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

auch bei dem Volksschüler eintreten, wenn man ihm nur Aufgaben bietet, welche seiner Fassungskraft angemessen sind.*)

Wir wollen hier nur einige Beispiele aus verschiedenen Theilen der Physik anführen:

1. Wenn ein senkrecht in die Erde gesteckter Stab von 1 m Länge einen Schatten von 0·5 m Länge, und bei gleichem Sonnenstande ein Thurm einen Schatten von 30 m Länge wirft, wie hoch ist der Thurm? (60 m hoch.)

2. Ein Gegenstand befindet sich 2 Decimeter von einer Lichtquelle, wenn man nun denselben in eine Entfernung von 5 Decimetern bringt, viel schwächer wird jetzt seine Beleuchtung sein? ($6^1/_4$ mal schwächer.)

3. Wenn man ein Licht 2, das andere 3 Decimeter von einer Wand entfernt stellen muss, damit auf dieser von einem undurchsichtigen Stift zwei gleiche Schatten entstehen, wie verhalten sich die Lichtstärken zu einander? (Wie 4 : 9.).

4. Welchen Weg legt der Schall in einer Minute zurück?

5. Wenn man auf einem Leuchtthurme den Blitz einer Kanone eines Nothsignale gebenden Schiffes 12 Secunden früher sieht, ehe man den Knall hört, wie weit ist das Schiff noch vom Leuchtthurme entfernt?

6. Welchen Weg legt der Schall bei einer Temperatur von 18 Grad Celsius in 8 Secunden in der Luft zurück?

7. Wenn ein Knabe und ein Mann, der anderthalbmal so stark ist, als der Knabe, an einer $2^1/_2$ m langen Stange eine Last tragen sollen, so dass die Kraft beider in gleichem Verhältnis in Anspruch genommen werden soll, wo muss die Last aufgehängt werden? (1 Meter vom Manne und $1^1/_2$ Meter vom Knaben entfernt.)

8. Wenn an einem Haspel mit einer Welle von 6^{cm} Halbmesser und einer Kurbel von 15^{cm} Länge einer Last von 2 Centnern das Gleichgewicht gehalten werden soll, welche Kraft ist dazu nöthig? (80 Kilogramm.)

9. Eine Last von 64 Kilogramm soll mittels eines gemeinen Flaschenzuges von 4 beweglichen Rollen gehoben werden. Welche Kraft ist anzuwenden? (Eine Kraft, welche 8 Kilogramm übersteigt.)

*) Etwa 600 Fragen und leichte Rechnungsaufgaben für Volksschüler findet man in dem 1. Bändchen des Werkes: „Die Physik in der Volks- und Bürgerschule" von Prof. Dr. Netoliczka.

10. Auf einer Eisenbahn, welche eine Steigung von $^1/_{300}$ hat, das heißt sich bei je 300^m Länge um 1^m erhebt, soll ein 13 Centner schwerer Wagen an dem Herablaufen gehindert werden; welche Kraft ist dazu nothwendig? (0·0433 Centner.)

11. Eine Brieftaube legt angeblich 10 Meilen in einer Stunde zurück, welche Geschwindigkeit hat sie?

12. Ein Körper fällt in der ersten Secunde $4{\cdot}9^m$; wenn nun ein Stein von einem Thurme fällt, und es vergehen 3 Secunden, ehe er den Boden erreicht, wie hoch ist der Thurm? ($44{\cdot}1^m$)

13. Wenn eine Locomotive eine Geschwindigkeit von 10^m hat, und nun so gebremst wird, dass sie in jeder Secunde $1{\cdot}25^m$ an Geschwindigkeit verliert, wie groß wird ihre Geschwindigkeit nach 8 Secunden sein? (Die Locomotive hat ihre Geschwindigkeit eingebüßt.)

14. Wenn eine Locomotive mit 10^m Geschwindigkeit binnen 5 Secunden ihre Geschwindigkeit verlieren soll, wie stark muss gebremst werden?

15. Auf einer Eisenbahn mit doppelten Schienen fahren zwei Züge in entgegengesetzter Richtung an einander vorüber, und zwar der eine mit 10^m, der andere mit 12^m Geschwindigkeit, wie weit sind diese Züge nach einer Minute von einander entfernt?

