

Die Begründung des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf Schülerübungen.

Von Direktor Dr. Friedrich Dannemann.

An der Realschule zu Barmen wird der naturwissenschaftliche Unterricht seit mehreren Jahren mit grundlegenden Schülerübungen in Verbindung gesetzt. Ich habe die allgemeinen Gesichtspunkte, die mich dabei leiteten, und die Erfahrungen, die sich ergaben, in einer größeren Druckschrift*) und in mehreren pädagogischen Zeitschriften niedergelegt. Die vorliegende Programmabhandlung besteht in einer zusammenfassenden Darstellung jener Gesichtspunkte und Erfahrungen. Sie bietet also nichts wesentlich Neues, sondern bezweckt, weitere Kreise mit den auf eine Reform des naturwissenschaftlichen Unterrichts abzielenden Bestrebungen bekannt zu machen. Es ist das umso mehr erforderlich, als diese Bestrebungen noch immer von manchen Seiten Mißdeutungen und einseitiger, aus Liebe zu dem Hergebrachten und Überschätzung der Schwierigkeiten entspringender Ablehnung begegnen.

Schon zu Beginn der achtziger Jahre regte sich hier und dort das Bestreben, die Schüler nicht mehr als passive Beschauer, sondern werktätig in die Naturwissenschaften einzuführen, d. h. den Unterricht mit praktischen Übungen zu verbinden oder wenigstens abwechseln zu lassen. In England traten damals eine ganze Anzahl hervorragender Gelehrter für eine derartige Reform des naturwissenschaftlichen Unterrichts ein. Auch in Deutschland wurde sie gefordert. Allein die Fortschritte auf dem Wege zu dieser Reform waren zunächst nur gering. Erst als man gewahr wurde, daß das Ausland, insbesondere England und die Vereinigten Staaten, seit etwa 1895 die Vorzüge der neuen Methode allen Schülern zugute kommen ließen, setzte auch in Deutschland eine Bewegung zugunsten der praktisch-heuristischen Unterrichtsweise ein. Indessen sind wir über das Versuchsstadium bisher kaum hinausgekommen. An den deutschen Schulen fehlt es bei den heutigen Lehrplänen zunächst an Zeit. Wie sollen sich z. B. die Gymnasien, die in der Zahl noch immer überwiegen, mit zwei Stunden Naturlehre auf Schülerübungen einrichten! Findet doch an diesen Anstalten die Chemie kaum Berücksichtigung. Günstiger stehen die Realschulen, welche den altsprachlichen Unterricht durch einen stärkeren Betrieb der Naturwissenschaften ersetzen. Lähmend wirkt hier wieder die Befürchtung, daß eine Änderung des Unterrichts in der erwähnten Weise 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 solche Schülerübungen zu betreiben seien. 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 zu beanstanden, weil sie mit den psychologischen Voraussetzungen einer sachgemäßen Reform des naturwissenschaftlichen Unterrichts geradezu im Widerspruch steht. Der Schüler soll doch zu selbständigem Denken und Handeln erzogen werden. Das ist der Grundgedanke der praktisch-heuristischen Unterrichtsweise. Deshalb muß der Versuch, so einfach wie er sei, auch in der Hand des Schülers eine Frage sein, die sich an die Natur richtet. Zum eigenen Beobachten, Handeln und Urteilen zu erziehen, ist die Aufgabe eines den Forderungen unserer Zeit entsprechenden Unterrichts. Und diese Aufgabe läßt sich auf keinem Gebiete verhältnismäßig so einfach lösen wie auf demjenigen der Naturwissenschaften. Wollen wir also Übungen, so müssen wir uns 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 haben wir ferner durchzuführen ohne dadurch die ohnehin schon hohen Ausgaben für das Schulwesen wesentlich zu steigern. Wir müssen sie aber auch durchführen, ohne daß dem schon mit einem Übermaß an Unterricht bedachten Schüler ein Mehr an Stunden zugemutet wird. Mit anderen Worten: der sprachlich-historische Unterricht ist zugunsten des naturwissenschaftlichen einzuschränken. Auf das Mißverhältnis, in welchem

*) Dr. F. Dannemann, der naturwissenschaftliche Unterricht auf praktisch-heuristischer Grundlage. Hahn'sche Buchhandlung, Hannover. Preis geb. 6.80 Mk.

diese Fächer am Gymnasium stehen, wurde schon hingewiesen. Die sechs Stunden, welche wöchentlich in den oberen Klassen der Realschulen für Naturlehre zur Verfügung stehen, gestatten schon heute die Durchführung der praktisch-heuristischen Unterrichtsweise.

