haben, je nach Gelegenheit besprochen werden. Dabei wäre das Beharrungsvermögen, die Elasticität und Porosität der Körper zu erwähnen.

Bezüglich des Schalles sind wohl Andeutungen über seine Entstehung, seine Fortpflanzung in der Luft und das Echo hinreichend.

Ebenso beschränke man sich beim Magnetismus auf die Anziehung von Eisen durch einen Magnet, auf das Magnetisieren von Stahl und den Compass. Bezüglich der Reibungselektricität erwähne man nur soviel, als zur Erklärung des Gewitters und des Blitzableiters nöthig ist. Aus den übrigen Theilen der Elektricität genügt wohl die Beschreibung und Vorzeigung einer galvanischen Kette, des Elektromagneten und die Erklärung des elektrischen Telegraphen, der wohl an den meisten Orten besichtigt werden kann.

Aus der Lehre vom Lichte wäre zu behandeln; die geradlinige Verbreitung des Lichtes, der Schatten, die Zurückwerfung des Lichtes und der ebene Spiegel. Die Brechung des Lichtes, die Zusammensetzung des Sonnenlichtes aus sieben Farben, der Regenbogen, einiges über Brillen, das Mikroskop und Fernrohr, die dunkle Kammer und Lichtbilder.

Ob alles dies Angegebene wirklich behandelt werden könne, hängt übrigens von vielen Umständen ab, von der geistigen Befähigung der Schülergruppe, von der Gewandtheit des Lehrers und von den Hilfsmitteln, die ihm zugebote stehen.

Jedenfalls soll der Lehrer den Lehrstoff aus allen Theilen der Naturlehre nehmen, dabei aber den ewig wahren pädagogischen Satz vor Augen haben: „In der Beschränkung zeigt sich erst der Meister."

VI. Unterrichtsverfahren, Methode.

Wenn auch der Ausspruch Oken's: Die beste Methode ist der Kopf und die Erfahrung des Lehrers" eine gewisse Wahrheit enthält, indem eine, bis in die kleinsten Einzelheiten angegebene, dann oft mechanisch durchgeführte Methode wenig Vortheil erwarten lässt, so muss doch anderseits zugegeben werden, dass gewisse didaktische Grundsätze niemals vom Lehrer unbeachtet gelassen werden dürfen.

Jedenfalls soll der Lehrstoff so behandelt werden, dass dieser Gegenstand nicht nur zu einem Mittel wird, Geist und Gemüth zu

veredeln, sondern die Naturlehre soll auch die goldene Frucht mancher Nutzanwendung bieten, und zuletzt dem von der Schule Scheidenden als treue Freundin auf diesen Weg einen kleinen Geleitsbrief mitgeben. Wenn dieses aber stattfinden soll, so müssen die Anfänge der Naturlehre zugleich Anfangsgründe sein. Eine flache Behandlung darf heutzutage nicht einmal mehr in Elementarbüchern vorkommen.

Soll ein Bau überhaupt möglich sein, so müssen Grundsteine vorhanden sein. Diese Grundsteine bilden allein die Anschauungen, welche sich auf die Naturerscheinung, den Versuch, den Apparat beziehen. „Das sinnlich Aufgefasste haftet fester im Gedächtnisse, als hundertmal wiederholte Beschreibung und Erzählung", sagte schon der große Pädagoge des 17. Jahrhundertes Amos Comenius.

Man schlage das lebendige Buch der Natur vor den Schülern auf, und lehre sie, in demselben lesen. Es muss der ganze physikalische Unterricht an Versuche und Beobachtungen anschließen, die der Schüler vor Augen hat. Der Hauptgrundsatz des naturwissenschaftlichen Unterrichtes kann in die wenigen Worte gebracht werden: „Lehre nur das, was zur Anschauung gebracht wird."

Bekanntlich besteht die Beobachtung darin, dass wir das wahrnehmen, was sich unseren Sinnen von selbst und ohne unser Zuthun darbietet, der Versuch aber, dass wir die durch unsere Einwirkung hervorgerufenen oder von selbst eintretenden, von uns aber unter besondere Umstände versetzten Erscheinungen wahrnehmen. Wir verhalten uns offenbar bei ersterer mehr passiv, bei letzterem activ.