16. Welche Wege legt ein Körper im freien Falle in der 1., 2., 3. Secunde zurück? (In der 1. Secunde $4{\cdot}9^m$; in der 2. Secunde 3. $4{\cdot}9^m$; in der 3. Secunde 5. $4{\cdot}9^m$.)

17. Welche Wege legt ein Körper im freien Falle nach 1, 2, 3 Secunde zurück? — Nach der 1. Secunde $4{\cdot}9^m$; nach der 2. Secunde 4. $4{\cdot}9^m$; nach der 3. Secunde 9. $4{\cdot}9^m$.)

18. Eine Kugel würde mit einer Geschwindigkeit von 300^m vertical aufwärts geschossen, welche Geschwindigkeit hätte sie am Ende der 1., 2., 3. Secunde? — (Am Ende der 1. Secunde hätte sie die Geschwindigkeit $300-9{\cdot}8$; am Ende der 2. Secunde $300-2 \cdot 9{\cdot}8$; am Ende der 3. Secunde $300-3 \cdot 9{\cdot}8$.)

19. Wie lange wird ein mit 200^m Geschwindigkeit vertical aufwärts geworfener Körper steigen? (Der Körper wird so lange steigen, bis seine Wurfgeschwindigkeit durch die Schwerkraft vollständig aufgehoben, also bis in unserem Falle $200 = n \times 9{\cdot}8$ ist, dann erhält man $n = \frac{200}{9{\cdot}8}$, also 20·4 Secunden.)

20. Welchen Druck hat der Boden eines Gefäßes auszuhalten, wenn dasselbe eine Grundfläche von 1 Quadratmeter hat, und das Wasser darin 5^m hoch steht? — (Da das Gewicht eines Cubikcentimeters Wasser ein Gramm ist, so wiegt ein Cubikmeter Wasser (bei $+ 4^0$ C): 1000 Kilogramm; daher hätte der Boden des Gefäßes einen Druck von 5000 Kilogramm auszuhalten.)

21. An einer hydrostatischen Presse betrage die an einem 30^{cm} langen Hebel wirkende Kraft 50 Kilogramm, die Entfernung des Angriffspunktes der Last vom Unterstützungspunkte sei 6^{cm}, die Durchschnittsfläche des weiteren Cylinders sei 50 mal größer als die des engeren; mit welcher Kraft wird der Presskolben gehoben?

22. Ein Scalenaräometer sinkt im Wasser bis zum 100. Theilstriche von unten gezählt ein; wenn nun dasselbe in einer anderen Flüssigkeit bis zum 80. Theilstriche einsinkt, welches specifische Gewicht hat die Flüssigkeit? — (1·25, denn $s : 1 = 100 : 80$.)

23. Wie groß ist der Druck der Luft auf einem Quadratcentimeter bei einem Barometerstande von 760 Millimeter?

24. Wie groß ist der Luftdruck auf einen Quadratcentimeter in einer Taucherglocke, in welcher der Barometerstand 105^{cm} beträgt?

25. Man verwandle 30^0 Celsius in Grade nach Réaumur.

Sehr zweckmäßig ist es, so oft als möglich Fragen zu stellen, welche sich auf das praktische Leben beziehen und nach dem bereits erlangten Wissen der Schüler von diesen beantwortet werden können. Wir wollen als Beispiele einige Fragen aus der Wärmelehre anführen:

1. Warum springen dicke Gläser, in welche man eine heiße Flüssigkeit gießt? — (Infolge ungleicher Ausdehnung des spröden Glases, da sich die inneren Wände durch die Erwärmung schneller ausdehnen als die äußern.)

2. Warum kann man in diesem Falle dem Zerspringen vorbeugen, wenn man das Glas früher nahe über die Flüssigkeit hält, oder wenn man früher einen silbernen Löffel in dasselbe stellt? — (Weil im ersteren Falle eine allmähliche Erwärmung durch den Dampf stattfindet, und im letzteren, das Silber, als ein ausgezeichneter Wärmeleiter, viel Wärme an sich zieht.)