Um dem Leser einen deutlichen Begriff von dem geübten Verfahren zu geben, diene folgende Lehrprobe. Es handele sich um die Einführung in die Wärmelehre. Zunächst werden in einer Übungsstunde eine Reihe von Beobachtungen, Versuchen und Messungen einfachster Art angestellt, auf die der weitere Unterricht sich gründet. Die Anleitung, nach welcher der Schüler arbeitet, hat etwa folgenden Wortlaut:

1. Eine Flasche von etwa $\frac{1}{4}$ l Rauminhalt werde mit einem gut passenden Korkstopfen versehen. Man durchbohre den Stopfen und führe durch die entstandene Öffnung eine etwa 20 cm lange Glasröhre so hindurch, daß das untere Ende der Röhre mit dem Kork abschließt, also nicht in die Flasche hineinragt. (Siehe Abb. 1.) Diesen Apparat fülle man so weit mit Wasser, daß letzteres in der Röhre bis dicht über dem Kork steht.

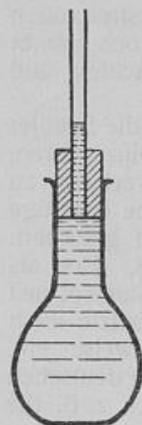


Abb. 1.

Jetzt erhitze man die Flasche. Man achte genau darauf, wie sich der Stand des Wassers in den ersten Augenblicken, wenn die Wärme nur dem Glase mitgeteilt wird, und wie er sich später, beim Erwärmen des Wassers, ändert.

2. Das Quecksilberthermometer ist nach dem gleichen Prinzip wie der soeben benutzte Apparat eingerichtet. Skizziere das zu weiteren Beobachtungen und Messungen dienende Thermometer!

3. Miß die Temperatur des eigenen Körpers, indem du die Kugel des Thermometers einige Zeit in den Mund nimmst und dann die Temperatur sofort abliest. Du darfst das Thermometer nicht umkehren und nicht schütteln, da sonst der Quecksilberfaden leicht abreißt.

4. Welche Temperatur zeigt das Thermometer, wenn man den unteren Teil mit zerstoßenem, schmelzendem Eis bedeckt?

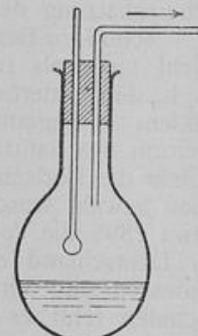


Abb. 2.

Man versehe eine Kochflasche (Abb. 2) von $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{2}$ l Inhalt mit einem doppelt durchbohrten Kork. Durch die eine Durchbohrung stecke man das Thermometer, durch die andere eine rechtwinklig gebogene Glasröhre. Man fülle die Flasche zu einem Viertel mit Wasser. Erhitze und miß die Temperatur des siedenden Wassers!

6. Bestimme den Siedepunkt einer konzentrierten Salzlösung mit demselben Apparat.

7. Die von der Salzlösung aufsteigenden und durch das rechtwinklig gebogene Rohr entweichenden Dämpfe verdichte man in einem Porzellanschälchen. Wenige Tropfen der verdichteten Flüssigkeit genügen, um durch den Geschmack und durch Verdampfen der Flüssigkeit zu entscheiden, ob es sich um Salzlösung oder um reines Wasser handelt.

8. In einer Reibschale mische zerstoßenes Eis mit Kochsalz! Welche Temperatur nimmt ein in diese Mischung gebrachtes Thermometer an?

9. Ein Kochfläschchen werde umgekehrt in eine zur Hälfte mit Wasser gefüllte Schale gestellt. Darauf erhitze man das Fläschchen. Wie verhält sich die in der Flasche eingeschlossene Luft beim Erwärmen? Man lasse die Flasche erkalten und beobachte die jetzt eintretende Erscheinung. Was ist aus ihr zu schließen?

Es bedarf wohl keines Hinweises, daß eine solche, nach dem heuristischen Prinzip entworfene Anleitung den Lehrer nicht etwa überflüssig macht. Andererseits ist diese Anleitung aber auch nicht zu entbehren. Wenn sie nicht vorläge, müßte der Lehrer viel kostbare Zeit verschwenden, um einer größeren Zahl von Schülern begreiflich zu machen, um was es sich bei der Übung handelt.

An die Übung schließt sich nun derjenige Abschnitt des Klassenunterrichts, der sich auf den Ergebnissen der Übung aufbauen läßt. Dieser Abschnitt würde die Ausdehnung durch die Wärme eingehender behandeln und die grundlegenden Versuche, welche der Schüler hier wie auf den übrigen Gebieten mit ganz einfachen Mitteln selbst vorher angestellt hat, durch Demonstrationen und durch wichtige, für das Schülerpraktikum aber nicht geeignete Versuche ergänzen. Dahin gehört z. B. das Zersprengen einer gußeisernen, mit Wasser gefüllten Bombe, in der man das Wasser mit Hilfe einer Kältemischung gefrieren läßt, die Vorführung der verschiedenen Thermometerarten, des Kompensationspendels und anderes mehr. Daß die grundlegenden Versuche nicht nur das Beobachtungsvermögen und das Nachdenken fördern,

sondern auch das Interesse für den nachfolgenden Unterrichtsgegenstand lebendig machen und daneben noch die Geschicklichkeit der Hand fördern, bedarf kaum des Hinweises.