Die aufmerksamste Betrachtung der Erscheinungen, welche in der Natur von selbst eintreten, ist für sich allein nur wenig geeignet, unsere Erkenntnis derselben zu fördern; es wirken bei diesen so viele verschiedene Einflüsse zusammen, dass wir sie nicht alle zugleich zu übersehen vermögen und oft bei zwei zusammengehörigen Erscheinungen in Zweifel sein können, welche die Ursache und welche die Wirkung der anderen ist.

Das Experiment aber ist die lebendige Gegenwart. An diesem kann erst die Beobachtung gelernt werden; zeigen sich bei der münd-

lichen Wiedergabe derselben Lücken, so ergänze der Lehrer nicht direct, sondern weise noch einmal auf diejenigen Momente des Versuches, die zur Anschauung gebracht wurden.

Vor allem aber wird es sich für den Anfang nur darum handeln, dem Lernenden eine geordnete Reihe von Thatsachen vorzuführen und ihn anzuleiten, die Erscheinungen zu beobachten, d. h. alles richtig wahrzunehmen, was bei einem Versuche geschieht, und nichts zu übersehen. Es ist ein großer Irrthum, wenn man glaubt, dass jeder, der einen Versuch oder eine Naturerscheinung ansieht, diese auch wirklich genau sieht. Ein flüchtiges Ansehen genügt nicht. Man fordere nur einen solchen auf, die angesehene Naturerscheinung zu beschreiben, und man wird sich überzeugen, wie wenig derselbe gewöhnlich gesehen hat; deshalb fordere man von dem Schüler eine zusammenhängende und geordnete Wiedergabe der gemachten Beobachtungen.

Man gehe überall von einfachen Versuchen aus, vermeide so viel als möglich Spielereien, eigentliche Kunststückmacherei aber gänzlich. Die Wissenschaft soll, und sei es auch auf der Elementarstufe, nie zum Spielzeug herabwürdigt werden, auch braucht sie nicht, wie manche glauben, den Kindern spielend beigebracht zu werden; dies schließt jedoch nach unserer Ansicht nicht aus, dass in einzelnen Fällen gewisse Spielzeuge, welche fast in jedes Knaben Händen sich befinden, zum Ausgangspunkte mancher Betrachtung benützt werden z. B. die tanzende Schlange, um das Emporsteigen der erwärmten Luft zu zeigen, der cartesianische Taucher zur Erläuterung des Schwimmens, die Knallbüchse und das Blaserohr für die Betrachtung des Druckes zusammengepresster Luft, ein Kreisel zur Darlegung des Beharrungsvermögens, die hängende Schaukel zur Erörterung der Pendelgesetze; ein Gummiball bei Besprechung der Elasticität, eine Balancierfigur in der Lehre vom Schwerpunkte, ein Aufstehmännchen bei der Besprechung der Standfestigkeit der Körper, der Papierdrache, um die Zerlegung einer Kraft in Seitenkräfte zu zeigen, die Maultrommel, die Mund-Harmonika für das Tönen elastischer Stäbe u. s. w.

Es ist natürlich, dass der Lehrer während des Experimentierens den Versuch besprechen muss. Doch kommt es vor, wie der Verfasser dieses Werkchens aus jener Zeit weiß, wo er als Mitglied des

steiermärkischen Landesschulrathes Gelegenheit hatte, manche Volksschule kennen zu lernen, dass der Lehrer früher den ganzen anzustellenden Versuch erzählt, und dann ruhig experimentiert, ohne weiter viel davon zu sprechen.

Wir halten diesen Vorgang für verfehlt. Die erläuternden Worte des Lehrers müssen den Versuch begleiten, wenn die hervorgerufenen Erscheinungen durch die Sinne in das Innere der Schüler einziehen sollen. Man läuft im entgegengesetzten Falle Gefahr, dass die Schüler das Experiment gedankenlos anstarren, ohne imstande zu sein, nach demselben eine richtige Folgerung aus dem Gesehenen zu ziehen.