3. Warum legt man unter ein Glas, welches man auf einen heißen Ofen stellt, ein Blatt Papier? — (Weil Papier ein schlechter Wärmeleiter ist.)

4. Warum verstimmt sich ein Clavier, wenn es in ein kaltes Zimmer gebracht wird, und warum werden die Töne der Saiten höher? — (Bei abnehmender Wärme ziehen sich die Saiten zusammen, und werden daher mehr gespannt.)

5. Warum springen von dem brennenden Holze Theile mit Knistern ab? — (Weil sich die in den Poren befindliche Luft ausdehnt und Theilchen mitreißt.)

6. Warum zerspringen Kastanien, deren Schale vorher nicht aufgeschlitzt wurde, mit heftigem Knalle, wenn man sie ins Feuer oder auf heiße Asche legt? — (Weil die unter der Schale befindliche Luft durch die Hitze ausgedehnt wird.)

7. Warum werden die Wasserfässer für Löschanstalten im Sommer mit Wasser gefüllt, im Winter aber entleert? — (Weil sich sonst im Sommer das Holz zusammenziehen, im Winter dagegen beim Gefrieren des Wassers das Fass gesprengt würde.)

8. Warum sind bei bedecktem Himmel weniger Nachtfröste zu befürchten? — (Weil die Wolken die von der Erde ausgestrahlte Wärme zurückwerfen.)

9. Warum thaut es unter Bäumen nicht? — (Zurückwerfung der Wärmestrahlen.)

10. Weshalb bedecken die Gärtner in Frühlingsnächten die jungen Pflanzen mit Blumentöpfen, Glasfenstern, Strohmatten? — (Verhinderung der Wärmeausstrahlung.)

11. Warum pflegt man an manchen Orten die Äste der Bäume vor dem Ausbruche der Knospen mit Öl zu überziehen? — (Weil die glänzende Oberfläche ein geringeres Ausstrahlungsvermögen hat.)

12. Warum krümmt sich der Deckel eines Buches, welches in der Sonne liegt? — (Weil er nur an einer Seite erwärmt wird.)

13. Warum erkältet man sich in nassen Kleidern so leicht? (Weil bei der Verdunstung dem Körper Wärme entzogen wird.)

14. Warum werden Getränke dadurch abgekühlt, dass man die Gefäße, worin sie enthalten sind, mit nassen Tüchern umwickelt? —

15. Soll man bei einem Wannenbade früher das heiße oder das kalte Wasser hineingießen? (Das warme, weil es im entgegen-

gesetzten Falle sich mit dem kalten wenig mischt, indem das warme Wasser leichter ist, als das kalte.)

16. Warum raucht es in der Küche, wenn offene Schornsteine von heißen Sonnenstrahlen getroffen werden? — (Weil der Rauch nur so lange aufwärts steigt, als er wärmer ist, als die ihn umgebende Luft.)

17. Warum brennt ein Holzstock im Ganzen schlechter, als zertheilt? — (Weil im ersteren Falle eine kleinere Oberfläche desselben mit der Luft in Berührung kommt.)

18. Wie kann man einen Menschen retten, dessen Kleider in Brand gerathen, wenn kein Wasser in der Nähe ist? — (Wenn man ihn an den Boden drückt und die brennenden Stellen mit Decken, Kleidern u. dgl. bedeckt.)

19. Warum werden hohe Schornsteine in ihrem oberen Theile enger gebaut? — (Weil oben eine Abkühlung eintritt, welche mit einer Raumverminderung der Luft verbunden ist; bei gleicher Weite würde die äußere kältere Luft in den Schornstein fallen, um die Raumverminderung auszugleichen und dadurch die aufsteigende nach unten drücken.)

20. Warum sieht man in kalter Luft den ausgehauchten Athem? (Weil der durch das Athmen ausgestoßene Wasserdampf durch die kalte Luft verdichtet wird.)

21. Warum belegen sich bei starker Kälte die Fensterscheiben der Zimmer mit Eis? — (Weil der in den Zimmern vorhandene Wasserdampf, durch die kalte Luft verdichtet, sich an den Fensterscheiben in tropfbarer Form niederschlägt, sofort aber auch gefriert.)