In ganz ähnlicher Weise wie die Physik, läßt sich die Chemie und die Mineralogie mit Schülerübungen in Verbindung setzen. In der Hauptsache handelt es sich im Anfangsunterricht darum, daß die Schüler die fundamentalsten Beobachtungen und Versuche selbst anstellen. Die zunächst vorwiegend qualitative Untersuchungsweise führt allmählich zu Messungen. Zunächst werden Messungen der einfachsten Art in Frage kommen, z. B. die Bestimmung des Schmelzpunktes, des Siedepunktes, der Temperatur des Körpers oder einer Kältemischung in dem oben näher ausgeführten Beispiel. Wie ganz anders fesselt all dies den jüngeren Schüler, wenn er selbst diese Fragen beantworten darf und nicht dazu verurteilt bleibt, stets nur den Experimenten des Lehrers zuzuschauen. Wer sich als Lehrer in die praktisch-heuristische Unterrichtsweise eingearbeitet hat, macht bald die Erfahrung, daß die Schüler sich mit wirklichem Eifer dem Gegenstande widmen und viel reifer und anstelliger erscheinen, als sie sich sonst zu zeigen pflegen. Es ist fast, als ob die Schüler sich durch ihr Verhalten ganz ungewollt dafür dankbar beweisen, daß sie einen von der herkömmlichen Art abweichenden Weg geführt werden. Wie denn überhaupt durch diese Art des Unterrichts Schüler und Lehrer einander, geistig und menschlich genommen, viel näher treten als bei jeder anderen.

Ein zweites Beispiel wähle ich aus der Chemie:

Die Schüler sind durch Übungen und Unterricht mit den Begriffen Oxydation und Reduktion, sowie mit den Eigenschaften des Wassers und mit der Natur einiger Gase (Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff) bekannt geworden. Hier setzt nach meinem Lehrgange*) als Erweiterung des Begriffes „Verbrennung“ die Sulfidbildung ein. Gleichzeitig gilt es, die Schüler mit den wichtigsten physikalischen und chemischen Eigenschaften des Schwefels bekannt zu machen.

In der dem Unterricht vorhergehenden Übung (Dannemann, Naturlehre I, Übung V) wird zunächst Schwefel im Reagenzglas erhitzt. Der Schüler hat die eintretenden Erscheinungen zu beobachten und zu schildern. Daß der Lehrer hier, wie in allen Fällen, nicht passiv bleibt, sondern die Versuche leitet, ist selbstverständliche Voraussetzung des Verfahrens. Bleibt die Schülerzahl unter zwanzig (zehn Gruppen), so kann der Lehrer ganz gut seine Anweisungen allen Schülern gleichzeitig geben (Arbeit „in gleicher Front“). Ist es erwünscht, daß den Schülern ein Handgriff gezeigt oder eine Erscheinung erläutert wird, so kommen alle rasch um den Lehrer zusammen und bilden einen genügend weiten Halbkreis, um die erforderliche Belehrung gleichzeitig entgegenzunehmen. Durch plötzliche Abkühlung des geschmolzenen Schwefels wird der Schüler mit dem amorphen Zustande dieses Elementes bekannt. Während die einzelnen diese Versuche machen, findet ein gemeinsamer Versuch statt, den der Lehrer überwacht. Es werden etwa 30 g Schwefel in einem Tiegel geschmolzen. Beginnt die Kristallisation an der Oberfläche, so werden die Schüler zusammengerufen. Die Erscheinung wird beobachtet, die Decke durchstoßen und der noch flüssige Rest des Schwefels ausgegossen. Darauf beobachten alle die Nadeln im Innern des Tiegels. Die Schüler haben damit ein treffliches Beispiel für die „Kristallisation aus dem Schmelzfluß“ kennen gelernt, nachdem sie mit Kristallisationen aus der Lösung schon genügend durch die vierte Übung bekannt geworden waren.

Einige von den im Innern des Tiegels entstandenen Schwefelkristallen werden in einem Reagenzglas mit etwas Schwefelkohlenstoff übergossen. Es wird Auflösung beobachtet. Ausgießen der Lösung auf ein Uhrglas. Kristallisation. Verschiedenheit der aus der Lösung entstehenden Kristalle von denjenigen, die sich aus dem Schmelzfluß gebildet hatten. Beispiel für die Erscheinung der Dimorphie. Der große Vorteil einer solchen Übung besteht neben der Schärfung des Beobachtungsvermögens vor allem in der Gewinnung derartiger typischer Beispiele, an die später im Unterricht immer wieder angeknüpft werden kann.