Häufig wird es nöthig, über einen und denselben Gegenstand mehrere Experimente nach einander anzustellen, aus welchen dann die Schüler jedenfalls selbst die entsprechenden Folgerungen ableiten müssen. Gelingt dies nicht sogleich, so ist es Sache des Lehrers, durch verschiedene Fragen und Hinweise auf verwandte Erscheinungen dieselben auf die richtige Antwort zu führen. Handelt es sich darum, ein Naturgesetz aufzufinden, so wird es nie gelingen, dies durch einen einzigen Versuch nachweisen zu wollen. Ja man muss nach mehreren angestellten Versuchen verwandte Erscheinungen aus dem Leben aufsuchen lassen, ehe man zur Aufstellung des Gesetzes vorwärts schreitet.

Wir hätten z. B. die Schüler zu dem Naturgesetze hinzuführen: „zunehmende Wärme dehnt die Körper aus, abnehmende zieht sie zusammen."

Lehrer: (Versuch 1.) Ihr seht hier eine schlaffe, nur mit wenig Luft gefüllte, zugebundene Thierblase. Was bemerkt ihr nun, wenn ich sie über einer Weingeistlampe vorsichtig hin- und herbewege?

Schüler: Sie erscheint bald voll und gespannt.

Lehrer: (Versuch 2.) Hier seht ihr, dass diese Eisenkugel durch diesen Messingring genau hindurchgeht, sobald ich sie nun erhitze, bringe ich sie nicht mehr hindurch.

Versuch 3. Ich kühle die erhitzte Kugel nun in kaltem Wasser ab; jetzt bringe ich sie wieder durch den Messingring hindurch.

Versuch 4. Durch einen zweiten Messingring geht die Kugel in gewöhnlichem Zustande nicht hindurch, was werde ich thun müssen, wenn sie dennoch hindurch soll?

Schüler: Den Messingring erhitzen, damit er sich ausdehnt.

Versuch 5. In dieser Glaskugel, welche in ein gerades Röhrchen von geringem Durchmesser ausläuft, befindet sich Quecksilber, so dass es zum Theile in das Röhrchen hinaufreicht. Sobald ich die Kugel mit der Hand erwärme, steigt das Quecksilber im Röhrchen.

Versuch 6. Ich tauche die Kugel in kaltes Wasser, was geschieht?

Schüler: Das Quecksilber sinkt.

Lehrer. Wenden wir uns zu verwandten Erscheinungen im Leben.

Was thut man gewöhnlich, wenn ein Glasstöpsel in einem Flaschenhalse so fest sitzt, dass man ihn nicht herausbringen kann?

Schüler. Man erwärmt den Flaschenhals vorsichtig.

Lehrer. In welchem Zustande werden die Eisenreifen von den Schmieden auf die Wagenräder geschlagen?

Schüler. In glühendem Zustande.

Lehrer. Was geschieht, wenn die glühenden Eisenreifen wieder erkalten?

Schüler. Sie ziehen sich zusammen und umschließen dann fest das Rad.

Lehrer. Habt ihr einen ähnlichen Vorgang noch bei einem anderen Handwerke gesehen?

Schüler. Ja, beim Binder, wenn er die Reifen um ein Fass legt.

Lehrer. Was bemerkt man an Flüssigkeiten, welche in ganz angefüllten Gefäßen erwärmt werden?

Schüler. Sie laufen über.

Wenn nun der Lehrer um die aus allen diesen Fällen zu ziehende Folgerung fragt, so kann die richtige Antwort nicht ausbleiben.

Hierauf mache man noch verschiedene praktische Bemerkungen, man erwähne z. B., dass metallene Kessel, wenn sie eingemauert werden, wegen ihrer Ausdehnung in der Hitze, ringsum einen kleinen Spielraum erhalten müssen, dass Eisenbahnschienen aus derselben Ursache nicht ganz aneinander gerückt werden dürfen, dass die Formen der thönernen Geschirre, der Ziegel u. s. w. größer gemacht werden müssen, als letztere nach dem Brennen sein sollen, dass Glocken-

gießer auf diese Eigenschaft der Körper Rücksicht zu nehmen haben u. a.

Man beseitige ferner auch alles, was Zweifel an der Allgemeingiltigkeit des abgeleiteten Gesetzes erregen könnte. Man erkläre daher im vorliegenden Falle, weshalb Holz, Leder, Thon u. s. w. sich in der Wärme zusammenziehen.

