen müssen. Ferner ist der gegenseitigen Abhängigkeit von Bau und Verrichtung der Organe auf jeder Stufe des Unterrichts die größte Beachtung zu schenken. Das Experiment kann kaum früh genug einsetzen, erst als Gegenstand des Unterrichts, dann aber auch als selbständige Schülerleistung. Der Schulausflug in alter Form, der auf Sammeln und Namenlernen hinauslief, ist durch bestimmte, im Freien zu lösende Beobachtungsaufgaben zu ersetzen. Der Schwerpunkt des biologischen Unterrichts wird also weniger auf die Kenntnis der Pflanzen und der Tiere, sondern der Pflanze und des Tieres zu legen sein.

Bis jetzt hat der auch heute noch ganz überwiegend philologischen Erziehung das Sapere, Scribere, Loqui als Leitwort gedient. Möge der Umschwung, der sich heute geltend macht, zu einer gründlichen Änderung der herrschenden Anschauungsweise führen, an der man leider in Deutschland am zähesten festhält. Denn ohne Zweifel gehört denjenigen Kulturvölkern die Zukunft, die ihr Schulwesen den Forderungen einer neuen Zeit anpassen. Man braucht darüber das, was die älteren Bildungstoffe an wesentlichem Inhalt und formal bildender Kraft besitzen, durchaus nicht zu opfern.

[A. 182.]

Behandlung des Bodens mit einem starken elektrischen Gleichstrom.

Von Dr. J. KÖNIG, Dr. J. HASENBÄUMER und Dr. C. HASSLER¹⁾.

(Eingeg. 3./10. 1911.)

In dieser Z. 24, 103 (1911) haben wir ein Verfahren zur Bestimmung der elektrolytischen Leitfähigkeit des Ackerbodens mitgeteilt und gezeigt, wie diese zur Beurteilung eines Bodens mitdienen kann²⁾. Der elektrische Strom (Gleichstrom) läßt sich aber noch in anderer Weise für die Beurteilung des Ackerbodens anwenden, nämlich zur Bestimmung der von ihm ab- oder adsorbierten, leichtlöslichen Mineralstoffe.

Bringt man nämlich eine mit Wasser durchfeuchtete Bodenprobe zwischen zwei Platinelek-

¹⁾ Vgl. auch Landw. Versuchsstationen 75, 377 (1911).

²⁾ Wie wir, so haben sich auch, wie wir nachträglich erfahren, Whitney, Gardner, Bigge und Maens (U. S. Depart. of Agriculture; Bureau of Soils. Bull. 6, 7 u. 8, 1898) und Davis u. Bryan (Ebendorf, Bull. 61, 1910) mit demselben Gegenstande befaßt und sind in vielen Punkten zu denselben Ergebnissen wie wir gelangt.

troden und leitet einen starken Gleichstrom hindurch, so übernimmt die zwischen den Polen befindliche Bodenschicht — ihrem Kolloidgehalte³⁾ entsprechend — die Rolle und Funktion einer Scheidewand von mehr oder weniger semipermeablem Charakter, durch deren unendlich viele und feine Poren die Ionen ihren Weg nehmen. Es müssen also hier die nämlichen Erscheinungen auftreten, welche schon lange bei der Tonzelle bekannt sind, nämlich:

1. Eine einfache Elektrolyse der gelösten Bestandteile, die durch chemische Umsetzungen mehr oder minder verwickelt verlaufen kann,

2. die Fortführung des Wassers zur Kathode,

3. die Fortführung der Suspensionen und Kolloide zur Anode.

Diese wichtige elektrische Überführung — auch Elektroomose genannt, weil sie sich zuerst bei Diaphragmen, bei denen ja auch die gewöhnliche Osmose leicht stattfindet, in der Folge überhaupt in engen Röhren oder Poren zeigte — wurde schon 1807 von Reuß beobachtet, von Porret 1816 bestätigt⁴⁾, aber erst von G. Wiedemann⁵⁾ 1852 genauer untersucht. Ohne auf diese und besonders J. Quinckes⁶⁾ Arbeiten näher einzugehen, sei nur erwähnt, daß v. Helmholtz diese Erscheinung damit erklärte (wie auch Dorn⁷⁾ Versuche bestätigten), daß die Flüssigkeit sowie die suspendierten Teilchen, wie ein Metall und eine leitende Flüssigkeit, in elektrischem Gegensatz zu der Wand stehen. Ihre Wanderung ist also grundsätzlich dieselbe wie die der Ionen, die auch wegen der ihnen innewohnenden Ladung in der durch diese vorgeschriebenen Richtung wandern. Daher muß Wasser, das zur Kathode wandert, positiv geladen sein, und die suspendierten Körperchen negativ. Coehn⁸⁾ hat dann weiter die Frage untersucht, wie sich Kolloide, organische und anorganische, verhalten, und deren Übereinstimmung mit den suspendierten Teilchen festgestellt. Über das Verhalten der Organismenschleime ist noch wenig bekannt, doch ist sowohl Eiweiß wie Gelatine in saurer Lösung elektropositiv, in alkalischer Ladung elektronegativ geladen. Da im normalen Boden die alkalische Reaktion vorherrscht, so wird diese Gruppe sich auch der nahezu allgemein negativen Ladung anschließen⁹⁾.

In der Tat verhält sich denn auch der Ackerboden bei der Einwirkung eines starken elektrischen Gleichstroms genau so, wie nach den früheren Versuchen mit der Tonzelle anzunehmen war.

Bei den ersten Versuchen wurde ein lehmiger Sandboden in wassergesättigtem Zustande in einen

³⁾ Rohland, Landw. Jahrbücher 39, 369 (1910).

⁴⁾ F. Reuß, Mém. de la société des naturalistes à Moscou 2, 327 (1809). — R. Porret, Gilb. Ann. 66, 272 (1816).

⁵⁾ Pogg. Ann. 87, 321 (1852).

⁶⁾ Pogg. Ann. 113, 513 (1866).

⁷⁾ Wied. Ann. 9, 513 (1880); 10, 46 (1880).

⁸⁾ A. Coehn, Z. f. Elektrochem. 4, 63 (1897); vgl. auch Ehrenberg, Mitt. der landw. Inst. der Univ. Breslau, Theoret. Betrachtungen über die Beeinflussung einiger der sog. physikalischen Bodeneigenschaften, Vierter Band, Heft III, 1908.

⁹⁾ Ehrenberg, ebenda 479.