Wir gelangen jetzt zu dem Hauptgegenstande der fünften Übung, die Bildung von Eisensulfid, bekanntlich eine treffliche Gelegenheit, den Unterschied zwischen einem mechanischen Gemenge und einer chemischen Verbindung klar zu machen. Gerade hier zeigt es sich, daß jemand, der nur in der Klasse dem experimentierenden Lehrer zuschaut, nicht zu einer solch klaren Auffassung gelangen kann, als wenn er sich die letztere durch eigene Versuche erarbeitet. Bezüglich des Näheren sei jedoch auf den betreffenden Abschnitt meiner Naturlehre I (Übung V. 6, 7, 8) verwiesen. Diese Übung läßt sich innerhalb zwei Stunden anstellen. Übungen von kürzerer

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

Dauer sollte man für chemische Versuche nicht ansetzen. Dagegen lassen sich einfache physikalische Übungen auch wohl in einer Stunde erledigen. Kleine Unregelmäßigkeiten und Entgleisungen werden im Anfang nicht erspart bleiben. Mit einer Wiederholung des Lehrganges steigert sich indessen die Umsicht und das methodische Geschick. Doch mag zugegeben werden, daß die Befähigung zur Erteilung eines praktischen Unterrichtes sehr verschieden ist. Persönliche Eigenschaften spielen dabei eine noch größere Rolle als bei dem Demonstrationsunterricht. Will man diesem Umstande Rechnung tragen, so läßt sich der Unterricht auch in der Weise erteilen, daß ein Lehrer, der sich dafür besonders eignet, die Übungen leitet und ein anderer den Demonstrationsunterricht im Anschluß an die Übungen gibt. Dafür ist allerdings die unerläßliche Voraussetzung, daß dem Unterricht ein Leitfaden zu Grunde gelegt wird, der sich einem solchen Lehrgange anpaßt, d. h. der die Anleitung zu den Übungen im regelrechten Wechsel mit dem übrigen Unterrichtsstoff bringt, wie es meine Naturlehre tut.

Auf die geschilderte, grundlegende Übung folgen jetzt zwei Doppelstunden, in welchen anknüpfend an die von den Schülern angestellten Versuche, die Sulfidbildung (Ausdehnung auf Kupfer, Zink, Zinn usw.) auf trockenem und auf nassem Wege, sowie die Eigenschaften des Schwefels und seiner wichtigsten Verbindungen im Demonstrationsunterricht behandelt werden. Die Schüler folgen, nachdem eine grundlegende Übung über den Gegenstand vorausgegangen, dem Klassenunterricht mit ganz anderem Interesse und Verständnis, als es sonst geschehen würde. Ferner werden in der Übung nur solche Dinge erledigt, die ohne viel Erläuterung verständlich sind. Oft wird es sich in der vorausgehenden Übung um einfache leichte Beobachtungen handeln, auf denen der Unterricht weiter bauen kann. Doch sollen, wie es mein Lehrgang durchführt, diese Beobachtungen nicht etwa nur lose aneinander gereiht sein, sondern auf ein bestimmtes Ziel lossteuern, das dem Schüler schon während der Übung erkennbar wird. Die Versuche sollen also durch ein logisches Band verknüpft sein und fortgesetzt nicht nur zum Beobachten, sondern auch zum Vergleichen und Schließen anregen und endlich zur klaren und knappen schriftlichen Darstellung führen.

Schriftliche Berichte über die eigenen Beobachtungen und über die daraus abgeleiteten Schlüsse sind ein Erziehungsmittel ersten Ranges. Man wird die Erfahrung machen, daß Schüler, die einen ganz guten deutschen Aufsatz über ein geschichtliches oder ein ähnliches Thema liefern, zunächst ganz unbeholfen sind, wenn sie das, was sie in den Übungen selbst wahrgenommen haben, klar und bündig in Worte fassen sollen. An den englischen Schulen, die schon länger den Unterricht auf praktische Übungen stützen, hat man dieselbe Erfahrung gemacht. An einer dieser Anstalten fand ich sie zu folgendem Satz verdichtet: „Jeder Schüler hat einen schriftlichen Bericht über seine eigenen Untersuchungen in der ihm eigenen Ausdrucksweise niederzuschreiben. Eine Besprechung dieser Niederschriften ist einer der sichersten Wege, den Schüler an gewissenhaftes Arbeiten zu gewöhnen.“ Verfährt man praktisch-heuristisch, so finden auch die ersten Mineralogiestunden im Laboratorium statt. Jeder Schüler erhält ein Stück Steinsalz, Kalkspat, Schwefelkies usw. und hat sich daran auf Grund einer ähnlichen Anleitung, wie wir sie für die Einführung in die Wärmelehre kennen lernten, unter Mitwirkung des Lehrers die fundamentalen Begriffe, wie die Spaltbarkeit, die Härte, die Formverschiedenheit, das spezifische Gewicht usw., zu erarbeiten. Erst nachdem der Schüler auf diese Weise mit dem neuen Gegenstande „handgemein“ geworden, ist das Interesse und das Verständnis genügend für die Belehrungen im Klassenunterricht geweckt. Das Ideal dieses Verfahrens würde ja darin bestehen, daß gar kein Wechsel zwischen Laboratorium und Lehrzimmer stattfände, sondern die Belehrung immer sofort an die eigenen Beobachtungen und Versuche der Schüler anknüpfte. Das setzt aber so kleine Klassen voraus, wie sie in Deutschland selten vorkommen. Übersteigt nämlich 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 sind.