Nachdem man so das Gesetz als eine feststehende Wahrheit dem Schüler eingeprägt hat, schreite man nun zu näheren Betrachtungen desselben. Bisher wurde veranschaulicht, dass feste Körper, Flüssigkeiten und luftförmige Körper durch die Wärme ausgedehnt werden, man zeige hierauf, dass Flüssigkeiten mehr als feste, luftförmige mehr als flüssige und dass unter den festen Körpern Metalle am meisten durch Wärme ausgedehnt werden.

Man veranschauliche durch Versuche, dass der Körper desto mehr ausgedehnt wird, je mehr die Wärme zunimmt. Hieran schließt sich die Bemerkung: da das Volumen für jede Temperatur (d. i. der Grad des Wärmezustandes eines Körpers) eine bestimmte Größe annimmt, so kann man von dem Grade der Ausdehnung auf den Grad der Erwärmung schließen. So gelangen wir zum Thermometer.

Kann man es selbst beim Unterrichte an Mittelschulen nicht billigen, wenn der Lehrer gleich einem Universitätsprofessor dociert, und somit manchem minder eifrigen Schüler Gelegenheit gibt, sich während des Vortrages mit ganz anderen Dingen zu beschäftigen, so gilt dies noch in erhöhtem Grade für den Lehrer an Volksschulen. Der Lehrer muss in fortwährendem Contacte mit seinen Schülern bleiben, und alle dadurch nöthigen, dem Lehrstoff ihre unausgesetzte Aufmerksamkeit zuzuwenden, dass er katechetisch mit ihnen zuwerke geht und unermüdlich bald an diesen, bald an jenen entsprechende Fragen stellt.

Der Hinweis auf Erscheinungen im gewöhnlichen Leben ist von größter Wichtigkeit, da diese dem Kinde am häufigsten entgegentreten, und dasselbe bei scheinbar sehr geringfügigen Dingen von seiner Umgebung auf sein „Warum“ in der Regel kein „Weil“ zu hören bekommt, wohl aber als Antwort vernimmt: „Das wirst du später lernen“. Ein bloßer Anschauungsunterricht, ohne das Zusammenfassen ähnlicher Erscheinungen, ohne Ableitung der Naturgesetze, ohne

stete Beantwortung des „Warum“ ist unfruchtbar. Man schafft in einem solchen Falle ein bloßes Gedächtniswerk.

In vielen Fällen wird auch eine Anleitung zur Vergleichung ähnlicher Erscheinungen und Apparate sehr vortheilhaft sein. So unterlasse man es z. B. nicht, bei der großen Ähnlichkeit des Barometers mit dem Thermometer auf die unterscheidenden Merkmale beider hinzuweisen, nämlich, dass die Röhre des Thermometers überall verschlossen, die des Barometers oben verschlossen, dagegen unten an der Kugel offen sei, damit die Luft Zutritt habe; dass das Steigen des Quecksilbers im Thermometer durch die Wärme, im Barometer durch den Luftdruck bewirkt werde; dass die Eintheilung am Barometer eine Millimeter- und Centimeter-Eintheilung und nur am oberen Theile ausgeführt, die Eintheilung am Thermometer eine Gradeintheilung sei; dass sich die Länge der Grade nach dem Abstande zwischen dem Eis- und Siedpunkte richte und an verschieden langen Thermometern verschieden sei; dass, während das Barometer eine bestimmte Länge hat, man dem Thermometer eine verschiedene Größe geben könne.

Man vergleiche ferner das Mikroskop und das Fernrohr, das Gusseisen und Schmiedeisen, einen gewöhnlichen Stahlmagnet und einen Elektromagnet, den Sauerstoff und den Stickstoff, die Saugpumpe und die Druckpumpe, die elektrische und magnetische Anziehung, ober-, unter- und mittelschlächtige Wasserräder, den hydrostatischen Springbrunnen und den Heronsball, die Springbrunnen und artesischen Brunnen, den gleicharmigen Hebel und die Rolle, die schiefe Ebene mit dem Keil und der Schraube, die Verdichtungspumpe und die Feuerspritze, den galvanischen Strom und den Entladungsstrom einer elektrischen Flasche, das Sprachrohr und Hörrohr, Hohlspiegel und convexe Linsen, erhabene Spiegel und hohle Linsen u. s. w.