22. Warum fällt der Rauch bei herannahendem Regen nieder, wenn die Luft still ist? — (Weil die im Rauche enthaltenen Kohlentheilchen aus der feuchten Luft Wasserdampf aufnehmen und dadurch schwerer werden.)

23. Warum empfinden wir vor einem Gewitterregen eine große Schwüle? — (Weil die Luft mit Dünsten gesättigt ist und unsere Ausdünstung verhindert.)

24. Warum schwellen manche Flüssigkeiten, wie z. B. Milch, welche sich in der Hitze mit einer Haut bedecken, beim Sieden an? — (Weil die Dampfblasen sich unter der Haut ansammeln, und dieselbe emportreiben.)

25. Warum finden wir an heißen Sommertagen im freien Felde die Hitze weniger drückend als zwischen den Häusern? — (Weil wir im letzteren Falle nebst den directen Sonnenstrahlen auch noch die von den erhitzten Wänden ausgestrahlte Wärme empfangen.)

Auch stylistische Aufgaben aus der Naturlehre sind zu empfehlen. Hartmann sagt in seiner „Volksschule": „Die Naturlehre gibt zu stylistischen Ausführungen der mannigfachsten Art Veranlassung. Diese Veranlassung zu benützen, ist aber nicht bloß um des Sprachzweckes willen, sondern auch um der Zwecke der Naturlehre selbst willen geboten. Es wird nämlich die Sicherheit im Beobachten, Beurtheilen und Schließen erst durch die mündliche oder schriftliche Ausführung der geistigen Verrichtungen erreicht. Nur wenn der Schüler in zusammenhängenden Darstellungen seine Beobachtungen beschreiben, seine Erklärungen ausführen, Gesetze herleiten und zurückführen, über die Erscheinungen der Natur, ihre Übereinstimmungen und Unterschiede überhaupt, geordnet sich aussprechen kann, ist der Zweck der Naturlehre erreicht. Überdies wird den Zwecken der Denkübung dadurch ein durch kein anderes Mittel zu erzielender Vorschub geleistet. Überhaupt sichert nur eine in die engste Beziehung zum Lehrgegenstande selbst gesetzte Sprachübung einen günstigen Erfolg. Darum sei die Naturlehre eine praktische Sprachschule."

Man könnte sieben Classen von Aufgaben unterscheiden; 1. geschichtliche Darstellungen, z. B. Die Erfindung des Luftballons; Benjamin Franklin, der Erfinder des Blitzableiters; die Erzählung von der Erfindung des Fernrohres; Otto v. Guerike, der Erfinder der Luftpumpe. 2. Beschreibungen von Vorrichtungen, z. B. die Beschreibung der camera obscura. 3. Beschreibung von Versuchen, z. B. was für Versuche sich mit einem Magneten anstellen lassen. 4. Schilderungen von Beobachtungen, z. B. das Gewitter. 5. Erklärende Abhandlungen, z. B. der Regenbogen; die Winde. 6. Vergleichungen, z. B. das Mikroskop und das astronomische Fernrohr; Vergleichung des Blitzes mit dem elektrischen Funken. 7. Aufsätze über die praktische Verwertung von Naturkräften und über den Nutzen verschiedener physikalischer Apparate z. B. über die Anwendung der Elektricität: über die Wichtigkeit des Telegraphen; über die Anwendung der Dampfkraft; Anwendung der Elasticität.

Ein nicht zu unterschätzendes Hilfsmittel beim naturwissenschaftlichen Unterrichte überhaupt, beim physikalischen insbesondere, ist das Zeichnen. Bänitz sagt: „Was das Auge beobachtete, der Mund beschrieb, das muss die Hand imstande sein, darzustellen. Nur durch die Zeichnung kann die Gestalt eines Naturkörpers oder Apparates am treuesten wiedergegeben werden, und der Schüler zeigt so am besten, in wie weit das Auge richtig und genau auffasste. Hiedurch wird Auge und Hand geübt, und das doppelt Aufgefasste bleibt dem Schüler um so eher als unverlierbares Eigenthum."

Man wird hier sogleich einwenden: „Wie kann man von einem Volksschüler verlangen, dass er einen physikalischen Apparat nachzeichne? Was wird man dem armen Volksschüler nicht noch alles aufbürden wollen?"