Die weitere Frage ist, wie man die Übungen in den Lehrplan eingliedern kann. An den lateinlosen Schulen stehen in U II sechs, an den Realgymnasien fünf Stunden für Naturwissenschaften zur Verfügung. Es empfiehlt sich, diese Stunden ganz auf die Erteilung von chemisch-mineralogischem und physikalischem Unterricht zu verwenden. Zum Lehrplan gehören zwar

noch das Nötigste aus der Anatomie und Physiologie der Pflanzen, die Anatomie und Physiologie des Menschen, sowie Unterweisungen über die Gesundheitspflege. Diese Gegenstände lassen sich aber zum Teil schon im Naturkundeunterricht der vorhergehenden Klassen behandeln, zum Teil können sie dem physikalischen und chemischen Lehrgang eingeflochten und dort viel besser zum Verständnis gebracht werden, als es in abgesonderter Behandlung geschehen kann. Ich erinnere nur an die Durchnahme der wichtigsten Sinnesorgane und ihrer Funktionen in der Optik und Akustik, an Unterweisungen über Atmung und Assimilation im chemischen Unterricht usw. Stehen also, wie es an den lateinlosen Schulen sich ermöglichen läßt, sechs Stunden für Naturlehre in U II zur Verfügung, so verwende man je zwei Stunden auf eine grundlegende Übung und lasse darauf vier Stunden Unterricht folgen, in denen das, was in der Übung selbsttätig erarbeitet wurde, verknüpft, vertieft und erweitert wird.

Wie sich eine solche Teilung einrichten läßt, möge ein Beispiel lehren. An der Realschule zu Barmen bestehen zwei Untersekunden (Realprimen), von denen jede von einigen dreißig Schülern besucht wird. Beide Klassen werden deshalb für die Übungen geteilt; im Lehrzimmer sind die Abteilungen dagegen wieder vereinigt. Für den Unterricht in der Naturlehre stehen sechs Stunden zur Verfügung. Zwei Stunden entfallen auf Übungen, vier auf den Unterricht. Für den Lehrer sind also der Teilung wegen acht Stunden anzusetzen. Die vier Stunden Übungen (für jede Abteilung zwei) werden so gelegt, daß kein Unterricht dazwischen liegt, da dieser ja stets an die Übungen anknüpfen soll. So übt z. B. an der Realschule zu Barmen in der U II a und in der U II b die eine Abteilung an zwei Vormittags-, die andere an demselben Tage an zwei Nachmittagsstunden. Es läßt sich nun zweckmäßig so einrichten, daß sich in der einen Abteilung alle Schüler befinden, die am Linearzeichnen teilnehmen, in der anderen dagegen alle Chorschüler. Auf diese Weise ist wenigstens ein Teil der Schüler, während die einen üben, mit anderem Unterricht beschäftigt.

Nehmen wir an, daß jeder Abteilung 20 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.

Die Raum- und Kostenfrage ist unter Hinweis auf die einschlägige Literatur im Abschnitt C meines Buches „Der naturwissenschaftliche Unterricht auf praktisch-heuristischer Grundlage“ behandelt worden. Die von mir selbst getroffenen Einrichtungen habe ich dort S. 240 beschrieben. Obgleich die Übungen schon im dritten Jahre erteilt werden und alle Schüler teilnehmen, da die Übungen in die vorgeschriebenen Unterrichtsstunden fallen, ist der Etatstitel für Naturwissenschaften nicht erhöht worden. Bestehen die Übungen zum großen Teile in Freihandversuchen, so lassen sich die Mittel schon dadurch sparen, daß man die oft viel zu weit gehende Anschaffung kostspieliger Demonstrationsapparate einschränkt, ja eigentlich in Konsequenz des neuen, den Demonstrationsunterricht an die zweite Stelle drängenden Verfahrens einschränken muß. Die Mehrzahl der physikalischen Versuche, die in der U II als Grundlage dienen sollen, sind ja einfache Freihandversuche. Infolgedessen erfordern sie nur ganz geringe Mittel. Für die Übungen zur Einführung in die Chemie und Mineralogie genügen einige Reagenzgläser, Kolben, Glasröhren, ein Lötrohr usw. Der Aufwand an Reagentien ist ein ganz geringer. Das Einzige, was sich jeder Schüler selbst kaufen muß, sind ein Lötrohr und ein Dutzend Reagenzgläser. Die dadurch veranlaßten Unkosten, die sich für jeden auf 2 bis 3 Mk. belaufen, muß man den Schülern zumuten. Ein eigenes Lötrohr muß jeder aus hygienischen Gründen besitzen. Die Reagenzgläser soll sich jeder Schüler selbst halten, damit er mit zerbrechlichen Dingen vorsichtig umgehen lernt. Jedes zerbrochene Reagenzglas bedeutet für ihn zwar nur einen Verlust von wenigen Pfennigen. Und dennoch hat nach meiner Erfahrung dieses kleine „Lehrgeld“ ganz gute erzieherische Wirkungen. Die Schüler, die etwas Eigenes zu schonen haben, gehen auch mit den ihnen anvertrauten, der Schule gehörenden Sachen sorgfältig um. Dem Grundsatz, dem ich wohl begegnete, daß die Schule alles zu liefern habe, möchte ich durchaus widersprechen. Jeder Schüler, der unter meiner Leitung arbeitet, hat sich eine etwa 40 cm lange, mit einem Vorhängeschloß versehene Kiste zu beschaffen, in der er seine eigenen Sachen aufbewahrt. Dahin gehören kleine Gegenstände aller Art, die man sich leicht ohne Kosten verschaffen