Wenden wir uns wieder zu den sogenannten geringfügigen, unbeachteten Erscheinungen des gewöhnlichen Lebens, welche in der Regel ein Naturgesetz ebenso gut nachweisen, wie manches pompös in Scene gesetzte Experiment, so finden wir, dass gerade diese alltäglichen Erscheinungen, die eben wegen ihres häufigen Vorkommens um so mehr besprochen werden sollten, häufig von Lehrern und Lehrbüchern ganz übergangen werden.

Die Folgen dieses Fehlers ziehen sich durch die Mittelschulen bis zur Hochschule hindurch und der junge Mann, der die Brechung der Sonnenstrahlen in Regentropfen trigonometrisch berechnen kann, der die Interferenz, Beugung und Polarisation des Lichtes gründlich durchstudierte, wird häufig bei Fragen, welche ganz alltägliche Erscheinungen betreffen, in Verlegenheit kommen.

Praktische Gewandtheit im Unterrichten ist bei schwierigeren Gegenständen allein nicht ausreichend, der Lehrer braucht oft Geduld und Muth, um bei minder begabten Kindern durch Versuche, die verschiedensten Fragen, durch Zeichnungen, den Hinweis auf Ähnliches, ja selbst durch wiederholtes Betreten desselben Weges, da manches Kind langsam denkt, endlich die richtigen Vorstellungen hervorzurufen.

Der durch seine wissenschaftlichen Forschungen, wie durch seine populären Darstellungen gleich hochstehende Physiker Tyndall äußert sich auf folgende Weise: „Ich kann Knaben, welche Physik lernen, in der That nicht genug empfehlen, dass sie sich gewöhnen, bei Gegenständen, welche auf den ersten Blick schwierig erscheinen, zu verweilen; es ist wirklich wunderbar, was Geduld hier vollbringen kann, und kein Vergnügen kommt dem gleich, das ein Knabe empfindet, wenn er seine Ausdauer durch Überwindung einer Schwierigkeit belohnt sieht.“

Sehr förderlich für den Unterricht sind Wiederholungen, so dass von Stunde zu Stunde das zuletzt Besprochene wieder durchgenommen wird, ja es wird manchmal empfehlenswert sein, sogar ein oder das andere Experiment noch einmal anzustellen. Zahlreiche Repetitionsfragen sind nicht nur nach jedem Paragraphen, sondern am Schlusse eines jeden Capitels und Abschnittes zu stellen.

Hat man ein Naturgesetz abgeleitet, so sucht man, da keine Veränderung ohne Ursache erfolgen kann, auch die Erscheinung zur klaren Einsicht der Schüler zu bringen, d. h. die Erscheinung zu erklären. Um die Ursache einer Erscheinung aufzufinden, muss man sehen, wie die Erscheinungen auf einander folgen. Ergibt sich nun, dass eine Erscheinung durch eine andere hervorgerufen wird, so ist diese die Ursache und erstere ihre Wirkung. Forscht man weiter nach der Ursache der zweiten Erscheinung, so stellt sich diese nicht selten als die Wirkung einer dritten Erscheinung dar, die abermals die Wir-

kung einer vierten Erscheinung sein kann u. s. f. Auf diese Art gelangen wir zur Kenntnis einer Reihe von Naturerscheinungen, die im Zusammenhange von Ursache und Wirkung (im Causalnexus) stehen; allein die letzte in dieser Reihe ist immer eine Erscheinung, deren Ursache nicht sinnlich wahrnehmbar ist, und diese nennen wir Kraft. Ein Stein, den man aus der Hand läfst, fällt zu Boden; wenn man ihn aber an einem Faden aufhängt, so kann er nicht zu Boden fallen, spannt aber dafür den Faden so stark, als sein Gewicht zieht; ist aber der Faden zu schwach, so zerreißt das Gewicht den Faden. Das Gewicht des Steines ist hier die Ursache, dafs er fällt. — Man könnte aber weiter fragen: Was ist die Ursache, dafs der Stein ein Gewicht hat? Darauf erhält man zur Antwort: Die Erde zieht alle Körper mit einer Kraft an, die wir mit unseren Sinnen nicht unmittelbar wahrnehmen können. Das Wesen einer Kraft ist uns gänzlich verborgen; nur das Gesetz ihrer Thätigkeit ist Gegenstand unserer Erkenntnis. In der Annahme einer Kraft liegt immer etwas Hypothetisches, denn man setzt bloß voraus, dafs gewissen Erscheinungen keine sinnlich wahrnehmbaren Ursachen entsprechen. Die Physik hat sich der wahren Lösung ihrer Aufgabe um so mehr genähert, je geringer die Anzahl der Kräfte ist, die sie zu ihren Erklärungen postuliert.