Wenn wir diesen Punkt ohne Vorurtheil betrachten, so überzeugen wir uns, dass dieser Vorgang nicht nur keine Erschwerung, sondern eine Erleichterung des Unterrichtes ist. Als der Verfasser vor 27 Jahren vom Gymnasium an die Realschule kam, wurde Physik bereits in der ersten und zweiten Klasse gelehrt, und derselbe hatte in diesen beiden Classen 10—12jährige Knaben vor sich. Dessenungeachtet gab es keine Schwierigkeiten beim Entwerfen einfacher Zeichnungen an der Schultafel. Die Schüler mussten imstande sein z. B. eine Saugpumpe, ein Birnbarometer, einen Flaschenzug, ein Sicherheitsventil u. dgl. darzustellen. Ja, es gelang ihnen auch, eine Luftpumpe, eine Feuerspritze, eine hydrostatische Presse u. dgl. schematisch zu entwerfen.

Hier kommt es ja weniger darauf an, ob die Zeichnung „schön", sondern ob sie „richtig" sei. Überdies kann der Schüler manche Frage gar nicht beantworten, wenn er nicht die Kreide in die Hand nehmen soll. Wir weisen nur auf die sogenannten einfachen Maschinen hin.

Diese Forderungen für die Naturlehre können um so leichter erfüllt werden, als nach dem Lehrplane für österreichische Volks- und Bürgerschulen das Freihandzeichnen und das geometrische Zeichnen einen Bestandtheil des Unterrichtes bilden und das Lehrziel für das Freizeichnen auf folgende Weise bezeichnet wird:

„Fertigkeit im freien Auffassen und Darstellen ebener geometrischer Gebilde und Combinationen derselben, Darstellung räumlicher

geometrischer Gebilde nach perspectivischen Grundsätzen. Gewandtheit im Zeichnen nach ornamentischen Vorlegblättern und Modellen."

Zudem werden ausdrücklich für die 7. und 8. Classe Gedächtnis-Zeichnungsübungen vorgeschrieben.

Dass dieses geschieht, ist sehr wohlthätig, denn Augenmaß und Handfertigkeit können nicht früh genug geübt werden.

VIII. Behandlung eines Lesestückes.

Ehe ein Lesestück aus der Naturlehre vorgenommen wird, muss der Lehrer vor allem sich überzeugen, ob die Schüler jene Vorkenntnisse, die zur Auffassung desselben nöthig sind, bereits besitzen. Sollte etwas noch nicht vorgenommen worden sein, was in dem betreffenden Lesestücke bereits vorausgesetzt wird, so darf man selbstverständlich nicht früher das Lesestück vornehmen, bevor das Fehlende nachgeholt worden ist. Aber selbst in dem Falle, dass das Nöthige schon vor einiger Zeit mitgetheilt wurde, halten wir es für höchst empfehlenswert, jedenfalls durch Wiederholungsfragen das bereits Mitgetheilte den Schülern vollständig ins Gedächtnis zurückzurufen und allfällige Lücken auszufüllen.

Sowie bei der Geographie Landkarten, bei der Naturgeschichte gute Bilder, wenn schon die betreffenden Naturobjecte nicht immer gezeigt werden können, so sollen die entsprechenden Experimente immer die Worte des Lesestückes begleiten.

Dabei unterlasse man nicht, fortwährend passende Fragen an die Classe zu richten, die bald von diesem, bald von jenem beantwortet werden sollen.

Der Lehrer wird wohl auch nicht selten in die Lage kommen, mit der Kreide an der Tafel eine einfache schematische Zeichnung zur Erläuterung des Gesagten entwerfen zu müssen. Es ist natürlich, dass das Lesestück zuerst satzweise besprochen werden muss, und nicht sogleich ganz durchgelesen werden darf. Erst wenn jeder einzelne Satz dem Schüler klar geworden ist, lasse man das Lesestück ohne Unterbrechung durchlesen, und dann durch einen besseren, hierauf durch einen schwächeren Schüler die Wiedergabe des Gelesenen versuchen. Hat man sich überzeugt, dass die meisten Schüler das Gelesene aufgefasst und richtig verstanden haben, so wird man gewiss