kann, z. B. einige Wasser- oder Einmachgläser, Untertassen, ja selbst Porzellanscherben usw. Der Schüler soll sich eben mit den einfachsten Mitteln einrichten lernen. Verschwendung wäre es z. B.: das Eindampfen von Lösungen oder Kristallisationen in wertvollen, für die Laboratorien gelieferten Porzellanschalen vornehmen zu lassen. Dazu genügen ein Scherbenstück oder eine Untertasse.

Der Arbeitsraum für Chemie enthält an der Realschule zu Barmen 10 Plätze, von denen jeder mit Stativ, Brenner, Reagentien usw. ausgerüstet ist. Für Wasser genügen zunächst einige Entnahmestellen. Ich komme sogar mit einer einzigen aus. Je zwei Schüler arbeiten stehend an einem Platze. Schemel sind vorhanden. Die Schüler benutzen sie aber nur bei gewissen Versuchen, z. B. dem Lötrohrblasen, bei dem sie die Arme aufstützen müssen, und wenn sie über ihre Versuche sich kurze Notizen machen. Daß die Ausrüstung bei Gruppenbildung billiger ist, bedarf kaum des Hinweises. Bei messenden Versuchen empfiehlt sich stets eine Wiederholung. Dadurch ist schon eine gleichmäßige Beteiligung beider Schüler einer Gruppe gewährleistet. Aber auch bei qualitativen Versuchen ist es nur zu empfehlen, daß jeder Schüler den Versuch anstellt und der andere, so lange er nicht selbst tätig ist, beobachtet. Glauben dann beide Schüler, daß ihr Experiment gelungen und die anzustellende Beobachtung gemacht ist, so folgt eine kurze Notiz mit Bleistift auf einem Blatt Papier. Gegen Schluß der Übung werden die Ergebnisse gemeinsam in aller Kürze zusammengestellt. Für die nächste Unterrichtsstunde wird ein kuzer schriftlicher Bericht geliefert. Ich empfehle den Schülern, diesen Bericht noch am Tage, an dem die Übung stattfand, auf Grund der bei der Arbeit gemachten Notizen zu schreiben. Die Schüler leisten diese Arbeit in einer viertel bis einer halben Stunde. Da im übrigen für das Fach der Naturlehre nur mündliche Wiederholungen verlangt werden, so darf man diesen Zeitaufwand den Schülern wohl zumuten, zumal, wie oben erwähnt, die Abfassung jener Berichte ein wertvolles Bildungsmittel ist.

Was den Aufwand an Mitteln betrifft, so kann dieser auch für die physikalischen Übungen in bescheidenen Grenzen gehalten werden. Die aus England übernommenen „Stecknadelversuche“, die den Schüler in die Grundgesetze der Optik einführen, erfordern z. B. nur einige spiegelnde Glasstreifen, Glasplatten und Prismen, also einen Aufwand von höchstens einer Mark für jeden Platz (siehe meine Naturlehre II, Übungen XXII und XXIII). Zur Einführung in die Lehre vom Magnetismus genügen einige Stricknadeln, die mit den Magneten der Schulsammlung magnetisiert werden, Nägel, Eisenfeilicht, Glasscheiben, kurz einige leicht und ohne Kosten zu beschaffende Gegenstände (Übung XVIII). Die Übung zur Einführung in die Wärmelehre (siehe oben) macht die Anschaffung von einem Dutzend Thermometern (à 1 Mark etwa) nötig. Im übrigen genügen die einfachsten Laboratoriumsmittel.

Daß alle Übungen heuristisch gestaltet werden und nicht in einem Nachmachen der im Unterricht gesehenen Versuche bestehen dürfen, halte ich für ganz unerläßlich. Bei dem bloßen Nachprüfen bekannter Dinge fehlt es an genügendem Interesse. Und die früher geäußerte Befürchtung, daß die Übungen in Spielerei ausarten können (siehe Lehrpläne von 1882), wird dann leicht zur Wahrheit. Ich bin für die heuristische Art der Anleitung, soviel mir bekannt zuerst, in Fricks Lehrproben (XXXV. Heft) und 1892 in meinem Leitfaden für das chemische Laboratorium, eingetreten. Letzterer ist seitdem an zahlreichen Realgymnasien und Oberrealschulen zur Einführung gelangt. „In erster Linie“, heißt es in jener Abhandlung von 1893, „sollen die Übungen in den Schülern die Fähigkeit ausbilden, Vorgänge zu beobachten und für das Beobachtete die angemessene Form schriftlicher Darstellung zu finden, ein Ziel, das die Schule in ihrer oft allzu dogmatischen Lehrweise bislang nicht genug ins Auge gefaßt hat. Dieser Aufgabe entsprechend muß auch der Leitfaden gestaltet sein. Er darf vor allem nicht durch übergroße Ausführlichkeit zu gedankenlosem Arbeiten führen. Nur die Anleitung zu den Versuchen sei darin enthalten. Dem Lernenden bleibe es überlassen, die Beobachtungen zu machen und dafür den entsprechenden Ausdruck zu finden, in welchen Faktoren für die Schule der Wert dieses Lehrgegenstandes liegt, viel mehr als in dem Erwerb und in der Befestigung chemischer Kenntnisse.“