Durch den Schlufs vom Besonderen auf das Allgemeine — Induction — sei es durch die bloße Erfahrung (Gewohnheit, Analogie) geleitet, sei es an der Hand bereits erkannter leitender Regeln, ergeben sich bestimmte Annahmen, Hypothesen, über die besondere Art der Verknüpfung gewisser Erscheinungen.

Müller sagt: Hypothesen sind gleichsam Fragen, die man an die Natur stellt, worauf sie aber nicht mit „Ja“ oder „Nein“ antwortet, sondern: „Es kann so sein“ oder: „Es kann nicht so sein.“ Neumann meint, Hypothesen seien nur Krücken, aber es sei doch besser, mittels Krücken, als gar nicht zu gehen. Sie haben allerdings für die Wissenschaft großen Wert, indem sie die Übersicht der Erscheinungen begünstigen, der Forschung neue Zielpunkte eröffnen, und durch die Anregung zu ihrer völligen Begründung oder Widerlegung die Auffindung der apodiktischen Erklärungen beschleunigen. Mehrere der vollendetsten Erklärungen, welche die Physik heutzutage aufzuweisen hat, konnten bei ihrem Ursprunge für nicht mehr als

Hypothesen gelten, und erhoben sich nur allmählich zum Range fest begründeter Wahrheiten.

In die Elementarschulen gehören sie jedoch nicht — nur Ausgemachtes darf in diesen vorgenommen werden.

Die Aufgabe des Lehrers ist es demnach, auf dem Wege der Induction oder durch die inductive Methode zu allgemeinen Wahrheiten oder zu Gesetzen zu gelangen. Der Gang kann nach dem Gesagten kurz auf folgende Weise zusammengefasst werden. Versuch (Erscheinung) und Beobachtung, Erklärung des Vorganges und Hervorhebung der Hauptmomente, ähnliche Erscheinungen und Vergleiche, allgemeiner Satz (Gesetz) und Befestigung desselben, Bedeutung und Anwendung für das gewöhnliche und gewerbliche Leben, Zusammenfassung des Erkannten und Einprägung des Gelernten in bestimmter und exacter Form.

Diesterweg sagt: „Der menschliche Geist kennt und entdeckt erst das Einzelne, Besondere, woraus er später das Allgemeine entwickelt. Dieser Anfang vom Einzelnen, Speciellen und Individuellen und der Fortschritt zum Allgemeinen hinauf ist also der naturgemäße Gang der Entwickelung. Darum schlägt jeder bildende Unterricht diesen Weg ein; wir nennen ihn, weil dadurch die Anlagen in ihrem Grundwesen ergriffen und entwickelt werden, den elementarischen, die Methode die Elementarmethode."

VII. Schriftliche Arbeiten, Zeichnungen.

Es ist allgemein anerkannt, dass neben dem Experiment nichts so sehr imstande ist, die Auffassung und das richtige Verständnis physikalischer Lehren zu fördern, als die Anwendung derselben auf einzelne besondere Fälle, vorzüglich mittels Rechnung.

Während meiner langen Lehrerlaufbahn theils am Gymnasium, theils an der Realschule hatte ich täglich Gelegenheit zu beobachten, mit welcher Vorliebe Schüler dieser Anstalten schon an den unteren Classen sich mit solchen Arbeiten beschäftigen. Ja sie fühlen sich nach dem Gelingen, besonders einer schwierigeren Lösung, gewissermaßen selbständig in ihrem geistigen Wirken. Ein Ähnliches wird