Schon auf der Mittelstufe, insbesondere in der UII, bietet sich oft Gelegenheit, vom bloßen Beobachten zum Messen überzugehen. So werden im chemischen Unterricht Mengen abgewogen (z. B. Eisenpulver und Schwefelblumen in Übung V, 6) oder mit dem Stechheber abgemessen (Übung VI, 1). Das spezifische Gewicht von Flüssigkeiten, z. B. der Salzsäure oder der Schwefelsäure, wird durch Abwägen eines bestimmten Volumens oder mit dem Aräometer bestimmt usw.

Steht etwas mehr Zeit zu Gebote, so kann man auf die Übungen, die sich mit der Neutralisation von Natronlauge durch Salzsäure und von Kalilauge durch Salpetersäure befassen (Übung V, 5 und 6), ein ganz einfaches Beispiel (Übung XII) folgen lassen, aus dem hervorgeht, daß Säuren und Basen stets in ganz bestimmten Verhältnissen zu neuen chemischen Verbindungen zusammentreten. Bei den Übungen, die zur Einführung in die Mineralogie dienen, sollte man nicht versäumen, das kristallographische Grundgesetz durch Messungen mit dem Anlegegoniometer an einigen bekannten Mineralien (Kalkspat, Bergkristall) auffinden zu lassen. Es genügt, wenn der Anstalt dazu zwei Anlegegoniometer zur Verfügung stehen. In größerem Umfange greifen messende Bestimmungen bei den grundlegenden physikalischen Übungen Platz. Das oben näher ausgeführte Beispiel aus der Wärmelehre bringt schon die Bestimmung des Schmelzpunktes, des Siedepunktes, die Messung der Körperwärme usw. In der Mechanik ist die Übung über die Pendelbewegung (Naturlehre II, Übung III) ein Beispiel, wie durch eine Reihe ganz einfacher messender Versuche die Schüler zur Auffindung eines Gesetzes gebracht werden können. Zum Messen und Vergleichen von Kräften, sowie zur Auffindung der Hebelgesetze benutzt man zweckmäßig ganz einfache Federwagen, die schon für 2 Mark das Stück in guter Ausführung zu haben sind. Für diese Messungen wird das Zeichenbrett in ähnlicher Weise, wie es bei den optischen Versuchen geschah, benutzt (Naturlehre II, Übung VI). Eine besonders lehrreiche messende Übung läßt sich mit der hydrostatischen Wage anstellen (II. Übung IX). Die Anschaffung von Schülerwagen ist wohl die einzige größere Ausgabe für den praktischen Betrieb in der U II. Eine gute, auch für hydrostatische Messungen geeignete Wage läßt sich aber schon für 16 - 18 Mark erstehen. Für das Praktikum sind höchstens zehn Wagen erforderlich. Verteilt man ihre Anschaffung auf mehrere Etatsjahre, so kann auch hier von der Bewilligung besonderer Mittel abgesehen werden.

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 einzelnen Ergebnisse die Schwierigkeit genauer Messung erkannt haben, nach immer größerer Genauigkeit durch Verdoppelung ihrer Sorgfalt und Umsicht streben. Und 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 zurückdrängen. 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 dargetan.

Dort, wo grundlegende Übungen in U II der Vollarbeiten eingerichtet werden, empfiehlt es sich, geeignete Schüler der Oberstufe als Gehilfen des Lehrers zu verwenden. Steigt die Schülerzahl auf 15—20, so kann ein solcher Gehilfe von großem Nutzen sein. Und diesem selbst wird nicht etwa damit ein Opfer zugemutet. Vielmehr kann eine derartige Mitwirkung dem älteren Schüler, zumal wenn dieser sich der Technik oder dem Lehramt widmen will, nur zum Segen gereichen. In der Regel werden sich auch Mittel ausfindig machen lassen, um den Schüler durch irgendwelche Gegenleistungen (Stipendien) auch noch materiell zu entschädigen.

Es sind auch wohl Bedenken geäußert worden, ob Schüler im Alter von 15—16 Jahren, wie sie in der U II die Regel sind, schon den nötigen Ernst besitzen, um ohne Unfug und Störung sich der praktischen Tätigkeit hinzugeben. Wer diese Befürchtungen hegt, wird angenehm enttäuscht, wenn er den hier empfohlenen Weg einschlägt. Man wird die Erfahrung machen, daß bei richtiger Leitung der Übungen die Schüler mit noch größerem Ernst und Eifer bei der Sache sind, als es im Unterricht der Fall ist. Auch bleibt es dem Lehrer ja unbenommen,

diesen und jenen Versuch gemeinsam mit den Schülern anzustellen. Zu solchen Versuchen gehört z. B. das Abmessen von konzentrierter Schwefelsäure, die Darstellung von Chlor und anderes. In meinem Lehrgang habe ich derartige Versuche als gemeinsam anzustellen hervorgehoben. So beginnt die X. Übung mit der vom Lehrer anzustellenden Untersuchung des Verhaltens von Natrium gegen Wasser. Die erhaltene Flüssigkeit wird verteilt und damit die übrigen Versuche von den Schülern angestellt. Man darf also nicht ängstlich am Schema kleben und nicht verlangen, daß bei den Übungen alles Demonstrieren ausgeschlossen sei. Der Lehrer ist und bleibt auch im Laboratorium der Mittelpunkt. Die Selbsttätigkeit des Schülers ist nicht so zu verstehen, daß er der Mitwirkung des Lehrers entraten und sich selbst überlassen werden könnte. Allmählich entwickelt sich indessen bei dem Schüler eine immer größere Selbständigkeit sowohl hinsichtlich der Ausführung der Versuche, als auch im Überlegen und Schließen. Und die Förderung dieser Entwicklung ist dasjenige, was das praktisch-heuristische Verfahren ja in erster Linie anstrebt.

Mögen diese Zeilen dort, wo man noch zögert, zur Einführung von grundlegenden Schülerübungen ermutigt und den Beweis geliefert haben, daß sich die Schwierigkeiten, die sich ja jeder Neuerung zunächst entgegenstellen, bei gutem Willen und einiger Hingabe an die Sache wohl überwinden lassen. Ist die Einführung einmal erfolgt, so wird man die Vorzüge des neuen Lehrverfahrens bald in solchem Maße würdigen, daß man bedauern wird, nicht schon früher dazu übergegangen zu sein. Ein Lehrer, der sich einmal in die praktisch-heuristische Unterrichtsweise eingearbeitet hat, wird nicht wieder zu dem älteren Verfahren zurückkehren, selbst wenn die Einrichtung und der Betrieb der Schülerübungen ein Mehr an Mühe und Umsicht erfordern sollten. Wer die erforderliche Umsicht walten läßt, wird übrigens nach meinen Erfahrungen keinen größeren Zeitaufwand für seine Vorbereitung nötig haben, als zu einem guten Demonstrationsunterricht gehört. Zudem übt der praktische Unterricht nicht nur auf die Schüler, sondern auch auf den Lehrer bei richtiger Leitung einen besonderen Reiz aus. Vor allem ist die Wirkung von Person zu Person eine weit größere als beim Klassenunterricht. Die Schwierigkeiten, welche die Einführung dieser wie jeder anderen Neuerung mit sich bringt, sind, wie dieser Bericht über meine Erfahrungen hoffentlich erkennen läßt, bei weitem überschätzt worden. Liegt erst einmal ein aus der Praxis hervorgegangener Lehrgang vor, so ist eine weitere wesentliche Schwierigkeit dadurch hinweggeräumt. Vielleicht wird man dann auch zu der Ansicht gelangen, daß die Schülerübungen, weil sie die beste Grundlage geben, für die U II ebenso hoch wenn nicht noch höher einzuschätzen sind als die Übungen für die Oberstufe, die man an den meisten Vollanstalten wohl zuerst im Auge hat. Vor allem aber sollte die Realschule nicht säumen, für ihre meist ins Leben übertretenden Schüler den naturwissenschaftlichen Unterricht auf die praktisch-heuristische Grundlage zu stellen.

Eine Reform des naturwissenschaftlichen Unterrichts nach dieser Richtung würde einen ganz wesentlichen Fortschritt bedeuten und die allgemeine Durchführung dieser Reform von außerordentlicher Tragweite für die Erziehung unserer Jugend und damit für die Wohlfahrt unseres Volkes sein. Es handelt sich hier ja nicht etwa ausschließlich um ein ethisches Ziel, sondern auch um eine Frage von wirtschaftlicher Wichtigkeit. Müssen wir doch Humboldt darin recht geben, wenn er sagt, daß diejenigen Völker, die in der Anwendung der Naturwissenschaften zurückgehen, unausbleiblich auch von ihrem Wohlstande herabsinken werden und zwar um so mehr, wenn andere Staaten, in denen die Wissenschaft und die Gewerbe sich gegenseitig befruchten, in erneuter Jugendkraft vorwärts schreiten. Je mehr unser Volk in allen seinen Gliedern anstatt zu bloßer Buchgelehrsamkeit zu schaffensfreudiger Selbstbetätigung erzogen wird, um so mehr wird es daher imstande sein, unter den Kulturvölkern des Erdballs seinen Platz zu behaupten und im Wettbewerb mit gleichstrebenden Völkern den Sieg davonzutragen.